

3 - Expologie et méthodes d'évaluation des expositions alimentaires

Fiche **QUESTIONS SUR...** 08.07.Q13

juin 2026

Jean-Charles LEBLANC, membre de l'Académie d'Agriculture, et Véronique SIROT, Anses

Mots clés : exposition, alimentation, étude, consommation, concentration, danger

L'expologie alimentaire est une discipline clé de l'évaluation des risques sanitaires, visant à quantifier l'exposition des populations aux agents biologiques, chimiques ou nutritionnels via l'alimentation. Elle repose sur la combinaison des données de consommation alimentaire et celles de concentration des substances dans les aliments, selon des approches déterministes ou probabilistes. Les estimations peuvent porter sur des expositions aiguës (courtes) ou chroniques (longues), et être rapportées au poids corporel afin de mieux caractériser les populations à risque. Une approche par étapes permet d'optimiser les ressources, depuis le screening conservateur jusqu'aux évaluations affinées. La prise en compte des forts consommateurs et l'identification des principaux contributeurs alimentaires est centrale pour la gestion du risque.

Qu'est-ce que l'expologie alimentaire ?

Discipline scientifique récente (1990-2000), essentielle à l'évaluation des risques sanitaires, l'expologie alimentaire étudie l'exposition des populations aux agents biologiques, physiques ou chimiques.

L'estimation de l'apport ou de l'exposition alimentaire est réalisée en combinant les informations sur la consommation d'aliments et les informations sur la concentration de l'agent biologique, physique ou chimique dans les aliments, tel que c'est décrit par la FAO et l'OMS (*Environmental Health Criteria 240, Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food*)¹. Il peut s'agir d'une exposition aiguë (courte, à l'échelle d'un repas, notamment dans le cas de l'étude de contaminants biologiques comme les salmonelles) ; ou alors d'une exposition chronique à long terme, notamment dans l'étude de la plupart des contaminants chimiques.

L'expologie alimentaire mobilise les déterminants de la consommation alimentaire des individus (âge, sexe, niveau socio-économique, préférences alimentaires qui influencent l'analyse de la contamination biologique ou chimique des agents présents dans les aliments que nous consommons, tels que les bactéries, virus, parasites, nutriments, les éléments traces métalliques, les toxines naturelles, les résidus de pesticides, etc., et les méthodes de calculs de l'exposition alimentaire. Elle s'intègre dans l'étude fine des voies et sources d'exposition environnementale (alimentation, air, eau, sol) et de leurs conséquences sanitaires dans une approche intégrative, compatible avec l'exposome² (voir fiche 08.07.Q15 *L'exposome*) et l'approche *One Health*, aussi dite *Une seule santé* (voir fiches *One Health* 07.01.Q01, Q02 et Q03).

L'estimation de l'exposition alimentaire peut alors être comparée à une valeur de référence (valeur toxicologique de référence, référence nutritionnelle pour la population, etc.) pertinente, fondée sur les données toxicologiques pour un contaminant ou pour la santé des populations étudiées dans le cas d'un nutriment ou de contamination bactérienne. Cette comparaison permet de caractériser le risque d'inadéquation des apports dans le cadre d'une substance d'intérêt nutritionnel, ou le risque d'excès d'apports dans le cadre d'une substance

¹ [https://www.who.int/docs/default-source/chemical-safety/ehc240-chapter6-edited\(4-1\).pdf?sfvrsn=96810319_0](https://www.who.int/docs/default-source/chemical-safety/ehc240-chapter6-edited(4-1).pdf?sfvrsn=96810319_0)

² L'exposome peut être défini comme correspondant à la totalité des expositions (néfastes comme bénéfiques) à des agents chimiques, biologiques et physiques, en interaction avec l'état physiologique, le milieu de vie et le contexte psychosocial, que connaît un organisme vivant depuis sa conception jusqu'à la fin de sa vie. Il vise à expliquer son état de santé (Anses. *Opinion and Report on Integration of the exposome in ANSES's activities* report n° 2022-METH-0197).

page 1 Fiche consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "**Publications**" puis "**Table des matières des documents de l'Encyclopédie**".

toxique indésirable. L'évaluation des expositions alimentaires permet aussi, dans les études épidémiologiques, de faire le lien entre les apports de composés via l'alimentation et les effets sur la santé.

Données de consommation alimentaire³

Données de concentration

Les données de concentration peuvent provenir de plusieurs sources.

Teneurs mesurées : dans l'évaluation des expositions alimentaires, les données de concentrations mesurées dans les aliments constituent un élément central pour caractériser de manière réaliste l'exposition des consommateurs aux substances présentes dans les denrées. Lorsque cela est possible, ces données analytiques sont privilégiées par rapport aux valeurs théoriques ou réglementaires, car elles reflètent les niveaux effectivement observés dans les aliments mis sur le marché et consommés par la population.

La qualité de ces données repose sur la mise en œuvre de méthodes analytiques validées, présentant des performances démontrées en termes de sensibilité, de justesse, de précision et de spécificité. Les méthodes utilisées doivent être adaptées aux matrices alimentaires analysées et aux niveaux de concentration attendus, notamment en termes de limites de détection (LOD) et de limites de quantification (LOQ). La prise en compte de l'incertitude analytique et le traitement approprié des données censurées (résultats inférieurs aux limites de détection ou de quantification) constituent également des éléments importants dans l'exploitation des données de contamination.

En France, les analyses utilisées dans les programmes de surveillance et dans les évaluations des risques sanitaires sont généralement réalisées par des laboratoires accrédités par le *Comité français d'accréditation* (Cofrac) selon la norme NF EN ISO/CEI 17025. Cette accréditation garantit la compétence technique des laboratoires, la validation des méthodes analytiques, la traçabilité métrologique des mesures et la mise en œuvre de systèmes d'assurance qualité. Le recours à des laboratoires accrédités et à des méthodes analytiques validées constitue une condition essentielle pour assurer la robustesse et la comparabilité des données utilisées dans les évaluations d'exposition alimentaire.

Teneurs déclarées : en l'absence de données mesurées directement dans les aliments, il est possible d'utiliser des approches théoriques, ayant recours aux teneurs déclarées par les industriels (cas des évaluations *a priori* des additifs, arômes, enzymes, nutriments, vitamines avant leur autorisation de mise sur le marché).

Teneurs réglementaires : dans les aliments pour les substances faisant l'objet *a posteriori* d'une réglementation dans les aliments ou l'eau, on parle alors de teneurs ou de niveaux maximaux pour les éléments traces (mycotoxines ou additifs), et de limites maximales de résidus (tels les produits phytosanitaires ou vétérinaires). L'utilisation de ce type de données conduit à des estimations maximalistes pour les expositions alimentaires, mais parfois incomplètes dans la mesure où tous les aliments ne sont pas nécessairement réglementés.

Données de concentration issues de bases existantes : pour les nutriments (glucides, lipides, vitamines, minéraux, etc.), existe, au niveau national, la table de composition nutritionnelle du Ciqua⁴ qui renseigne sur la composition nutritionnelle de plus de 3000 aliments bruts ou transformés les plus consommés en France.

Plans de surveillance et de contrôle (PSPC) : ceux-ci constituent une autre source. Pilotés en France par la *Direction générale de l'alimentation* (DGAL) du ministère de *l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire* – dans le cadre du dispositif de police sanitaire de la chaîne alimentaire – ils visent à surveiller la contamination des productions primaires animales et végétales, des denrées alimentaires d'origine animale, et de l'alimentation animale⁵. Ces plans s'appuient sur la réalisation de contrôles officiels depuis la production primaire (agriculture, élevage, pêche) jusqu'à la mise à disposition des produits sur le marché, pour vérifier la conformité des denrées aux exigences de la réglementation. Le dispositif assure la surveillance des contaminants chimiques (éléments traces métalliques, polluants organiques, résidus de médicaments vétérinaires, etc.), contaminants biologiques (bactéries, virus, toxines, parasites), contaminants physiques (radionucléides, ionisation) et OGM non autorisés. Les résultats des analyses réalisées dans le cadre des PSPC sont donc utilisables pour l'estimation de l'exposition de la population à ces dangers.

³ Voir fiche 08.07.Q12 Méthodes d'évaluation de la consommation alimentaire

⁴ <https://ciqua.anses.fr/>

⁵ <https://agriculture.gouv.fr/plans-de-surveillance-et-de-contrôle>

Études de l'alimentation totale (EAT) ou Total diet studies (TDS) : ce sont des études réalisées au niveau national, dont l'objectif est d'établir une photographie à un instant t de la contamination des aliments tels qu'ils sont consommés par la population⁶. Pour une liste couvrant 80 % à 90 % de la consommation, des produits alimentaires sont collectés et préparés tels que consommés (découpe, cuisson, assaisonnement, etc., de façon à représenter ce qu'il y a dans l'assiette). Les produits préparés sont analysés. La France a mis en place depuis les années 2000 ce type d'études, car elles constituent des outils de référence pour évaluer de manière détaillée les expositions alimentaires chroniques de la population aux substances chimiques présentes dans les aliments tels que consommés.

Avantages et inconvénients

Dans le cas d'une estimation aiguë de l'exposition alimentaire, on utilisera une donnée de concentration mesurée dans l'aliment, ou une estimation protectrice (soit une valeur réglementaire ou un centile élevé d'une distribution de concentrations).

Dans le cas d'une exposition chronique, on utilisera plus couramment, selon le contexte réglementaire :

- soit des concentrations médianes dans l'aliment, reportées par l'industriel dans le cadre des évaluations faites avant autorisation de mise sur le marché (comme des données d'usages des additifs, des arômes, de résidus de pesticides issus d'essais en plein champ supervisés ou de résidus de médicaments vétérinaires issus d'études de déplétion dans les tissus animaux respectifs, etc.) ;
- soit des concentrations moyennes mesurées dans l'aliment par les services de l'État, dans le cadre de la surveillance de la chaîne alimentaire et de la sécurité sanitaire des aliments (cas par exemple des données des PS/PC ou des EAT).

Comment évaluer l'exposition d'une population ?

Un calcul de l'exposition individuelle à un danger est schématisé selon la formule :

$$E_{i,s} = \sum_{a=1}^A C_{a,i} \times T_{a,s}$$

où :

- $E_{i,s}$ est l'exposition de l'individu i à la substance s (en $\mu\text{g}/\text{jour}$ dans le cas d'une estimation chronique, ou en $\mu\text{g}/\text{repas}$ dans le cas d'une estimation aiguë).
- A est le nombre total d'aliments a d'intérêt dans le régime de l'individu i selon l'enquête de consommation. Pour une exposition aiguë, ce peut être un seul aliment ou les aliments d'un même repas ; pour une exposition chronique, ce sera l'ensemble des aliments du régime de l'individu.
- $C_{a,i}$ est la consommation de l'aliment a par l'individu i (en g/jour ou g/repas) issu des enquêtes de consommation.
- $T_{a,s}$ est la teneur en substance s de l'aliment a (en $\mu\text{g}/\text{g}$ d'aliment).

Selon la quantité de données et les ressources disponibles, cette combinaison peut se faire selon plusieurs approches :

- une estimation "déterministe" utilisant des valeurs uniques pour la consommation et pour la concentration de la substance dans l'aliment ;
- une estimation "déterministe affinée" ou "semi-probabiliste", pour laquelle la distribution empirique de la consommation alimentaire est combinée à une concentration unique de la substance dans chaque aliment.
- une estimation "probabiliste" (ou "stochastique") qui utilise des techniques paramétriques ou non paramétriques pour générer une distribution des expositions à partir des distributions de consommation et de concentrations.

Dose apportée par chaque aliment		Quantité consommée (g/jour)		Teneur dans l'aliment ($\mu\text{g}/\text{g}$)		Poids corporel (kg)		Exposition ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$)	
ensemble du régime alimentaire		=	141,9	X	0,0093	/ 65	=	0,020	
		=	198,4	X	0,0009	/ 65	=	0,003	
		=	191,5	X	0,0076	/ 65	=	0,022	
		=	541,4	X	0,0025	/ 65	=	0,021	
		=	315,0	X	0,0007	/ 65	=	0,003	
						Total	=	0,070	($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$)

Calcul de l'exposition : essentiel pour évaluer les substances dans les aliments

⁶ Voir fiche 08.07.Q14 Études de l'alimentation totale et de sécurité sanitaire des aliments

L'exposition est parfois rapportée au poids corporel de l'individu (en kg), comme dans le cas de la plupart des contaminants chimiques. En effet, il est intuitif que l'exposition à une même quantité de contaminant d'un enfant de 30 kg ou d'un adulte de 70 kg n'aura pas le même effet. Une fois l'exposition individuelle calculée, il est possible d'estimer différentes statistiques comme la moyenne, ou différents centiles d'exposition comme le 95^e percentile⁷ (P95) qui représente souvent des forts consommateurs. Il est ainsi possible d'identifier les individus ou groupes d'individus les plus à risque, et les déterminants de leur exposition (âge, région, caractéristiques socio-économiques, etc.), ainsi que les aliments contribuant le plus à l'exposition totale.

L'approche par étapes

Une approche par étapes est généralement utilisée pour évaluer l'exposition alimentaire. Dans un premier temps, des méthodes de screening permettent d'identifier – parmi un grand nombre de substances susceptibles d'être présentes dans les aliments – celles qui ne posent pas de problème de sécurité sanitaire. Ces premières estimations reposent sur des hypothèses conservatrices, afin d'éviter toute sous-estimation de l'exposition, en particulier chez les forts consommateurs.

Cette première étape peut être suivie par des évaluations plus affinées, reposant sur des données plus précises de consommation et de concentrations dans les aliments. Ces approches visent notamment à mieux prendre en compte les situations d'exposition élevée, liées à la consommation importante de certains aliments ou à la présence de concentrations élevées dans certaines denrées.

Plus les méthodes utilisées sont affinées, plus les exigences en termes de qualité des données et de ressources nécessaires augmentent, afin de refléter au mieux les niveaux réels de contamination des aliments et les habitudes de consommation des populations.

• Ce qu'il faut retenir :

L'expologie alimentaire est au cœur de l'évaluation des risques sanitaires. Elle joue un rôle essentiel en santé publique, en permettant de comparer aux valeurs de référence les niveaux d'exposition des dangers auxquels sont exposés les consommateurs, d'identifier des populations à risque (enfants, forts consommateurs, consommateurs fidèles à certaines marques ou aliments) et ainsi d'adapter les politiques de mesures de gestion et de prévention.

Les méthodes d'évaluation des expositions alimentaires doivent être adaptées à l'objectif poursuivi. Des approches conservatrices ou maximalistes peuvent être utilisées dans une première étape, afin d'identifier et de prioriser les dangers, tandis que des approches probabilistes permettent d'obtenir des estimations plus fines et plus représentatives des expositions réelles.

Toutefois, l'amélioration de la précision des estimations, et donc la réduction des incertitudes, repose sur des exigences accrues en matière de qualité des données de consommation et de contamination, qu'il s'agisse de valeurs théoriques ou de données mesurées, impliquant des besoins plus importants en temps et en ressources budgétaires.

⁷ Le 95^e percentile est la valeur en dessous de laquelle se situent 95 % des mesures et au-dessus de laquelle se situent 5 % des mesures.