

5 - L'exposome

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 08.07.Q15

juin 2026

Jean-Charles LEBLANC, membre de l'Académie d'Agriculture, et Amélie CRÉPET, Anses

Mots clés : santé environnementale, biomarqueur

Au quotidien, les individus sont exposés simultanément à de multiples contaminations provenant de différentes sources environnementales et suivant différentes voies d'exposition. Ces expositions peuvent avoir des effets combinés sur la santé et être à l'origine d'une part importante des maladies de notre civilisation. La prise de conscience de cet état de fait a conduit au développement du concept d'exposome, qui vise à appréhender, de manière globale, l'ensemble des expositions auxquelles un organisme est soumis au cours de sa vie et de leurs effets sur la santé.

Toutefois, l'intégration de l'exposome dans les pratiques d'évaluation des risques sanitaires nécessitera encore des développements méthodologiques et organisationnels importants.

Contexte scientifique et émergence du concept d'exposome

Depuis son introduction par Christopher Wild¹ en 2005, le concept d'exposome a suscité un intérêt croissant dans les domaines de la santé environnementale, de l'épidémiologie et de l'évaluation des risques². Il constitue aujourd'hui un cadre conceptuel permettant d'intégrer les interactions entre les facteurs environnementaux, les comportements individuels, les expositions psycho-sociales et les déterminants biologiques (comme l'âge, l'état de santé, le bagage génétique, etc.) dans l'analyse des déterminants de la santé.

L'exposome peut être défini comme la totalité des expositions environnementales, comportementales et psychosociales auxquelles un organisme est soumis depuis sa conception jusqu'à la fin de sa vie, ainsi que les interactions entre ces expositions et les caractéristiques biologiques de l'individu. Cette approche s'inscrit dans la continuité des travaux menés dans le domaine de la connaissance du génome, mais vise à compléter ces connaissances en intégrant les facteurs environnementaux, comportementaux et sociaux susceptibles d'influencer l'apparition et l'évolution des maladies. Elle se caractérise par plusieurs composantes essentielles :

- la multiplicité des dangers susceptibles d'affecter la santé, qu'il s'agisse de dangers chimiques, biologiques ou physiques, mais également de facteurs psychosociaux ou socio-économiques ;
- la notion de mélanges d'expositions, les individus étant rarement exposés à une seule substance isolée ou un seul danger ;
- une dimension temporelle importante, en considérant l'évolution des expositions tout au long de la vie, mais aussi les périodes de vulnérabilité particulière, notamment pendant la grossesse ou la petite enfance.

En complétant les connaissances issues de la génétique par l'étude des interactions entre gènes et environnement, l'exposome contribue à mieux comprendre l'origine multifactorielle de nombreuses pathologies chroniques telles que les cancers, les maladies cardiovasculaires ou les troubles métaboliques.

Les dimensions de l'exposome

¹ Wild CP, 2005, *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 14(8): 1847–1850.

² Anses : *Intégration de l'exposome dans les activités de l'Anses*. (Saisine 2022-METH-0197, Anses, 2022)

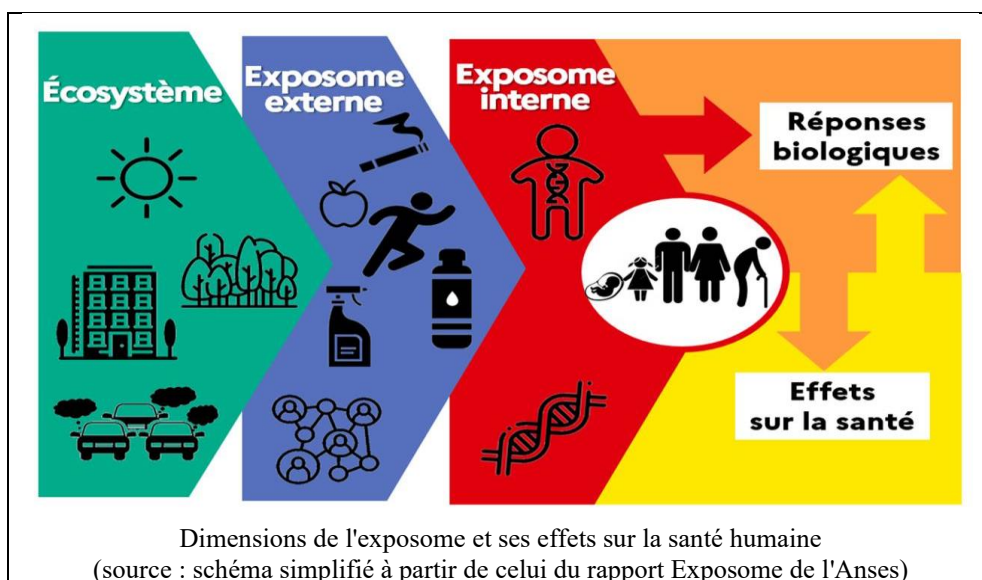
L'étude de l'exposome peut être structurée autour de plusieurs dimensions qui permettent de décrire la chaîne reliant l'environnement aux effets biologiques observés chez l'individu (cf. figure).

L'environnement global dans lequel évoluent les individus. Celui-ci comprend les écosystèmes, les milieux naturels et les conditions de vie susceptibles d'influencer les expositions. La connaissance de ces milieux permet d'identifier les sources potentielles des dangers et d'évaluer leur distribution dans les différents compartiments de l'environnement.

Les expositions dites externes, qui incluent les différents dangers auxquels les individus peuvent être exposés via leur comportements et leur environnement quotidiens, notamment par l'air, l'eau, l'alimentation, les produits de consommation ou les activités professionnelles. Ces expositions sont également influencées par les comportements individuels, les habitudes de vie et les caractéristiques socio-économiques.

L'exposition interne de l'organisme qui peut être évaluée à partir de marqueurs mesurés dans différentes matrices biologiques – tels le sang, l'urine ou les cheveux –, comme le taux de cadmium dans les urines (cadmiurie). Ces biomarqueurs permettent d'estimer l'imprégnation de l'organisme par différents dangers et d'étudier les mécanismes de transformation et d'élimination des substances dans l'organisme.

Les réponses biologiques et les effets de l'exposome sur la santé : les expositions environnementales peuvent entraîner des modifications biologiques au niveau moléculaire, cellulaire ou tissulaire. Selon leur intensité, leur durée et la capacité d'adaptation de l'organisme, ces réponses peuvent être protectrices ou au contraire conduire à des effets indésirables susceptibles de favoriser l'apparition de maladies.



Mise en œuvre pratique de l'approche exposome en sécurité sanitaire des aliments

L'évaluation des risques en sécurité sanitaire est un processus scientifique permettant d'estimer la probabilité et la sévérité d'un effet potentiellement nocif pour la santé, résultant de l'exposition à des dangers biologiques, chimiques ou physiques présents dans l'environnement ou dans l'alimentation.

Traditionnellement, ces évaluations reposent sur l'évaluation d'un seul danger à la fois, d'une seule source d'exposition et d'une seule voie, simplifiant ainsi les évaluations mais ne reflétant qu'imparfaitement la réalité des expositions.

L'utilisation de l'exposome dans l'évaluation des risques en sécurité sanitaire permet donc de mieux prendre en complexité des expositions, mais nécessite de mobiliser et de combiner un ensemble très diversifié de données. Ces données peuvent provenir :

- de la surveillance de la contamination environnementale,
- d'études épidémiologiques,
- de données toxicologiques,
- de programmes de biosurveillance,
- ou encore d'enquêtes sur les habitudes de vie et les comportements.

L'approche exposome implique également le développement de nouvelles méthodes d'évaluation des risques, capables de prendre en compte la complexité des expositions.

Ces méthodes incluent notamment :

- l'évaluation des effets combinés de plusieurs substances,
- l'analyse des expositions multi-sources et multi-voies,
- l'intégration de la variabilité temporelle des expositions.

Le développement d'outils de modélisation, dans le domaine de l'exposition et de la toxicocinétique, permet également d'améliorer la compréhension des relations entre expositions externes, imprégnation interne et effets biologiques. Par ailleurs, l'utilisation croissante de méthodes d'analyse de données avancées et d'outils d'intelligence artificielle contribue à exploiter des volumes de données de plus en plus importants.

Dans le domaine spécifique de l'exposome alimentaire, des approches innovantes sont également mobilisées afin de mieux caractériser la complexité des expositions liées à l'alimentation. Le développement et l'intégration de méthodes analytiques pour la caractérisation multi-substances des profils de contamination des denrées alimentaires visent à faire évoluer les stratégies analytiques traditionnelles (fondées sur des approches ciblées mono-résidu) vers des approches non ciblées de screening à large spectre reposant sur la spectrométrie de masse à haute résolution (HRMS). L'objectif à terme est de disposer de capacités analytiques permettant d'identifier, dans un même échantillon alimentaire, un spectre étendu de substances chimiques (de l'ordre de plusieurs centaines), afin de prioriser les substances d'intérêt à intégrer dans les dispositifs de surveillance et d'évaluation de l'exposition, notamment dans le cadre des *Études de l'alimentation totale* (ou EAT)³. Afin de caractériser les expositions combinées liées aux habitudes de consommation et d'en évaluer la toxicité, des méthodes d'apprentissage automatique ont été utilisées pour identifier des profils de consommateurs et les principaux mélanges associés⁴.

Applications et enjeux pour la sécurité sanitaire des aliments

Dans un contexte marqué par la complexification des expositions (mélanges de substances, émergence de nouveaux contaminants, diversité des filières de production et des pratiques de consommation), un enjeu majeur réside dans l'évolution des dispositifs actuels de surveillance de l'exposition alimentaire. Les *Études de l'alimentation totale* pourraient évoluer vers des observatoires intégrés de l'exposome alimentaire, capables de produire des indicateurs, comparables dans le temps et directement utilisables pour l'appui à la décision publique.

Ces nouveaux dispositifs permettraient d'articuler, dans des cadres méthodologiques partagés,

- les données analytiques issues des mesures de contamination des denrées, en combinant les approches ciblées classiques et les approches exploratoires HRMS ;
- les données de consommation alimentaire, ainsi que des informations contextuelles sur les habitudes de consommation ;
- les pratiques de production, de transformation et de distribution des aliments.

Relier les données d'expositions alimentaires aux imprégnations internes permettrait aussi de mieux identifier les sources d'expositions et de proposer des options de gestion adaptées comme dans le cas des études faites sur l'exposition agrégée au bisphénol A⁵, aux composés perfluorés⁶, au plomb⁷, aux pyréthroides⁸ ou au cadmium⁹.

³ Voir fiche 08.07.Q14 : *Études de l'alimentation totale*

⁴ TRAORÉ et al. : *To which chemical mixtures is the French population exposed ?*, Mixture identification from the second French Total Diet Study, food and chemical toxicology, Volume 98, Part B, décembre 2016, pages 179-188

⁵ ANSES : *Avis et rapport relatif à l'évaluation des risques du bisphénol A (BPA) pour la santé humaine*, 2013

⁶ A. YAMADA : *Exposition agrégée aux composés perfluoro-alkyls*, École nationale vétérinaire, Biologie, médecine et santé. Santé publique, École doctorale Biologie-Santé Nantes-Angers (2008-2021), Nantes, mars 2015

⁷ VANAKER et al, *Combining data from heterogeneous surveys for aggregate exposure: Application to children exposure to lead in France*, Environmental research, [Volume 182](#), March 2020, 109069

⁸ VANAKER et al, *Aggregate and cumulative chronic risk assessment for pyrethroids in the French adult population*, food and chemical toxicology, [Volume 143](#), September 2020, 111519

⁹ ANSES : *Avis et rapport relatifs à la priorisation des leviers d'action pour réduire l'imprégnation de la population française au cadmium selon une approche d'exposition agrégée*, 2026

[page 3](#) Fiche consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "**Publications**" puis "**Table des matières des documents de l'Encyclopédie**".

Ainsi, l'approche exposome permet d'améliorer l'évaluation des expositions alimentaires aux contaminants chimiques, notamment en prenant en compte les effets potentiels des mélanges de substances, leurs sources, et en intégrant à la fois les risques mais aussi les bénéfices afin d'optimiser les régimes alimentaires.

De plus, l'un des enjeux actuels est d'étendre cette approche au domaine des risques biologiques et microbiologiques. L'intégration des interactions entre substances chimiques, dangers biologiques (bactéries, virus, etc.), médicaments et microbiote intestinal constitue également un défi majeur pour l'évaluation des risques alimentaires de demain.

Conclusion et perspectives

Le concept d'exposome marque une évolution importante dans la manière d'envisager les relations entre environnement et santé. En proposant une approche globale des expositions environnementales, il permet de mieux tenir compte de la complexité des situations d'exposition auxquelles les populations sont confrontées.

Toutefois, l'intégration de l'exposome dans les pratiques d'évaluation des risques sanitaires

- nécessite encore des développements méthodologiques et organisationnels importants,
- et suppose notamment d'améliorer l'accès aux données, de développer des outils analytiques et expérimentaux et de renforcer les collaborations interdisciplinaires entre les différents domaines scientifiques concernés.

À long terme, l'approche exposome pourrait contribuer à transformer les stratégies de prévention et de gestion des risques en santé publique, en favorisant une approche plus intégrative et plus proactive des déterminants environnementaux de la santé.

• Ce qu'il faut retenir :

L'exposome correspond à l'ensemble des expositions à des substances auxquelles un individu est soumis via son environnement tout au long de sa vie et aux interactions entre ces expositions et les caractéristiques biologiques de l'organisme.

Cette approche vise à mieux comprendre le rôle des facteurs environnementaux dans l'apparition des maladies, et à compléter les connaissances issues de la génomique.

En intégrant la multiplicité des sources d'exposition, les mélanges de substances et l'évolution des expositions au cours du temps, elle propose une vision plus réaliste des situations d'exposition et permet d'améliorer la sécurité sanitaire des aliments.

L'intégration progressive de l'exposome dans l'évaluation des risques constitue aujourd'hui un enjeu scientifique majeur pour améliorer la prévention et orienter les politiques de santé publique.

Pour en savoir plus, exemples d'applications pratiques :

- Fiche 08.08.Q11 et 08.08.Q12 : *Le cadmium*
- ANSES : *Avis et rapport relatif à l'évaluation des risques du bisphénol A (BPA) pour la santé humaine*, 2013 <https://www.anses.fr/system/files/CHIM2009sa0331Ra-0.pdf>
- A. YAMADA : *Exposition agrégée aux composés perfluoro-alkyls*, École doctorale Biologie-Santé Nantes-Angers (2008-2021), Nantes, Mars 2015, https://doc-veto.oniris-nantes.fr/GED_CHN/197437991561/Yamada_Ami.pdf
- ANSES : *Avis et rapport relatifs à la priorisation des leviers d'action pour réduire l'imprégnation de la population française au cadmium selon une approche d'exposition agrégée*, 2026 <https://www.anses.fr/system/files/ERCA-2023-AUTO-0150-RA.pdf>