

POLLUTION CHIMIQUE DE L'ENVIRONNEMENT ET SANTÉ PUBLIQUE

EXPOSOME ET PRÉVENTION

GLOSSAIRE



AVANT-PROPOS

La Fondation de l'Académie de Médecine, reconnue d'utilité publique depuis 2013, a pour mission de sensibiliser, prévenir et innover pour permettre à chacun d'être acteur de sa santé et de la protéger au mieux. Elle fédère les experts et agit sur le terrain pour diffuser les connaissances et les bonnes pratiques en santé. Elle encourage la philanthropie en abritant et soutenant des fondations partageant sa vision et ses valeurs.

Dans le cadre de son plan stratégique 2022-2026, la Fondation de l'Académie de Médecine s'investit avec ses experts et ses partenaires sur cinq enjeux prioritaires : Accès à la santé, Vieillesse, Santé des femmes, Alimentation et Environnement.

Le sujet de l'exposition aux polluants chimiques de l'environnement, des effets sur la santé publique et des stratégies de prévention a fait l'objet de trois grands débats à l'Académie nationale de médecine et une séance de restitution et d'échanges à l'Assemblée nationale.

Le présent glossaire est dédié à la facilitation de la compréhension des éléments détaillés au sein du Livre blanc portant sur la pollution chimique de l'environnement et la santé publique, élaboré par la Fondation de l'Académie de Médecine.



Les **termes** présentés dans ce glossaire sont classés par ordre alphabétique.



Des **renvois** sont réalisés sur les **notions** associées.

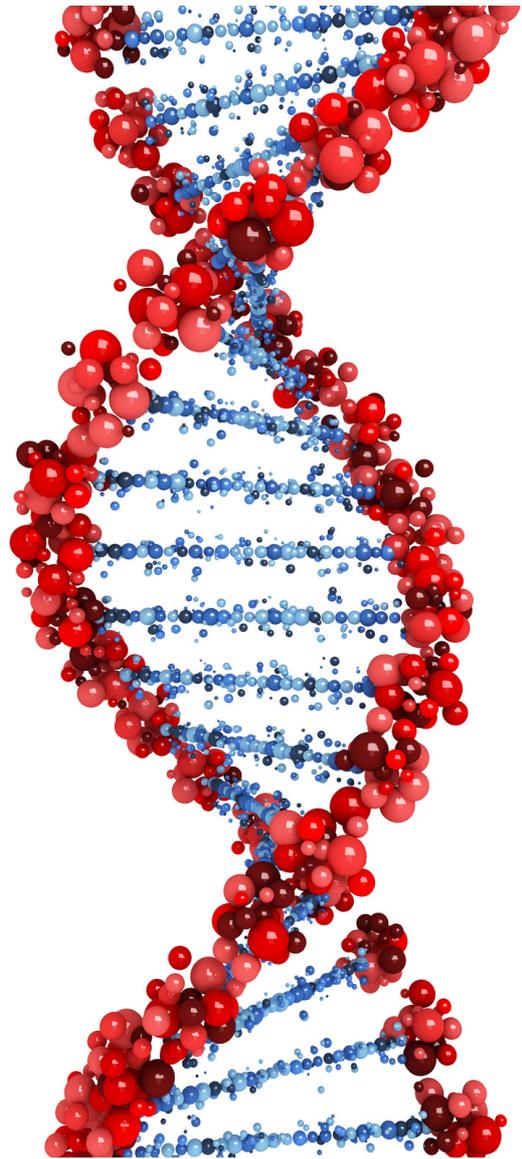


ADN (ACIDE DÉSOXYRIBONUCLÉIQUE)



La structure de la molécule d'**ADN** contient toute l'information génétique à la base de la constitution de chaque cellule, de chaque organe et donc de chaque organisme. Défini lors de la structuration de la première cellule avec l'**ADN** des parents, il est présent dans le noyau de la quasi-totalité des cellules de l'organisme.

Il contient le message codé des gènes (code génétique) et les informations nécessaires au bon fonctionnement des cellules et donc de l'organisme. Des modifications de l'**ADN** par certains **agents*** chimiques (mutagènes, cancérigènes...) ou physiques (rayonnements ultra-violet, radioactivité...) peuvent, si elles ne sont pas réparées, conduire à l'apparition de cancers.



© Crédit photo Canva



AGENT (CHIMIQUE, BIOLOGIQUE, PHYSIQUE)

 *CMR, Danger, Effet, Exposition, Toxique*

Dénomination désignant des **dangers*** induisant des **effets*** nocifs pour la santé humaine, animale ou végétale.

Sont distingués les **agents** : chimiques (molécules, métaux, sels minéraux...), biologiques (bactéries, virus, champignons...) et physiques (température, rayonnements, bruit...).

Les **agents chimiques** (seuls ou en mélange) sont d'origine naturelle (métaux, arsenic, toxines...) ou générés par (et pour) des activités humaines (procédés industriels, transports, chauffage, déchets...). Ils existent sous forme de solides, de liquides ou de gaz. L'**exposition*** à une quantité suffisante, et pour une certaine durée, à ces **agents** chimiques peut entraîner un **effet*** néfaste sur la santé

(cancers, perturbation du système hormonal, troubles respiratoires...). Dans le cadre professionnel, certains produits, seuls ou en mélange, sont qualifiés d'**agents chimiques dangereux** (ACD) à l'article R.4412-3 du code du travail en raison de leurs **effets*** observés sur la santé de l'Homme ou de l'animal. Ils comprennent notamment les **agents** cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (**CMR***) définis à l'article R.4412-60 du code du travail.

Les **agents biologiques** entraînent notamment des infections, des **effets* toxiques***, des réactions allergiques...

Les **agents physiques** peuvent induire des brûlures, des cancers, des blessures, des troubles psychologiques.

ANSES (AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE, DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL)

 *Environnement, Risque, Évaluation*

L'**Anses**, créée en 2010, apporte des repères scientifiques pour protéger la santé humaine contre les **risques*** liés à l'alimentation, l'**environnement*** et le travail, ainsi que la santé des animaux et des plantes. Agence d'expertise scientifique, elle surveille et évalue les **risques*** sanitaires, auxquels elle consacre aussi des activités de recherche. Elle contribue à faire progresser les connaissances scientifiques en appui aux

décideurs publics, y compris en cas de crise sanitaire. Elle est un établissement public à caractère administratif sous la tutelle des ministères en charge de la santé, de l'**environnement***, de l'agriculture, du travail et de la consommation. Elle a notamment pour mission de réaliser l'**évaluation des risques*** et de fournir aux autorités compétentes les informations sur ces **risques***.

 *En savoir plus : www.anses.fr*



BIOACCUMULATION, BIOAMPLIFICATION, BIOCONCENTRATION

> Concentration, Contaminant, Polluant, Risque

La **bioaccumulation** désigne l'accumulation progressive d'un composé chimique (**polluant*** / **contaminant***) dans un organisme vivant (animal, végétal...), par l'intermédiaire de son alimentation (eau, nourriture) ou de son milieu de vie (air, contacts par la peau). Chez l'Homme, cette capacité d'absorption et de **concentration*** peut fortement varier selon l'âge, l'état de santé ou des facteurs externes. La **bioaccumulation** se produit quand un organisme absorbe un **contaminant*** plus vite qu'il ne l'élimine. Il existe deux types de **bioaccumulation** : la **bioconcentration** et la **bioamplification**.

La **bioconcentration** est une absorption avec accumulation ou **concentration*** progressive d'un **polluant*/contaminant*** dans les tissus d'un organisme à la suite d'un contact direct avec le milieu ambiant. Par exemple, des coquillages comme les moules filtrent beaucoup d'eau et absorbent en même temps des **contaminants*** dissous dans l'eau de mer qui s'accumulent dans leur chair.

La **bioamplification** est une absorption avec accumulation de **polluants***, **contaminants*** dans une suite de consommation appelée « chaîne trophique » ou « chaîne alimentaire » résultant du fait que chaque organisme se nourrit d'un plus petit et absorbe en même temps ses **contaminants***.

Il en résulte que la **concentration*** en **contaminant*** augmente en montant dans les niveaux trophiques. Les organismes au sommet de la chaîne alimentaire (oiseaux de proie, gros poissons, mammifères carnivores dont les humains...) présentent une **concentration*** de **contaminants*** plus élevée que les petits organismes du début de la chaîne.

Par exemple, la contamination des milieux aquatiques par le mercure induit une augmentation progressive de sa **concentration*** dans les algues, puis les mollusques, les petits poissons, les plus gros et finalement les humains qui consomment ces poissons avec les **risques*** sanitaires associés.



BIODÉGRADATION (DES AGENTS CHIMIQUES)

➤ *Écosystème, Environnement, Métabolite, POP, Toxique*

Une grande majorité des produits chimiques se dégrade dans la nature sous l'effet d'éléments :

- **non biologiques** (oxygène de l'air, rayonnements ultraviolets, interaction avec l'eau...),
- **biologiques** (micro-organismes, animaux, végétaux).

Il s'agit alors de **biodégradation** qui est la transformation, ou la dégradation biologique, d'un composé chimique en une autre forme.

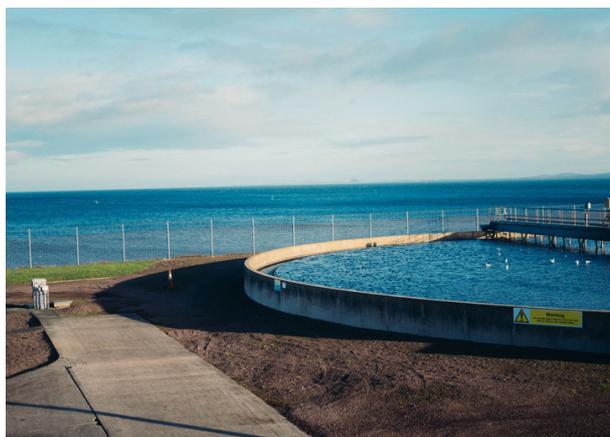
Elle se produit par l'action des micro-organismes, de végétaux ou d'animaux présents dans l'**environnement*** / les **écosystèmes***.

Les dégradations conduisent à une destruction, plus ou moins rapide, de la molécule ou du mélange faisant apparaître des sous-produits dénommés produits de dégradation ou **métabolites***, ce dernier terme étant plutôt associé avec les **biodégradations**.

Certains produits de synthèse sont très peu biodégradables et sont classés dans la famille des polluants organiques persistants (**POP**)*.

La dégradation peut transformer un composé **toxique*** en un sous-produit inoffensif ou atténuer la toxicité du composé initial. Au contraire, un composé inoffensif peut être transformé en un composé **toxique*** et générer un risque pour l'**environnement*** et/ou la santé humaine.

Les capacités naturelles de dégradation par des micro-organismes sont, par exemple, utilisées dans les stations d'assainissement des eaux d'égouts pour les épurer et permettre leur retour vers la nature ou dans les centres de stockage d'ordures ménagères pour réduire les déchets solides.



© Médiathèque VEOLIA - Boby / Fisheye



BIOESSAI

> *Agent, Effet (biologique), Concentration, Polluant, Toxicité*

Un **bioessai** est une méthode scientifique d'analyse qui utilise un élément vivant (cellule, microorganisme, animal, végétal) pour mesurer des **effets biologiques*** induits par un ou plusieurs produits chimiques. Il permet une mesure d'**effets*** négatifs liés à leur **toxicité*** ou d'**effets*** positifs comme dans le cas des médicaments.

Il consiste à exposer un organisme vivant entier, une population d'êtres vivants ou une partie de l'organisme (organe, cellule) à différentes **concentrations*** d'un **agent*** chimique (médicament, pesticide...) ou physique (rayonnement...), d'un mélange d'**agents*** chimiques ou d'un échantillon environnemental (extraits d'air, de sols, d'eaux...).

Le **bioessai** doit être réalisé dans des conditions contrôlées et maîtrisées (ex : température, lumière, taux d'oxygène...)

avec des organismes de référence, pendant une durée déterminée (quelques heures à plusieurs jours ou mois) afin d'observer la survenue ou non d'un ou plusieurs **effets*** (mortalité, croissance, reproduction...).

Plusieurs répétitions (réplicats) de chacune des **concentrations*** (ou temps) testées sont requises pour garantir la précision et la fiabilité des résultats.

De nombreux **bioessais** sont normalisés tant au niveau national qu'international (Afnor, ISO, OCDE).

Seuls les **bioessais** sont en mesure de donner des indications sur les **effets*** biologiques induits par des mélanges de **polluants***.



© Crédit photo Canva



BIOINDICATEUR

 *Agent, Écosystème, Effet, Environnement, Polluant*

Un **bioindicateur** est un organisme vivant animal ou végétal sur lequel sont réalisées des mesures permettant d'indiquer la présence ou les **effets*** des **agents***. Les **bioindicateurs** permettent d'évaluer la qualité de l'**environnement*** dans lequel vivent ces organismes.

Si les **bioindicateurs** ont prouvé leur utilité pour décrire l'état d'un **écosystème*** et mettre en évidence leurs perturbations par des **polluants***, ils ne permettent pas toujours d'identifier les causes de cette perturbation.

BIOMARQUEUR (D'EXPOSITION, D'EFFET, DE SUSCEPTIBILITÉ)

 *Agent, Épidémiologie, Essai, Exposition, Hormone, Métabolite*

Un **biomarqueur** est un élément pouvant être analysé et dosé dans un organisme et capable de refléter une **exposition*** à un **agent*** chimique ou physique ou la présence d'une maladie.

Un **biomarqueur d'exposition** témoigne de l'**exposition*** d'un organisme à un **agent***. Par exemple, lorsqu'une personne est exposée à un produit chimique, celui-ci peut être détecté dans l'organisme, soit sous sa forme initiale, soit sous forme transformée (**métabolites***).

Dans les études **épidémiologiques***, les **biomarqueurs d'exposition** sont généralement dosés dans l'urine, le sang, la salive, les ongles ou les cheveux.

Un **biomarqueur d'effet** indique les changements biochimiques (par exemple, les niveaux d'**hormones*** circulant dans le sang) ou physiologiques (accélération du rythme cardiaque, somnolence, pression artérielle...) induits dans l'organisme suite à l'exposition à un ou des agents. Les effets peuvent être favorables ou défavorables à la santé.

Un **biomarqueur de susceptibilité** indique la susceptibilité particulière d'un organisme à développer des effets sur sa santé suite à une exposition à un **agent***. Des organismes sont moins sensibles que d'autres aux effets d'un même **agent***. C'est pourquoi, par exemple, les **essais*** d'efficacité et d'innocuité des médicaments sont testés sur plusieurs types d'organismes.



En savoir plus : Programme de coopération européen : la science et la politique au service d'un avenir sain : www.hbm4eu.eu



CANCÉRIGÈNE MUTAGÈNE ET TOXIQUE POUR LA REPRODUCTION (CMR)

> ADN, Toxique

Sont classés dans la catégorie dite **CMR** les polluants **cancérigènes** (pouvant provoquer le développement d'un cancer), **mutagènes** (pouvant modifier le matériel génétique c'est à dire l'**ADN*** ou certains composants cellulaires) ou **toxiques*** pour la reproduction (pouvant nuire à la capacité de reproduction, à la fertilité ou au fœtus).

Le Centre International de Recherche sur le Cancer de Lyon (CIRC) est la référence pour le classement des agents **cancérigènes** pour l'Homme.

L'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) propose également un classement des produits **cancérigènes**, ainsi qu'un classement des effets **mutagènes*** et reprotoxiques.

Les agents **CMR** sont définis dans le code du travail (Article R.4412-60).

En savoir plus :

CIRC : www.iarc.who.int/fr/

ECHA : www.echa.europa.eu/fr

COMPARTIMENT (EAUX, SOLS, AIR)

> Environnement

L'**environnement*** général est classiquement décomposé en trois **compartiments** : l'air, les eaux et les sols. Sont ensuite distinguées notamment les eaux superficielles et souterraines, les eaux salées ou saumâtres et les eaux douces.

Pour l'air, sont examinés l'air extérieur et l'air intérieur aux surfaces bâties (maisons, immeubles, bureaux...) et aux moyens de transport.

Les sols peuvent être distingués en sols agricoles, sols contaminés, sols urbanisés...

CONCENTRATION

> Dose

La **concentration** représente la quantité relative d'une substance chimique présente dans un milieu pollué en contact avec l'homme (mg/litre d'eau ; µg/m d'air, g/kg d'aliment...).

Dose* et **concentration** sont parfois confondus.



CONTAMINANT



Agent, Écosystème, Effet, Environnement, Perturbateur endocrinien, Polluant, Toxique

Un **contaminant**, synonyme de **polluant***, correspond à un **agent*** présent dans un **environnement*** ou un aliment et qui n'y était pas présent naturellement. La contamination peut être d'origine naturelle (contamination de l'air par une éruption volcanique) ou liée aux activités humaines.

Le **contaminant/polluant*** peut induire des **effets*** nuisibles sur un ou plusieurs **écosystèmes***. Il peut modifier les propriétés physiques, chimiques ou biologiques d'un milieu ou d'un organisme.

Les **contaminants** peuvent notamment se classer selon leur source (transports, chauffage, agriculture...), leur nature (chimique, biologique, physique), leurs usages (pesticides, solvants, médicaments...), leurs **effets* toxiques*** (cancérigène, allergisant, **perturbateur endocrinien***...), leurs **effets*** biologiques (antibiotique, anti-inflammatoire...) ou leur persistance.



© Crédit photo Canva



DANGER

> *Agent, Effet, Risque*

Le **danger** représente l'identité et la capacité ou la propriété intrinsèque d'un **agent*** chimique, physique ou biologique à provoquer un **effet*** délétère sur un organisme vivant (l'Homme par exemple).

La notion de **danger** intègre donc la nature de l'**agent*** (une molécule, un virus, un rayonnement...) et son (ses) **effet(s)*** sur une cellule, un organe ou une fonction de l'organisme.

Les notions de **danger** et de **risque*** ne doivent pas être confondues malgré un usage souvent abusif dans le langage commun.

DOSE

> *Agent, Concentration, Effet, Exposition*

La **dose** est la quantité d'un **agent*** présentée à la barrière biologique de l'individu exposé (**dose** externe déposée sur la peau, respirée dans les poumons, reçue lors d'une radiographie médicale...) ou ayant traversé cette barrière (**dose** interne), par unité de masse corporelle et par unité de temps (ex : milligrammes par kilogramme de masse corporelle par jour).

Les notions de **dose** et de **concentration*** sont parfois confondues.

Une même **dose** d'un même **agent*** peut engendrer des intensités d'**effets*** différents si elle est liée à une **exposition*** sur une courte période ou une période plus longue.



© Crédit photo Canva



ÉCOSYSTÈME

➤ Environnement

Ensemble d'organismes vivant dans un milieu ou un **environnement*** spécifique et interagissant de manière constante entre eux au sein de ce milieu et avec ce milieu.

Un **écosystème** est donc constitué de deux composantes :

- le **biotope** correspondant à l'**environnement*** physique, géographique, avec ses caractéristiques propres (géologie, température, climat, taux d'humidité...),
- la **biocénose** représentant l'ensemble des êtres vivants (animaux, dont les humains), végétaux, micro-organismes) en interaction avec le biotope.

Il existe une grande variété d'**écosystèmes**, chacun ayant des caractéristiques et des fonctions uniques et en interactions entre eux : les **écosystèmes** terrestres (forêts, prairies, déserts...), d'eau douce (rivières, lacs...), marins (océans, récifs coralliens...).

Dans le langage courant, un **écosystème** est souvent désigné comme un milieu naturel.



© Crédit photo Canva



EFFET - 1/2 (BIOLOGIQUE, CRITIQUE, DIFFÉRÉ, MÉLANGE OU «COCKTAIL», SANITAIRE INDÉSIRABLE)



ADN, Agent, CMR, Danger, Dose, Effet, EQRS, Exposition, Perturbateur endocrinien, Polluant, Santé-Environnement, Toxique

Effet biologique : **effet*** qui résulte de l'action d'un comportement ou d'un **agent*** sur un élément vivant avec des conséquences pouvant être favorables (médicament) ou défavorables (**toxique***) pour l'organisme ou une partie de l'organisme.

Les études réalisées sur des systèmes biologiques permettent de qualifier la cible de l'**effet*** (ex : un cancérogène peut modifier l'**ADN***) et les conséquences de l'**effet*** (ex : un cancer).

Effet sanitaire indésirable : conséquence de l'**exposition*** à un **agent***, nuisant à la santé d'un être humain ou d'un groupe d'humains. Désigne, dans le domaine de la **santé environnementale***, tout type d'**effet*** qui peut être induit sur l'organisme humain suite à l'**exposition*** à un **agent*** : changement d'une fonction ou d'une valeur biologique, modification de l'aspect ou de la morphologie d'un organe, maladie transitoire ou définitive...

Effet critique : **effet*** indésirable observé à la plus petite **dose*** (**dose*** minimale) d'**exposition*** lorsqu'une population vulnérable est exposée à un **danger***. Dans le cas où un **agent*** induit plusieurs **effets***, l'expertise considère celui jugé le plus nocif pour les populations les plus sensibles afin d'élaborer des normes environnementales et sanitaires les plus protectrices pour toute la population.

Effet différé : **effet*** sanitaire indésirable qui est observé plusieurs mois voire plusieurs années après une **exposition***. Cela rend très difficile d'établir l'association entre l'**agent*** et l'**effet*** ou la mise en évidence de la relation entre l'**exposition*** subie et l'**effet*** induit. Par exemple, les **agents* CMR*** induisent des **effets différés**.

Effet « mélange », parfois communément appelé **effet « cocktail »** : termes employés pour désigner les **effets*** liés aux **expositions*** à un mélange de plusieurs **polluants*** chimiques simultanément. Ce cas est le plus fréquent en **santé-environnementale*** où il est rare qu'un milieu soit contaminé par un seul **polluant***.



EFFET - 2/2 (BIOLOGIQUE, CRITIQUE, DIFFÉRÉ, MÉLANGE OU «COCKTAIL», SANITAIRE INDÉSIRABLE)

➤ ADN, CMR, Dose, Effet, EQRS, Exposition, Perturbateur endocrinien, Polluant, Santé-Environnement, Toxique

Selon les **polluants*** et leurs interactions, plusieurs mécanismes d'action ou **effets*** peuvent se produire :

- **addition** : les **effets*** des composants du mélange s'additionnent. Le cas se produit par exemple lorsque la cible d'action est la même pour les différents composants,
- **synergie** : l'**effet*** du mélange est supérieur à ce qu'il serait par une simple addition des **effets*** de chaque composant individuel,
- **potentialisation** : un composant du mélange ne présentant pas de toxicité particulière peut, en présence d'un autre, être activé et devenir **toxique***,
- **antagonisme** : les **effets*** de composants du mélange neutralisent ceux d'un ou d'autres composants. Ceci peut s'observer pour des **perturbateurs endocriniens***.



© Crédit photo Canva

En raison de la très grande diversité des mélanges possibles dans les milieux environnementaux, tant en termes de nature des substances retrouvées que de concentrations ou de mécanismes d'action mis en jeu, l'estimation des impacts sanitaires associés aux mélanges reste extrêmement complexe, voire impossible.

En **évaluation quantitative des risques sanitaires***, deux grandes catégories de relations entre la **dose*** et l'**effet* toxique*** sont considérées selon les mécanismes mis en jeu :

- **effets* toxiques*** à seuil (dits « déterministes ») : correspondant aux **effets*** (aigus ou chroniques) non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes, dont la gravité est proportionnelle et augmente avec la **dose*** ;
- **effets* toxiques*** sans seuil (dits « stochastiques ») : pour l'essentiel, des **effets*** cancérogènes, génotoxiques (et des mutations génétiques), pour lesquels la fréquence, mais pas la gravité, est proportionnelle à la **dose***.



ENDOCRINE (GLANDE ENDOCRINE OU SYSTÈME ENDOCRINIEN)

> *Hormone*

Une **glande endocrine** présente dans un organisme vivant est spécialisée dans la production d'**hormones*** qui sont distribuées dans tout l'organisme par la circulation sanguine. Les principales sont l'hypothalamus, la thyroïde, les ovaires, les testicules, le pancréas et les glandes surrénales.

L'ensemble des glandes, des **hormones*** et de leurs systèmes de contrôle est qualifié de **système endocrinien**.

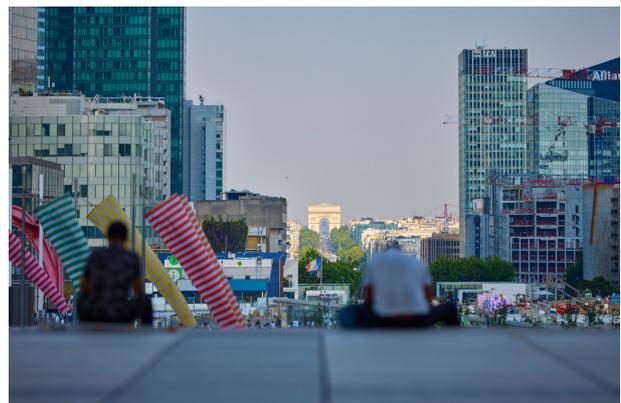
ENVIRONNEMENT (GÉNÉRAL, TRAVAIL, DOMESTIQUE)

> *Exposition, Exposome*

Au sens large, l'**environnement** désigne tous les éléments qui entourent (« environnent ») un individu : **environnement** physique, **environnement** chimique, **environnement** social, **environnement** culturel, **environnement** économique / de travail...

L'**environnement** autour d'un individu évolue en fonction des lieux fréquentés et de ses activités au cours de la journée (domicile, transports, travail, loisirs...), au cours du temps (heures de la journée, périodes de l'année) et tout au long de sa vie.

Dans le domaine de la santé, l'étude des **expositions*** (**exposome***) intègre les facteurs liés au mode de vie, aux conditions socio-économiques, aux comportements de chacun (alimentation, tabagisme, niveau d'activité physique...), à l'**environnement** extérieur général (qualité de l'air, des eaux, des sols), aux **environnements** personnels (qualité de l'air dans le logement, milieu professionnel...) dans lesquels nous vivons.



© Médiathèque VEOLIA - Christophe Daguet



ÉPIDÉMIOLOGIE

> Exposition, Incidence, Prévalence, Risque

Discipline qui étudie la distribution, l'évolution et l'origine des maladies dans la population humaine (étude de la fréquence, de la répartition géographique, du mode de transmission ou d'apparition des maladies ainsi que des facteurs susceptibles de favoriser leur apparition ou de modifier leur évolution). Les études **épidémiologiques** permettent de comprendre comment une maladie est liée à ses facteurs de **risque*** comme des facteurs individuels comportementaux (ex : alimentation) ou l'**exposition*** à des facteurs de **risques*** environnementaux.



© Crédit photo Canva

En résumé, les études **épidémiologiques** se classent en :

Études « descriptives », qui observent l'état de santé des populations pour en constituer une image, et « analytiques » qui cherchent à en déduire les causes.

> **transversales** : il s'agit du recueil, à un instant donné, dans un échantillon représentatif

de la population complète ou d'une catégorie de population, des informations sur l'**exposition*** et sur la maladie. Elles permettent d'obtenir une « image » de l'état de santé des populations étudiées et de mesurer la **prévalence*** ou l'**incidence*** d'une maladie sans nécessairement chercher à mettre en évidence le lien de causalité :

- > **longitudinales** (ou études de cohorte) qui suivent au cours du temps les évolutions de santé de populations et les facteurs associés (ex : étude Elfe - Étude Longitudinale Française depuis l'Enfance – comportant une cohorte de 18 000 enfants nés en 2011 et suivis pendant 20 ans),
- > **des études cas-témoin** qui comparent des malades (cas) et des non malades (témoins) vivant dans des situations comparables dont l'**exposition*** passée, à un ou plusieurs facteurs de **risques***, est étudiée pour identifier la (ou les) éléments caractéristiques qui induisent ou protègent de la maladie.

Études d'intervention ou expérimentales, qui s'apparentent aux études cas-témoins, qui visent à analyser l'impact d'une intervention pouvant influencer la santé, comme l'amélioration de la qualité de l'air, une campagne de vaccination, un changement de règles de circulation automobile dans un tissu urbain...

> **En savoir plus** : Cohorte de suivi de la santé d'enfants en France : www.elfe-france.fr



ESSAI (IN VIVO - IN VITRO - IN SILICO)

➤ Effet (biologique), Toxicologie, Reach

Les **essais** (tests dans le langage commun) de laboratoire, indispensables pour évaluer les **effets biologiques***, notamment pour la **toxicologie***, sont classés en trois grandes catégories :

➤ **essais « in vivo »** : littéralement réalisés « au sein du vivant », sont menés à l'aide d'animaux (rats, souris, crustacés...) en conditions contrôlées et selon les réglementations en vigueur. Les **essais** cliniques chez les humains sont également *in vivo*, notamment pour le développement de médicament.



© Crédit photo Canva

➤ **essais « in vitro »** : littéralement « dans le verre » (dans les matériels de laboratoire), sont menés avec des composants isolés de leur organisme vivant : organes, tissus, cellules ou composants de la cellule (protéines ou biomolécules) et sur des microorganismes (bactéries, levures...).

La culture de cellules, ou des modèles plus complexes comme des épidermes reconstruits, sont deux formes d'**essais in vitro**.

➤ **essais « in silico »** : effectués à l'aide d'outils informatiques et de logiciels de calculs complexes. Ils sont surtout utilisés dans les études du génome et de la bio-informatique. Les modèles de Relation Quantitative Structure Activité (ou en anglais Quantitative Structure-Activity Relationship - QSAR) permettent de prédire les propriétés biologiques et le devenir de composés chimiques à partir des connaissances relatives à leur structure chimique. Ces méthodes jouent notamment un rôle d'orientation pour l'évaluation de nouveaux produits chimiques en phase de développement pour lesquels aucune donnée n'est encore disponible ou dans son évaluation avant mise sur le marché. L'utilisation de l'approche *in silico* est encouragée par le règlement européen **Reach***.



© Crédit photo Canva



ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)



Agent, Anses, Biomarqueur, Concentration, Danger, Dose, Effet, Environnement, EQRS, Exposition, Incertitude, Reach, Relation dose-réponse, Risque, Toxique

Elle repose sur l'utilisation de faits scientifiques pour définir les **effets*** sur la santé d'une **exposition*** d'individus ou de populations à des situations susceptibles de nuire à leur santé. L'**EQRS** est une évaluation prospective qui apporte des éléments de prédiction des **risques*** sur la base d'hypothèses ou de scénarios d'**exposition***.

Elle peut être appliquée pour l'évaluation des **risques*** sanitaires liés aux pollutions de l'**environnement*** (émissions industrielles, sites et sols pollués...), mais aussi dans d'autres contextes tels que la réglementation sur les produits chimiques (règlement **Reach***) ou l'évaluation de l'impact sanitaire sur la population riveraine d'une usine classée Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) par exemple.

La démarche d'**EQRS** postule la stricte séparation entre « l'évaluateur de **risque*** » et le gestionnaire ou le décideur. L'**EQRS** éclaire et guide la gestion des **risques*** en fournissant aux décideurs une information objective, démontrable, synthétique et quantitative, capable de répondre aux besoins de transparence exigée par le débat public. C'est un outil d'aide à la décision qui, accompagné d'une communication adaptée qui précise les domaines où l'**incertitude*** est la plus importante, rend accessibles des résultats scientifiques à tous les citoyens. Elle exige une rigueur d'objectivité et de transparence et une expertise collective.

L'**Anses*** en France est chargée des **EQRS** pour la santé humaine et animale dans les domaines de l'**environnement***, du travail et de l'alimentation.

En savoir plus :



- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : www.anses.fr
- Santé publique France : www.santepubliquefrance.fr
- Agence de la transition écologique (Ademe) : www.ademe.fr

LES 4 ÉTAPES DE LA DÉMARCHE D'EQRS

1

identification du ou des **danger(s)*** qui recense de manière exhaustive l'ensemble des **agents*** et de leurs **effets*** à prendre en compte.

2

Caractérisation et mesure de la relation **dose-effet*** (ou **dose-réponse***) en rassemblant toutes les informations validées (publications scientifiques, rapports d'agences sanitaires...) permettant d'estimer l'intensité d'un **effet*** biologique (**toxique*** dans le cas des **risques*** environnementaux) aux **concentrations*** ou aux **doses*** de **polluants*** identifiés à la phase préalable.

Certains **polluants*** sont dits à « **effets* toxiques*** à seuil » permettant de déduire une **dose*** en dessous de laquelle il n'existe pas d'**effet* toxique*** observé, et des **polluants*** dits à « **effets* toxiques*** sans seuil » (**effets*** cancérogènes).

3

Utilisation des données permettant de quantifier les **expositions*** de la population soit de manière directe par des mesures chez des volontaires (ex : port de capteurs pendant la journée, **biomarqueurs*** d'**exposition***), des mesures des **concentrations*** des **agents*** d'intérêt dans les milieux environnementaux ou par utilisation de modèles mathématiques permettant de reconstituer les **expositions*** ou les transferts de pollution (modélisation des **expositions***).

4

Quantification / caractérisation / estimation des risques* : grâce aux éléments précédents, cette étape finale calcule une probabilité de **risque*** pour ou un excès de **risque*** individuel ou collectif pour la population exposée au **danger*** considéré pendant un temps considéré.



EXPOSITION (AIGUË OU CHRONIQUE)



Agent, Concentration, Effet, EQRS, Exposome, Perturbateur endocrinien, Toxique

L'**exposition** désigne la mise en contact entre un individu et un **agent*** dans une situation donnée.

Les **expositions** se produisent selon trois modalités ou voies d'**expositions** : la respiration par la voie pulmonaire (inhalation de poussières, de gaz ou de fumées), l'ingestion par la voie digestive (alimentation, boisson, ingestion accidentelle...), le contact avec la peau (voie cutanée) et les muqueuses (liquides, gels, poudres, gaz...). Plus rarement, les **expositions** peuvent se faire par voie trans-cutanée (piqûres d'insectes, coupure accidentelle...).

Les **expositions** sont dites « **aiguës** » lorsqu'elles se produisent généralement pendant une courte période de quelques minutes ou heures à quelques jours (ex : accident industriel ou épisode de pollution atmosphérique particulier pendant lesquels les **concentrations*** en **agents*** chimiques peuvent être élevées).

Elles sont dites « **chroniques** » lorsque la durée est plus longue (ex : ambiance contaminée en quasi-permanence sur un lieu de travail avec des **concentrations*** généralement faibles).

Dans l'approche de l'**exposome***, en particulier, il est important de prendre en compte la fenêtre d'**exposition**, c'est-à-dire la période de la vie (fœtale, petite enfance, enfance, adulte, personne âgée) durant laquelle survient l'**exposition** aux **agents***. En effet, selon la fenêtre d'**exposition**, un polluant n'aura pas les mêmes **effets*** sur la santé de l'individu. Par exemple, les périodes de développement du fœtus (**exposition** intra-utérine) et de la petite enfance présentent une sensibilité accrue, notamment aux **perturbateurs endocriniens***. La puberté est également une période sensible au cours de laquelle un dérèglement hormonal peut altérer de manière irréversible certaines fonctions de l'organisme.

La mesure des **expositions** humaines est une composante très importante de l'**Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires*** qui identifie et caractérise les personnes exposées (âge, sexe, effectifs...), les voies d'**exposition** ou de pénétration des **agents* toxiques*** et permet de quantifier la fréquence, la durée et l'intensité de l'**exposition** à ces **agents*** (exprimée par une dose journalière d'**exposition**) pour chaque voie pertinente.



EXPOSOME



Effet, Environnement, Exposition

Défini pour la première fois en 2005, le concept d'**exposome** désigne l'ensemble des **expositions*** environnementales auxquelles un individu est soumis tout au long de sa vie, depuis sa conception (vie intra-utérine) jusqu'à sa mort.

Ce champ disciplinaire très large, et donc très complexe, vise à mieux comprendre le lien ou les interactions entre les caractéristiques génétiques d'un individu (de mieux en mieux connues) et les facteurs environnementaux dans les dégradations de son état de santé. Contrairement au génome, l'**exposome** est une entité très variable et dynamique qui évolue tout au long de la durée de la vie de l'individu.

On entend par **expositions*** environnementales aussi bien les facteurs liés au mode vie ou au comportement de chacun (alimentation, tabagisme, cannabisme, niveau d'activité physique...)

qu'à l'**environnement*** extérieur général ou personnel (qualité de l'air extérieur, **environnement*** professionnel, **environnement*** domestique...).

Les facteurs environnementaux à prendre en compte sont donc nombreux, divers dans leur nature (physiques, chimiques, biologiques, comportementaux ou psycho-sociaux) ; ils proviennent de multiples sources, en grande partie issues des activités humaines et varient au cours du temps.

L'**exposome** prend en compte des périodes de sensibilité ou de vulnérabilité (grossesse, petite enfance), désignées aussi sous le terme de « fenêtres d'**exposition*** » et implique aussi des facteurs sociaux et économiques. L'aspect temporel de l'**exposome** est difficile à étudier pour expliquer qu'une **exposition*** à une période aura des **effets différés***, c'est-à-dire beaucoup plus tard dans la vie.



© Crédit photo Adobe stock



HORMONE



Agent, Endocrine, Métabolisme, Perturbateur endocrinien

Les **hormones** sont des molécules naturellement produites par différentes glandes **endocrines*** (thyroïde, ovaires, testicules, pancréas...), sécrétées et transportées dans le sang, pour réguler de nombreuses fonctions biologiques d'un organisme comme la croissance, la régulation de la température, la reproduction ou les réactions / transformations chimiques dans les cellules (**métabolisme***).

Chaque **hormone** a une action spécifique sur un ou plusieurs organes cibles dont elle modifie le fonctionnement soit en le stimulant (activant), soit au contraire en l'inhibant (désactivant).

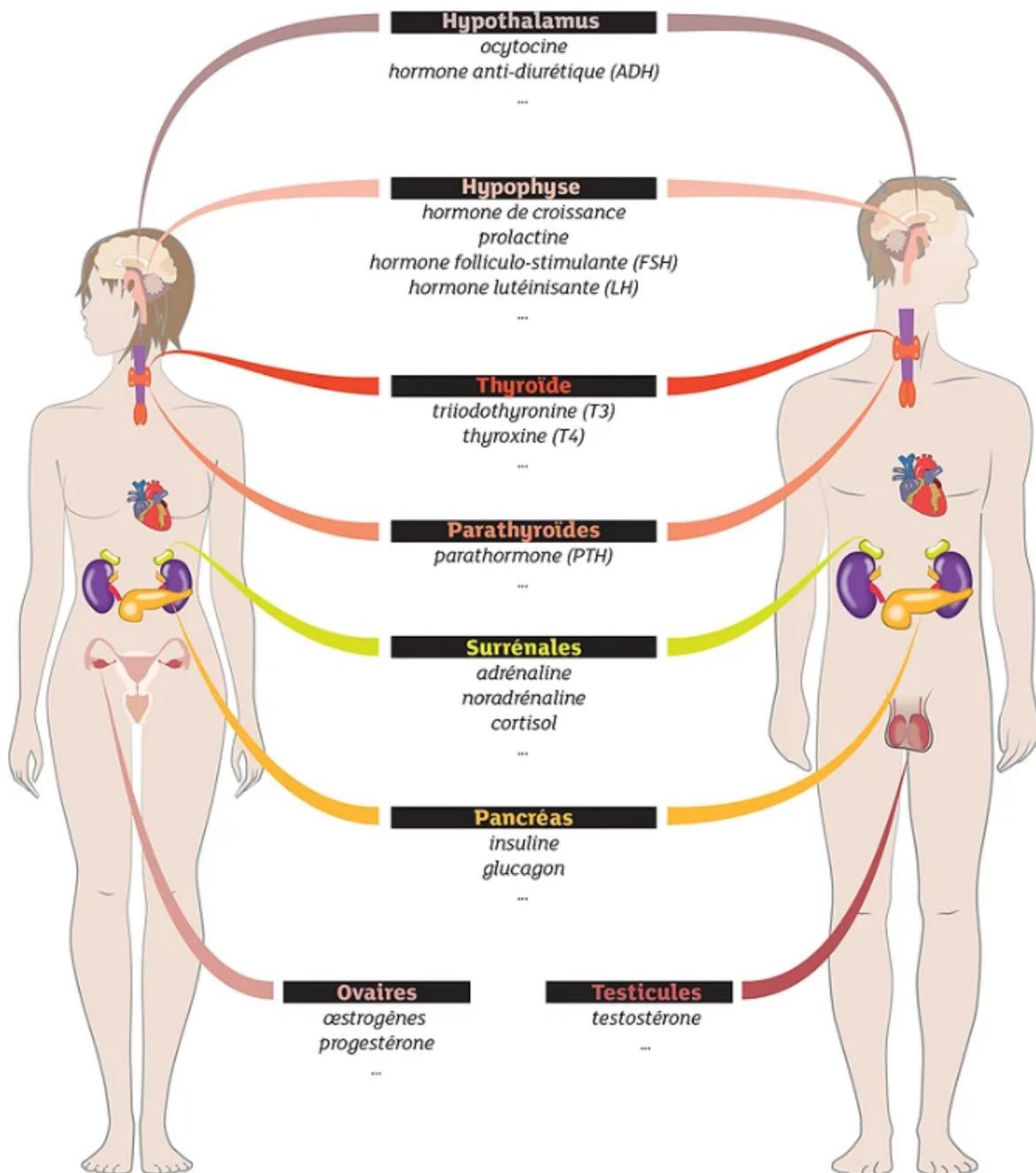
Certains **agents*** chimiques, appelés **perturbateurs endocriniens***, perturbent le fonctionnement de tout ou une partie du système hormonal (glandes **endocrines***, transport des **hormones** et élimination, action des **hormones**).

L'insuline (qui régule le taux de sucres), les œstrogènes ou la testostérone (rôles importants dans la reproduction, le développement, le système nerveux central...) sont des exemples d'**hormones**. Cet ensemble construit l'équilibre hormonal propre à chacun.



© Crédit photo Canva

SYSTÈME ENDOCRINIEN HUMAIN : GLANDES ET PRINCIPALES HORMONES



Source : Dossier INRS Perturbateurs Endocriniens 2023 (<https://www.inrs.fr>)



INCERTITUDE



Agent, Concentration, Contaminant, Danger, Effet, EQRS, Exposition, Méthode d'analyse, Relation dose-réponse (dose-effet), Risque, Santé-Environnement

L'**évaluation quantitative des risques sanitaires*** est, par définition, incertaine. En effet, il existe des sources d'**incertitude** à chacune de ses phases d'élaboration : **incertitude** sur la causalité entre l'**exposition*** à un (ou plusieurs) **danger(s)*** et les **effets*** induits, **incertitude** dans les niveaux d'**exposition*** estimés ou mesurés, **incertitude** dans la mesure des **concentrations*** dans les milieux environnementaux, **incertitude** sur les **relations dose-effet*** surtout pour les faibles **doses***, **incertitude** dans les **effets*** des mélanges...

De ce fait, il est essentiel, pour les différentes parties prenantes (évaluateur du **risque***, décideurs, citoyens), non seulement d'apporter, dans une démarche transparente, des informations fiables et indépendantes, mais aussi d'intégrer et prendre en compte les degrés d'**incertitude** et de confiance associés aux niveaux de **risques*** estimés pour la santé des populations. Quand il est difficile de conclure avec certitude ou suffisamment de certitude, il est essentiel de le dire et d'en expliquer les raisons.

Dans le domaine de la **santé environnementale***, particulièrement concerné par des **expositions*** chroniques à de faibles **doses*** de mélanges d'**agents*** chimiques, il existe peu de situations qui précisent un lien de causalité certain, ou avec un degré de confiance fort, entre les **expositions*** et les altérations de la santé.

Dans le domaine de la mesure et des **méthodes d'analyse***, l'**incertitude** représente la marge d'erreur ou la part d'imprécision associée aux valeurs mesurées ou déterminées lors de l'analyse réalisée par le laboratoire ou le système de mesurage. En chimie analytique, l'**incertitude** associée à un résultat permet de décrire la dispersion de la valeur, c'est-à-dire l'intervalle dans lequel la valeur exacte se situe. Pour les laboratoires travaillant dans des règles strictes d'assurance qualité, l'estimation de l'**incertitude** est une exigence.

Lors de l'**évaluation quantitative du risque sanitaire***, l'**incertitude** provient notamment des hypothèses de calcul, des défauts d'information ou de connaissances, du niveau de qualité des données et de la variabilité des paramètres utilisés. L'évaluateur du risque est souvent amené à modéliser divers mécanismes : transfert de **contaminants*** du milieu vers l'Homme, transposition des données animales chez l'Homme... L'une des **incertitudes** la plus difficile à estimer est la prise en compte des **effets*** liés aux **expositions*** simultanées à plusieurs **agents*** en mélange.



INCIDENCE



Rapport du nombre de **nouveaux cas** d'une maladie dans une population à l'effectif total d'une population à un moment ou une période donnée.

Le taux d'**incidence** d'une maladie est généralement estimé pour une année pour 1 000 ou 100 000 habitants.

Il permet de bien refléter les évolutions dynamiques d'une maladie (pic de démarrage ou fin d'une épidémie par exemple).

Ne pas confondre avec la **prévalence***.

Incidence des cancers en France en 2023

		
Nombre de nouveaux cas	245 610	187 526
Taux d'incidence pour 100 000 habitants	355	274

Prévalence des cancers en France en 2023

		
Nombre de personnes vivant avec un cancer	1,8 millions	2 millions

Source : Institut national du cancer (<https://www.e-cancer.fr>)



LIMITE DE DÉTECTION LIMITE DE QUANTIFICATION



Concentration, Danger, Environnement, Méthode d'analyse, Polluant

Une **méthode d'analyse*** chimique physique (incluant la préparation l'échantillon, l'appareillage et les réactifs e manipulation par les opérateurs) caractérisée par :

➤ **la limite de détection (LD)** qui est la plus petite quantité (ou **concentration***) détectée par cette méthode mais qui ne permet pas de réaliser une quantification. La **LD** détermine la limite en dessous de laquelle le résultat de l'analyse s'exprime par « inférieur à la **limite de détection** » donc une absence de **polluant*** ou une **concentration*** trop faible au regard de ce que la méthode est en mesure de détecter. Un résultat « négatif » doit donc être considéré au regard de la sensibilité de la **méthode d'analyse*** employée,



la limite de quantification (LQ) qui est la plus petite quantité (ou **concentration***) mesurée par cette méthode. La **LQ** représente la plus faible **concentration*** dans un échantillon au-delà de laquelle il est possible d'exprimer les résultats avec un niveau quantitatif.

Entre ces deux limites, le résultat est généralement qualifié de « présence de traces ».

Pour les mesures de **dangers*** dans l'**environnement***, deux éléments sont fondamentaux pour la bonne qualité des résultats : la qualité de l'échantillonnage (nombre d'échantillons, lieux, conservation...) et la qualité et la fiabilité du laboratoire d'analyse ou du capteur en vérifiant les valeurs de ses limites **LD** et **LQ** et sa capacité à reproduire les résultats avec fiabilité.



MALADIE MÉTABOLIQUE



Agent, Exposition, Perturbateur endocrinien, Toxique

Les **maladies métaboliques** résultent de l'absence ou du dysfonctionnement de certaines enzymes nécessaires aux réactions de fonctionnement des cellules (réactions métaboliques). Si la plupart des **maladies métaboliques** sont génétiques (congénitales), certains troubles métaboliques peuvent apparaître à la suite d'une **exposition*** à des **agents* toxiques***. Par exemple, certains **perturbateurs endocriniens*** sont suspectés de favoriser l'obésité ou l'apparition de diabète (type 2).



MÉTABOLISME

Le **métabolisme** est l'ensemble des réactions (bio)chimiques qui se produisent au sein des cellules d'un organisme et, au-delà, des différentes fonctions assurant la vie de l'organisme : digestion des aliments, décomposition et assimilation des nutriments, production et stockage d'énergie.

Le **métabolisme** de base correspond aux besoins énergétiques minimums de l'organisme, c'est-à-dire la dépense quotidienne d'énergie minimale permettant à celui-ci de survivre. Il varie selon les personnes et leur état (poids, âge, sexe...) et selon leur niveau d'activité physique et les conditions climatiques.

Le **métabolisme** énergétique regroupe les voies métaboliques et les réactions permettant de produire l'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules.

Le **métabolisme** correspond à l'ensemble des transformations chimiques qui se produisent dans une cellule ou l'organisme selon deux phases :

- > **anabolisme** : ensemble des réactions de (bio)synthèse de molécules dans l'organisme à partir des nutriments et permettant la constitution et le développement des cellules et des structures du corps,
- > **catabolisme** : ensemble de réactions de dégradation de molécules en structures de plus petite taille conduisant notamment à la production d'énergie cellulaire et à l'élimination de déchets.

MÉTABOLISATION & MÉTABOLITES

 *Toxique*

La **métabolisation** (ou biotransformation) désigne l'ensemble des processus biologiques par lesquels le corps humain va transformer un composé chimique initial en composés ou produits secondaires que l'on nomme **métabolites** (ou parfois « résidus » dans le langage courant).

Les **métabolites** formés peuvent être moins dangereux que le composé initial : on parle de « détoxification ». Au contraire, ils peuvent parfois être plus **toxiques*** que le composé initial : on parle alors de « bioactivation ». Chez l'Homme, le foie est l'organe majeur impliqué dans la biotransformation.



MÉTHODE D'ANALYSE

 *Concentration, Limite de détection, Limite de quantification*

Parmi les nombreuses **méthodes d'analyse** aujourd'hui disponibles dans le domaine de la chimie analytique se distinguent :

- les **méthodes qualitatives** qui révèlent la présence d'un analyte (cible chimique cherchée) et fournit une réponse non quantifiée (présence ou absence) dans la **limite de détection (LD)***,
- les **méthodes quantitatives** qui mesurent la **concentration*** ou la fraction pondérale d'un analyte de manière à pouvoir l'exprimer, en fonction de sa **limite de quantification (LQ)***, sous

forme de valeur numérique, dans les unités appropriées et avec un intervalle de confiance sur la valeur exprimée (ex : 10 mg/kg \pm 0,1 signifiant que la valeur se situe de manière fiable entre 9,9 et 10,1 mg/kg mais pas au-delà).

Une bonne **méthode d'analyse** ne permet pas de garantir un bon résultat si l'échantillonnage préalable n'est pas fiable et représentatif.

MICROPOLLUANT

 *Bioaccumulation, Concentration, Danger, Effet, Environnement, Polluant, Toxicité*

Un **micropolluant** correspond à une faible **concentration*** d'un **polluant*** détectable dans l'**environnement*** ou dans des aliments (de l'ordre du microgramme par litre, kilogramme ou mètre/cube voire du nanogramme ou picogramme par litre, kilogramme ou mètre cube). Par extension, sont qualifiés de **micropolluants** de l'**environnement*** les **dangers*** chimiques toujours retrouvés à ces faibles niveaux de **concentrations***.

Leur présence, seuls ou en mélange, peut, même à ces très faibles **concentrations*** et selon les produits, engendrer des **effets*** négatifs sur les organismes vivants par

toxicité* notamment après **bioaccumulation***. Les **micropolluants** sont déversés dans l'**environnement*** par les activités humaines industrielles, agricoles, ou urbaines notamment par les usages de produits du quotidien (détergents, médicaments ...).

En Europe, environ 200 000 molécules sont utilisées et plus de 110 000 recensées par la réglementation européenne sont considérées comme des **micropolluants**, qu'elles soient organiques ou minérales, biodégradables ou non comme les plastifiants, détergents, métaux, hydrocarbures, pesticides...

En savoir plus :



- *Plan Micropolluants 2016-2021 : www.ecologie.gouv.fr*
- *Commission Européenne pacte vert : www.france.representation.ec.europa.eu*



NANOPARTICULE

Exposition, Risque, Toxicité

Les **nanoparticules**, également appelées parfois particules ultrafines (PUF), sont des particules dont la taille varie entre 1 et 100 nanomètres (1 nm = 0,000000001 m, soit un milliardième de mètre).

On distingue les **nanoparticules** :

 « **manufacturées** », depuis les années 1990 à partir de différents matériaux (carbones, céramiques, polymères, métaux...). Il existe donc une grande diversité de nanomatériaux utilisés dans des domaines variés (électronique, revêtements, cosmétiques, automobile, aéronautique, chimie, textile, pharmacie...). Leur très petite taille leur confère des propriétés physico-chimiques inédites et des caractéristiques spécifiques par rapport aux mêmes matériaux à l'échelle macro ou microscopique : par exemple, une même molécule peut être inactive à l'échelle microscopique (10 m) et devenir très efficace à l'échelle nanoscopique,

 « **secondaires** », générées notamment par des combustions. Elles sont présentes dans la fumée de cigarette ou dans les gaz issus des moteurs diesel par exemple. Elles peuvent aussi être formées dans les émissions atmosphériques industrielles,

 **d'origine naturelle** : produites ou émises lors des incendies de forêt, des éruptions volcaniques, retrouvées dans les gouttelettes nanométriques océaniques...

Selon sa nature et sa forme, chaque type de **nanoparticule** possède ses propres caractéristiques physico-chimiques, mais aussi ses spécificités en ce qui concerne sa **toxicité*** et le **risque*** pour la santé humaine. Il n'est donc pas possible de parler de façon générique des **nanoparticules**.

L'impact des différentes **nanoparticules** sur la santé reste encore assez mal connu aujourd'hui. Elles peuvent franchir, assez facilement, différentes barrières chez l'être humain ce qui permet aussi de construire des médicaments plus efficaces. La détermination des conséquences sur la santé de l'**exposition*** aux différentes **nanoparticules** reste un grand défi.



PERTURBATEUR ENDOCRINIEN

➤ *Agent, Concentration, Dose, Effet, Endocrine (glande), EQRS, Hormone*

Les **perturbateurs endocriniens** (PE) sont des composés chimiques (naturels ou artificiels) qui peuvent perturber ou dérégler le fonctionnement du **système endocrinien*** (ou système hormonal) des organismes vivants.

Ceci modifie alors des grandes fonctions comme la croissance, la reproduction, le comportement, le développement du système nerveux. Ils participent au développement de cancers dits « hormono-dépendants » (sein, testicules, tumeurs gynécologiques, thyroïde, prostate). Ils sont également fortement suspectés, chez l'Homme, dans le domaine de l'obésité et du diabète.

Les **hormones*** et leurs fonctionnements se réalisent à de très faibles **concentrations*** et le système hormonal étant un équilibre fragile, un apport même de très faibles **concentrations*** en **perturbateurs endocriniens**, peut induire des **effets*** délétères sur la santé.

En particulier, dans les premières étapes de la vie, les **hormones*** jouent un rôle essentiel dans le développement physiologique de l'individu : les impacts sur le fœtus, le nourrisson ou l'enfant en croissance peuvent s'avérer irréversibles. Des **perturbateurs endocriniens** induisent des **effets*** néfastes dans la descendance de l'individu exposé.

Les **perturbateurs endocriniens** agissent sur les différentes étapes du processus hormonal: processus de synthèse, de sécrétion, de transport, d'action ou d'élimination des **hormones***. Ils peuvent ainsi, selon leur type, perturber le système hormonal et le fonctionnement normal d'un organisme en altérant le taux d'**hormones*** dans le sang, en mimant l'action d'une **hormone***, en bloquant ou modifiant son action.

Certains **perturbateurs endocriniens** ne répondent pas à la règle selon laquelle les **effets*** nocifs des **agents*** chimiques sont proportionnels à la **dose*** : plus la **dose*** d'exposition augmente, plus l'**effet*** induit est fort (courbe dite monotone). Ils induisent des courbes dites « non monotones », c'est-à-dire qu'ils peuvent induire des **effets*** plus importants (voire opposés) à faible ou très faible **dose*** par rapport à ceux observés à des **doses*** un peu plus fortes. Cette spécificité toxicologique augmente la complexité de l'étude des **perturbateurs endocriniens** et l'estimation de leurs **effets*** métaboliques pour l'**évaluation quantitative des risques sanitaires***.

Un millier de molécules sont actuellement suspectées d'être des **perturbateurs endocriniens**. Il existe une liste européenne des substances chimiques reconnues comme **perturbateurs endocriniens**, régulièrement mise à jour (Endocrine Disruptor List). Parmi ceux connus, figurent des plastifiants (bisphénol A, phtalates...), des retardateurs de flamme bromés utilisés pour limiter les extensions d'incendies notamment dans des mobiliers, des molécules perfluorées ou PFAS utilisés comme imperméabilisants et extrêmement persistants* dans la nature.

EFFETS ET CONSÉQUENCES DES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS SUR LA SANTÉ HUMAINE*

PERTURBATEUR ENDOCRINIEN



1

Limite l'action d'une hormone



2

Bloque ou réduit l'action d'une hormone



3

Dégrade le fonctionnement d'une glande endocrine



4

Perturbe le transport et la diffusion d'une hormone dans le sang



5

Modifie l'élimination de hormones



Cancers hormonaux-dépendants
Troubles du développement
Métabolisme (obésité, diabète)
Troubles de la reproduction
Malformations



En savoir plus :

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : www.anses.fr
- Santé publique France : www.santepubliquefrance.fr
- Liste européenne de perturbateurs endocriniens : www.edlists.org/the-ed-lists





POLLUANT



Agent, Compartiment, Contaminant, Concentration, Effet, Environnement, Micropolluant, Perturbateur endocrinien, POP, Toxicité

Un **polluant** désigne, au sens large, un **agent***, d'origine naturelle ou non, qui provoque une nuisance dans les **compartiments*** de l'**environnement*** (air, eaux, sols) et/ou les organismes vivants. S'il n'est pas naturellement présent dans un milieu, il s'agit d'un **contaminant***. Le terme de pollution est le plus généralement employé pour des **agents*** chimiques, mais sont aussi évoqués les cas de pollution microbienne (**agent*** biologique) ou de pollution lumineuse (lumière nocturne artificielle, **agent*** physique).

Les **polluants** sont classés : selon leur aspect physique (solide, liquide ou gaz), leur origine (minérale ou organique), leur **effet*** ou leur type de **toxicité*** (odeur, **perturbateurs endocriniens***, **toxicité*** pour la reproduction...), leur famille chimique, leur usage initial (pesticides, plastifiants, solvants...), leur persistance ou la durabilité de leurs **effets*** (**POP***), leur niveau de **concentration*** dans les milieux (**micropolluants***).

En savoir plus:



- Airparif : www.airparif.asso.fr/l-surveiller-la-pollution/
- Eau France : www.eaufrance.fr/les-substances-polluantes-des-milieus-aquatiques

POLLUANT ÉMERGENT



Compartiment, Concentration, Environnement, Hormone, Méthode d'analyse, Nanoparticule, Polluant

Le terme groupe les **polluants*** chimiques récemment révélés et ne faisant, pour la plupart, l'objet d'aucun statut réglementaire défini, non surveillés en routine. Il s'agit de **polluants***, pas nécessairement d'usage nouveau, dont la préoccupation récente est liée à :

- une découverte fortuite ou volontaire alors qu'ils n'étaient jamais recherchés auparavant dans l'**environnement***,
- la mise au point de nouvelles **méthodes d'analyses*** permettant de les détecter,
- une arrivée récente sur la marché,
- une augmentation progressive des **concentrations*** dans l'**environnement*** les rendant alors détectables.

Pour nombre d'entre eux, les données concernant leur présence, leur devenir dans l'**environnement*** et/ou leurs impacts potentiels sur la santé ou l'**environnement*** sont parcellaires.

Au cours des dix dernières années, plusieurs groupes de travail ont identifié près de 1 000 **polluants émergents** dans le **compartiment*** aquatique en Europe et les ont classés en plus de 20 catégories dont les principales sont : les pesticides, les tensioactifs (utilisés comme détergents), les produits pharmaceutiques, les antibiotiques, les cosmétiques, des **hormones***, des substances perfluorées (PFAS) ainsi que les **nanoparticules*** et les microplastiques.



POLLUANT ORGANIQUE PERSISTANT (POP)



Bioaccumulation, Concentration, Écosystème, Environnement, Exposition, Polluant, Risque, Toxicité

Le terme **Polluants Organiques Persistants (POP)** désigne un ensemble de molécules qui possèdent quatre propriétés :

- persistance : la dégradation est lente, de quelques années à plusieurs dizaines d'années voire des siècles pour certains,
- **bioaccumulation*** : le **polluant*** s'accumule au cours du temps dans les organismes vivants, notamment dans leurs graisses ou dans les os,
- **toxicité*** : l'**exposition*** est susceptible de provoquer des **effets*** nocifs sur les organismes et les **écosystèmes***,
- mobilité et transport sur de grandes distances : des **concentrations*** élevées peuvent être mesurées loin de leurs sources d'émission ou des points de rejet (c'est-à-dire dans des régions où ils n'ont jamais été utilisés, dans les océans ou en Arctique, par exemple).

Ces propriétés induisent que les **POP** sont une menace à l'échelle planétaire. Cette pollution globale des **écosystèmes***, des organismes vivants et de nombreuses denrées alimentaires entraîne une **exposition*** à long terme d'une multitude d'espèces dont les êtres humains.

Les **POP** résultent des rejets dans l'**environnement***, par les activités humaines, en grande majorité depuis les années 1950. Ils sont produits soit de manière intentionnelle (certains pesticides, des imperméabilisants...), soit de manière non intentionnelle (durant la combustion des déchets, de la biomasse y compris les feux de forêts...).

La gestion des **risques*** liés à ces polluants a appelé des réponses au plan international et national. Les plans et mesures visent notamment les dioxines/furannes (PCDD-F), les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), l'hexachlorobenzène (HCB) et des pesticides. Deux accords internationaux majeurs régissent le contrôle, la réduction ou l'élimination des émissions des **POP** dans l'**environnement*** :

- le protocole d'Aarhus, signé en juin 1998 dans le cadre de la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance sous l'égide de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE-ONU),
- la Convention de Stockholm signée en mai 2001 dans le cadre du Programme des Nations unies pour l'**environnement*** (PNUE).



En savoir plus : Programme des nations unies pour l'environnement : www.unep.org/fr



PRÉVALENCE



Incidence

Rapport du nombre de cas d'une maladie dans une population à l'effectif total d'une population à un moment ou une période donnée, englobant à la fois les cas nouveaux et les cas anciens.

Ne pas confondre avec l'**incidence***.



REACH



Environnement, Essai, Risque

Reach est l'acronyme de «Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals», soit «enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques».

Ce programme européen est entré en vigueur le 1er juin 2007. Ses principaux objectifs sont de mieux protéger la santé humaine et l'**environnement*** contre les **risques*** que peuvent poser les produits chimiques, la promotion de méthodes d'**essai*** alternatives aux **essais*** sur des animaux, la libre circulation des substances au sein du marché intérieur et de renforcer la compétitivité et l'innovation.

Reach fait porter à l'industrie la responsabilité d'évaluer et de gérer les **risques*** posés par les produits chimiques et de fournir des informations de sécurité adéquates à leurs utilisateurs.

Une substance dangereuse peut être interdite par les autorités si les **risques*** qu'elle présente ne peuvent être maîtrisés. Les autorités peuvent également décider de restreindre une utilisation ou de la soumettre à une autorisation préalable.



En savoir plus : Reach : echa.europa.eu/fr



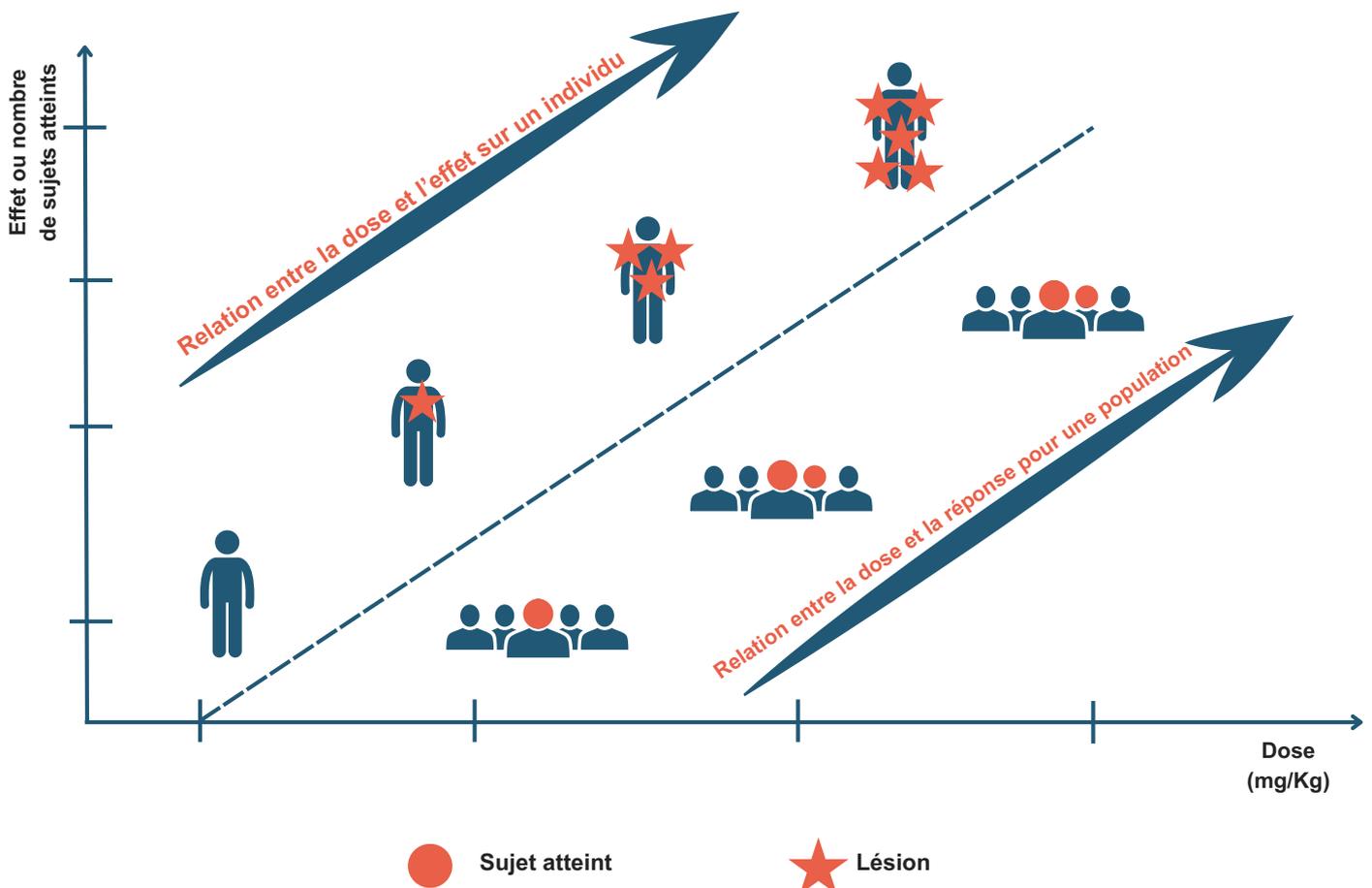
RELATION DOSE-RÉPONSE RELATION DOSE-EFFET

➤ *Agent, Dose, Effet, Exposition, Toxique*

La **dose*** est la quantité d'un **agent*** à laquelle un organisme est exposé pendant un temps donné.

Des **doses*** croissantes induisent généralement une augmentation de l'intensité des **effets* toxiques*** : c'est la **relation dose-effet**, c'est-à-dire la relation entre le niveau d'**exposition*** et l'intensité d'un **effet*** observable chez un individu. Au-delà d'une **dose*** seuil minimale d'apparition, les **effets*** seront d'autant plus importants que la personne sera exposée à une **dose*** forte.

Le même principe s'applique à une population d'individus, car l'**effet*** ou les nombreux **effets*** possibles peuvent se manifester différemment chez plusieurs personnes exposées à une même **dose*** d'un **toxique*** : c'est ce qu'on appelle la **relation dose-réponse**, c'est à dire la relation entre le niveau d'**exposition*** et le nombre d'individus qui présentent un **effet*** donné.





RISQUE

 *Agent, Danger, Effet, Exposition*

Le **risque** représente la probabilité de survenue d'un (ou de plusieurs) événement défavorable ou **effet*** nocif pour la santé d'un individu (**risque individuel**) ou d'une population (**risque collectif**) à la suite d'une exposition à un **agent dangereux***.

Plus l'exposition à cet **agent*** dangereux est importante, plus le **risque** sera élevé.

Au contraire, sans exposition à un **danger***, le **risque** est nul.

Le **risque sanitaire individuel** caractérise la probabilité de survenue d'un **effet*** donné chez un individu.

Le **risque collectif** (ou impact) représente le nombre de cas (pathologies) attribuable à l'**exposition*** considérée parmi une population.

En termes de santé publique, un **risque** individuel faible peut conduire à un **risque** collectif élevé si la population exposée est très nombreuse.

On distingue souvent le **risque** sanitaire immédiat (aigu) et à long terme (chronique). De manière un peu conventionnelle, on considère généralement qu'un **risque chronique** est lié à une **exposition*** de faible intensité sur une longue période, typiquement supérieure à un an.

Le **risque aigu** est lié à une **exposition*** accidentelle ou une **exposition*** de forte intensité sur une courte période (quelques minutes à quelques heures).

DANGER

Capacité intrinsèque d'une substance, d'un phénomène physique ou d'un **agent*** biologique à provoquer un effet néfaste sur la santé.



EXPOSITION

Situation réelle dans laquelle nous sommes confrontés au **danger*** :

- A quel niveau ou quelle quantité sommes nous exposés ?
- A quelle fréquence et sur quelle durée ?
 - Sur le court terme (**exposition*** aiguë)
 - Sur le long terme (**exposition*** chronique)
- Par quelle voie d'**exposition*** (inhalation, ingestion, contact cutané) ?



RISQUE

Probabilité de survenue des **effets*** néfastes du **danger*** sur la santé.

Le risque peut prendre différentes formes : infection, intoxication, atteinte physique, maladie chronique.

Il dépend des circonstances d'**expositions*** et des caractéristiques de la population (âge, immunité etc.)



En savoir plus :

- Anses : www.anses.fr
- Ineris : www.ineris.fr



SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

Environnement

Selon la définition proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) lors de la deuxième conférence européenne « Environnement et Santé » à Helsinki en 1994, la Santé Environnementale comprend « *les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre **environnement***. Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations actuelles et futures* ».

La **Santé Environnementale** est donc un domaine qui se consacre aux interactions entre l'**environnement*** et la santé humaine. Le domaine de la « **Santé-Environnement** » est une notion relativement récente qui a émergé et pris de l'ampleur avec les crises sanitaires et environnementales qui se sont succédées au fil du XX^e siècle :

-  pollution au mercure à Minamata (Japon) en 1932,
-  nuage de dioxines à Seveso (Italie) en 1976,
-  nuage d'isocyanate de méthyle servant à la fabrication de pesticides à Bhopal (Inde) en 1984,
-  accidents nucléaires de Tchernobyl et Fukushima.

Ces crises majeures ont contribué à révéler également la pollution plus diffuse et permanente de l'**environnement***.

Le champ de la **Santé Environnementale** est très vaste. Il nécessite de mettre en relation des données de domaines et disciplines très variées, se situant ainsi au cœur d'enjeux intersectoriels nationaux et internationaux.

En France, le Plan National Santé Environnement (PNSE) en est un exemple. Inscrit dans le code de la santé publique, il vise à réduire l'impact de l'**environnement*** sur la santé à l'échelle nationale et territoriale.

Un autre exemple : la Société Francophone de Santé et Environnement (SFSE), regroupant chercheurs de disciplines variées et professionnels de santé, est la société savante sur ce thème ; la revue « Environnement, risques et santé » (ERS) est la revue officielle de la SFSE.

En savoir plus :

- *Ministère de la Santé et de la Prévention : www.sante.gouv.fr/sante-et-environnement*
- *Plan national santé environnement : www.ecologie.gouv.fr/plan-national-sante-environnement-pnse*
- *Société Francophone de Santé et Environnement : www.sfse.org*
- *Environnement Risques et Santé : www.jle.com/fr/revues/ers/revue.phtml*



TOXICITÉ - TOXIQUE

➤ *Agent, Concentration, Contaminant, Dose, Effet, Exposition*

Dans le langage courant, une substance **toxique** est souvent synonyme de poison.

La **toxicité** est la capacité d'un **agent*** (chimique, physique) à induire des **effets*** délétères chez un être vivant. Elle dépend notamment de la nature et de la durée de l'**exposition***, de la **concentration*** du produit, de l'organisme vivant exposé (des **contaminants*** peuvent être **toxiques** pour certains organismes alors que d'autres ne seront pas affectés), des **doses*** reçues, de la capacité du produit à pénétrer dans l'organisme et ne pas y être détruit...

Se distinguent :

- la **toxicité aiguë** ou à court terme est associée à une **exposition*** de brève durée et généralement à de fortes **concentrations***. Les **effets*** sont ressentis ou observés immédiatement ou dans un délai très court (quelques heures ou quelques jours). La **toxicité aiguë** peut être mise en évidence par exemple, par le taux de mortalité,
- la **toxicité chronique** ou à long terme correspond à une **exposition*** de plus longue durée ou répétée et à des **concentrations*** faibles, parfois très faibles. Les **effets*** apparaissent longtemps après l'**exposition*** (plusieurs mois à plusieurs années).

TOXICOLOGIE

➤ *Agent, Concentration, Dose, Effet, Essai, Exposition, Incertitude, Risque, Toxique*

Domaine scientifique très ancien, la **toxicologie** est la discipline qui étudie la nature et les **effets*** des **toxiques*** et toxines envers un organisme vivant. La base ancienne de la **toxicologie** est qu'il existe une relation entre la **dose*** (quantité) et les **effets*** délétères qui en résultent.

Les **essais*** ou études toxicologiques chez les animaux (**essais*** *in vivo*) sont mis en œuvre selon des protocoles standardisés. Ils ont pour objectif de mettre en relation la quantité ou **dose*** d'**exposition*** à un (ou plusieurs) **agent(s)*** chimique(s) ou physique(s) et les dégradations observables ou mesurables dans les fonctions physiologiques ou la santé de l'animal étudié. La **toxicologie** détermine, avec la rigueur de la science, notamment la **dose*** (ou la **concentration***)

pour laquelle les **effets*** apparaissent, afin de déterminer notamment l'**effet*** critique ou la posologie pour un médicament.

Les résultats de ces études toxicologiques avec les biais et les **incertitudes*** fixent des valeurs seuils ou des valeurs toxicologiques de référence pour l'Homme. Les normes réglementaires de qualité des eaux, de l'air, des aliments sont ensuite établies à partir de ces valeurs de référence sanitaires par les évaluateurs de **risque*** en ajoutant des valeurs d'**incertitude*** pour être le plus protecteur de la santé des populations.

Il n'est pas rare de fixer ainsi des valeurs réglementaires 100 à 500 fois plus faibles que les valeurs toxicologiques pour être certain de bien protéger les plus sensibles comme les nourrissons ou les femmes enceintes.



ONE HEALTH (UNE SEULE SANTÉ)

Contaminant, Environnement

L'approche « **Une seule santé** » ou « **One Health** » (en anglais) considère la prise en compte globale de la santé de l'Homme, de la santé des animaux et celle de l'**environnement***. Elle met l'accent sur les interactions entre eux en considérant que la dégradation de l'état des uns induit nécessairement une dégradation de la santé des autres. Par exemple, la déforestation est accusée de rapprocher l'humain des zones où vivent des animaux réservoirs de maladies infectieuses qui ne l'atteignaient pas autrefois. Elle vise à promouvoir une approche globale des enjeux sanitaires.

Mis en avant au début des années 2000, ce concept international s'est progressivement développé avec la prise de conscience des liens étroits entre la santé humaine, celle des animaux et l'état global de l'**environnement***.

Il a fait l'objet, en 2010, d'un accord entre l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OMSA) et l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO).

Il reconnaît non seulement que la santé humaine est étroitement dépendante de la santé des animaux et de l'**environnement***, mais aussi que les **contaminants*** qui, via l'alimentation notamment, affectent la santé humaine, la santé animale et l'**environnement***, sont intimement liés.



En savoir plus :

Anses : www.anses.fr



© Crédit photo Canva



Fondation de l'Académie de Médecine
16 rue Bonaparte - 75006 Paris
contact@fam.fr / 01 42 02 70 19

fam.f r



Les travaux ayant permis la réalisation de cet ouvrage ont
été réalisés avec le mécénat de : VEOLIA et de L'ORÉAL

