



ECHANGES AVEC LES PARTIES PRENANTES

Compte-rendu

Exposome et évaluation des risques : décryptage

3 octobre 2019

Espace Vocation République
2 rue René Boulanger
75010 Paris

Liste des participants

Parties prenantes

Prénom	Nom	Organisation
Anne-Claire	Charbonnier	Pour la Science
Antoine	Charpentier	Humanité & Biodiversité
Loïc	Chauveau	Science et Avenir
Annie	Gelibert	Yonne Nature Environnement
Francis	Glemet	Coordination médicale santé environnement
Nadine	Lauverjat	Génération Futures
Joëlle	Maraschin	Actuel-hse.fr
Loïc	Monod	Libération
André	Picot	ATC Toxicologie
Francis	Redon	FNE Ile-de-France
Isabelle	Troussicot	WECF
Bruno	Van Peteghem	ATC Toxicologie
Daniel	Vigier	FNE Auvergne Rhône-Alpes
Anita	Villers	Environnement développement alternatif

Ineris

Prénom	Nom	Fonction
Céline	Brochot	Responsable de l'unité DRC/VIVA/METO
Julien	Caudeville	Ingénieur à l'unité DRC/RISK/ISAE
Karine	Grimault	Responsable presse et événementiel
Lucile	Ottolini	Doctorante Inra/Ineris (LISIS)
Aurélie	Prévot	Responsable ouverture à la société
Eric	Thybaud	Responsable du pôle DRC/VIVA
Nathalie	Velly	Responsable de l'unité DRC/RISK/ISAE

Contexte

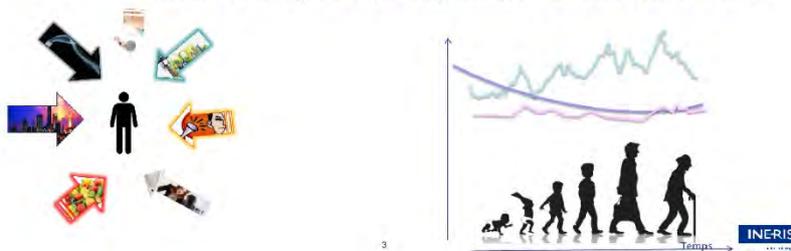
Le concept d'exposome a été introduit en 2005 dans le champ de la recherche en épidémiologie par le Pr Christopher Paul Wild, pour stimuler les travaux sur les déterminants « environnementaux » des pathologies humaines chroniques chez l'homme (cancer, diabète, maladies cardiovasculaires...), par opposition aux déterminants génétiques (génome). L'exposome se définit donc comme « l'ensemble des expositions à des facteurs non génétiques favorisant l'apparition de maladies chroniques, auxquelles un individu est soumis de sa conception *in utero* à sa mort ».

Exposome : définition

Dans sa forme la plus achevée, l'exposome englobe toutes les expositions environnementales au cours de la vie (y compris les facteurs liés au mode de vie), dès la période prénatale. Elaborer des outils de mesure fiables pour un historique aussi complet des expositions humaines est extrêmement difficile. 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.¹

Christopher P. Wild

Complementing the Genome with an "Exposome": The Outstanding Challenge of Environmental Exposure Measurement in Molecular Epidemiology, Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention, August 2005, 14:1847.



En parallèle, les politiques publiques ont intégré l'exposome dans les programmes d'actions menés en santé environnement. En France, la notion a été mobilisée pour la première fois en 2015 dans le cadre du 3^{ème} plan national santé environnement (PNSE3) pour permettre « une nouvelle approche de la santé environnementale ». Elle a ensuite été introduite dans la réglementation comme élément structurant des politiques de santé par l'article 1^{er} de la loi de modernisation de notre système de santé (loi 2016-41 du 26 janvier 2016)¹. Le PNSE4 en cours d'élaboration pour la période 2020-2024 s'articule donc autour de ce concept et « mieux connaître l'exposome » constitue l'un des quatre axes du plan.

Le recours parfois excessif au concept d'exposome comme clef de lecture des questionnements actuels en santé environnement présente l'inconvénient de généraliser l'usage du terme sans obligatoirement « donner du sens ». Ce « brouillage » est d'autant plus dommageable aux parties prenantes de la société civile impliquées dans les débats, car il rend difficile, pour des « non experts », la lecture des enjeux soulevés par l'exposome et l'appréhension des conséquences concrètes de son utilisation.

- La prise en compte du concept d'exposome change-t-elle le questionnement scientifique en santé environnement ? Quels sont les freins à une meilleure connaissance de l'exposome ?
- Comment appliquer le concept d'exposome dans les pratiques d'évaluation de risque sur le terrain ? Comment associer des données de nature différente pour traduire la réalité de la multi-exposition ?
- Comment l'ensemble des acteurs de la santé environnement peuvent-ils utiliser l'exposome pour mieux protéger les populations ? Comment la réglementation doit-elle le prendre en compte ?

¹ « La politique de santé comprend la surveillance et l'observation de l'état de santé de la population et l'identification de ses principaux déterminants, notamment ceux liés à l'éducation et aux conditions de vie et de travail. L'identification de ces déterminants s'appuie sur le concept d'exposome, entendu comme l'intégration sur la vie entière de l'ensemble des expositions qui peuvent influencer la santé humaine » (article L1411-1 du Code de la santé publique).

Points-clés de la présentation

Les facteurs environnementaux conditionnant l'exposome sont de nature très diverse : chimiques (substance seule ou en mélange), physiques (bruit, froid, chaleur, vibration, lumière, radiation, champs électromagnétiques...), biologiques (bactéries, virus, champignons...), psychologiques (stress, addiction...), sociaux ou socio-économiques (nutrition, accès aux soins, conditions de travail, conditions de vie...).

En sortant du champ scientifique pour irriguer le champ des politiques publiques, la notion d'exposome conduit à introduire, dans le processus d'évaluation des risques, l'ensemble des déterminants externes de la santé humaine. L'exposome peut ainsi permettre une meilleure évaluation des risques, plus complète, mais aussi le passage d'une politique publique focalisée sur la réduction de la contamination de l'environnement à une politique globale de la santé des populations.

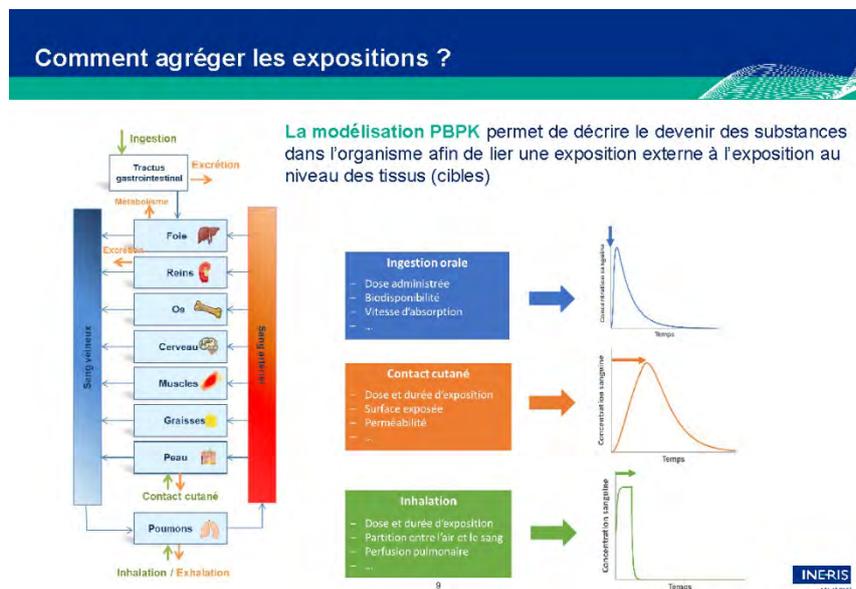
Ce faisant, la complexité de la notion d'exposome fait émerger de nouveaux défis pour l'expert des risques :

- Comment tenir correctement compte de la multiplicité des voies d'exposition (« expositions agrégées ») provenant de diverses sources dans l'évaluation des risques ?
- Comment y intégrer la temporalité des expositions et leurs effets associés (les expositions au cours des premières années de la vie peuvent induire certaines pathologies ou effets se manifestant plus tard) ?
- Comment maîtriser la variété des « stressseurs » auxquels un même individu est exposé (« expositions cumulées »), les connaissances se révélant, dans certains domaines, faibles ?

Dans l'optique de rendre opérationnel le concept d'exposome, l'Ineris explore deux pistes scientifiques différentes, « l'exposition externe », i.e. la façon dont l'individu est en contact avec des polluants spécifiques dans son quotidien (concentrations de contaminant mesurées dans l'environnement, transferts dans l'environnement, mode de vie des individus...); « l'exposition interne », c'est-à-dire la façon dont les contaminants environnementaux sont assimilés dans l'organisme (dose de contaminant disponible, caractéristiques physiologiques, processus biologiques internes...). Les travaux récents de l'Institut intégrant l'exposome s'efforcent de mettre en cohérence les méthodes d'évaluation de l'exposition externe et les méthodes d'évaluation de l'exposition interne.

Tenir compte des expositions agrégées : un guide d'élaboration d'indicateurs de dose interne

Au titre de l'action 34 du PNSE3, qui vise à élaborer des méthodes d'évaluation de l'exposition agrégée, l'Ineris a proposé en 2018 une approche fondée sur la modélisation toxicocinétique. Cette approche permet de déterminer des indicateurs de dose interne représentatifs de plusieurs voies d'exposition à une même substance.

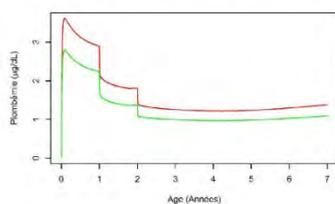


L'approche proposée par l'Institut repose sur la modélisation dite « PBPK » (*Physiologically Based Pharmacokinetic*), qui permet de prédire le devenir d'un polluant dans l'organisme, sur la base de données biologiques et de considérations physiologiques : absorption dans le sang, distribution dans les organes, transformations biochimiques (métabolisation), excrétion. La modélisation PBPK a pour avantage de pouvoir représenter la complexité des processus de l'organisme humain et donne la possibilité de déterminer la contribution de chaque voie d'exposition (inhalation, ingestion, contact cutané) à la dose interne.

La méthode a été testée par l'Ineris sur l'exposition au plomb des jeunes enfants. Le plomb est principalement absorbé par ingestion (particules de sol) et par inhalation (voie pulmonaire). Il est stocké dans le sang, les organes et les os ; il s'élimine par les urines. Le temps de résidence dans le sang et dans les os est très différent : la méthode a permis de vérifier que, dans le sang, la plombémie atteint un pic après la naissance avant de diminuer. Cela s'explique par la prise de poids de l'enfant (la dose absorbée étant proportionnellement moins forte) lors de la croissance, qui entraîne une dilution dans l'organisme. On observe le processus inverse dans les os, où les concentrations augmentent au fil des ans par accumulation et stockage du plomb dans la durée. Dans ce cas précis, la modélisation ne permet pas seulement d'agréger les voies d'exposition mais aussi de simuler les expositions au niveau des « organes cibles », c'est-à-dire où l'action toxique a lieu dans l'organisme.

Exemple: exposition au plomb des enfants

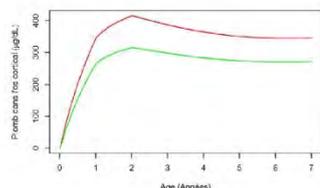
Prédiction des expositions internes en fonction de l'âge



Les fortes variations marquent les changements de régime alimentaire.

La plombémie atteint **un pic** après la naissance puis la concentration diminue. Ce phénomène s'explique par :

- la diminution de la dose absorbée relativement au poids de l'enfant
- la croissance qui entraîne une dilution de la concentration.



Accumulation dans les os avec des niveaux plus de 100 fois supérieurs à la plombémie.

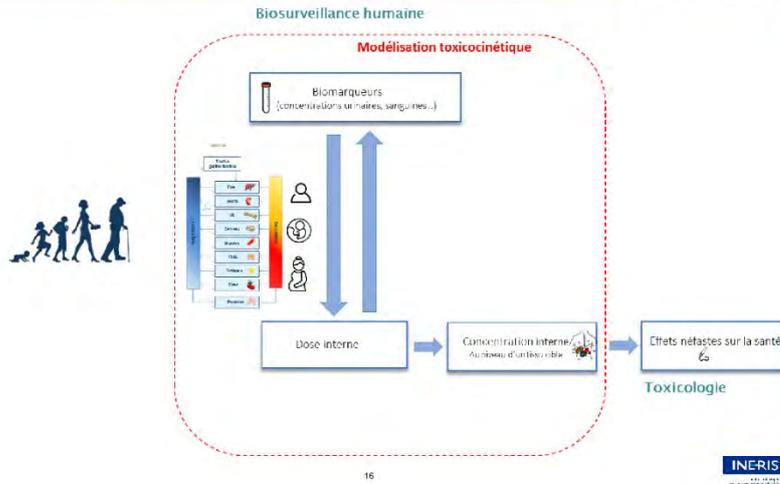
12

INERIS

Intégrer la temporalité des expositions : le projet européen HELIX

L'Ineris participe aux projets de recherche européens HELIX (Human Early-Life Exposome) et HBM4EU (Human BioMonitoring for EU), qui visent à caractériser l'exposome. Le projet HELIX (2013-2017) a eu pour objectif de développer des outils d'estimation des expositions dans la petite enfance (pré- et post-natales) à des facteurs environnementaux (métaux lourds, pesticides, polluants de l'air, bruit...). Le projet HBM4EU (2017-2021), est destiné à évaluer les expositions humaines aux substances chimiques en Europe, en faisant le lien entre l'exposition externe, l'exposition interne et les données collectées dans le cadre de la biosurveillance.

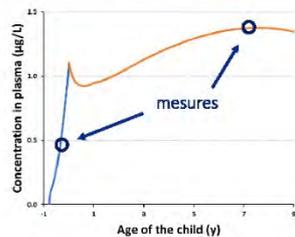
Aujourd'hui, les études de biosurveillance évaluent l'imprégnation des individus par une seule mesure, à un instant précis, par le biais d'un prélèvement non ou peu invasif. Dans le cadre du projet HELIX, l'Ineris s'est intéressé à la façon dont on peut aller plus loin que cette « photographie à l'instant T ». Comment prédire, à partir de cette mesure, les expositions sur de longues périodes, à d'autres âges de la vie (notion de « fenêtre de sensibilité » qui met en relief le rôle prépondérant de la relation « période d'exposition-effet toxique » par rapport à la relation « dose-effet ») là où l'action toxique a lieu (organes cibles) ?



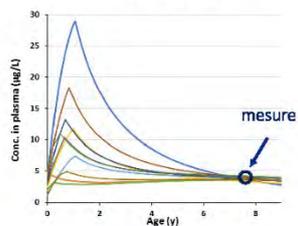
La méthodologie a été testée sur le cas de l'exposition des enfants aux composés perfluorés (PFOS, PFOA). Les études épidémiologiques montrent l'existence d'un effet de ces polluants persistants : afin d'améliorer la biosurveillance, la méthode a été utilisée pour reconstruire l'exposition des enfants de leur conception jusqu'à l'âge de 8 ans. L'objectif est de déterminer des indicateurs d'exposition interne en lien avec les effets sur la santé (reins, foie, cerveau). Pour ce faire, des données de biosurveillance collectées sur 350 enfants (prélèvements *in utero* et à 8 ans) ont été exploitées.

La méthode a fourni une représentation fidèle de l'exposition à différents stades de la grossesse, en intégrant le rôle plus ou moins important des transferts transplacentaires, et a abouti à reconstruire des expositions pendant l'enfance qui soient « réalistes ». Ce faisant, la méthode met en relief que des niveaux de marqueurs biologiques (« biomarqueurs ») similaires, mesurés à la naissance et pendant l'enfance, peuvent en réalité correspondre à des scénarios d'exposition très différents (recours ou non à l'allaitement par exemple). Par ailleurs la méthode permet de tenir compte des différences interindividuelles, en identifiant des profils d'exposition en fonction des caractéristiques de chaque enfant.

Résultats: exposition lors de l'enfance



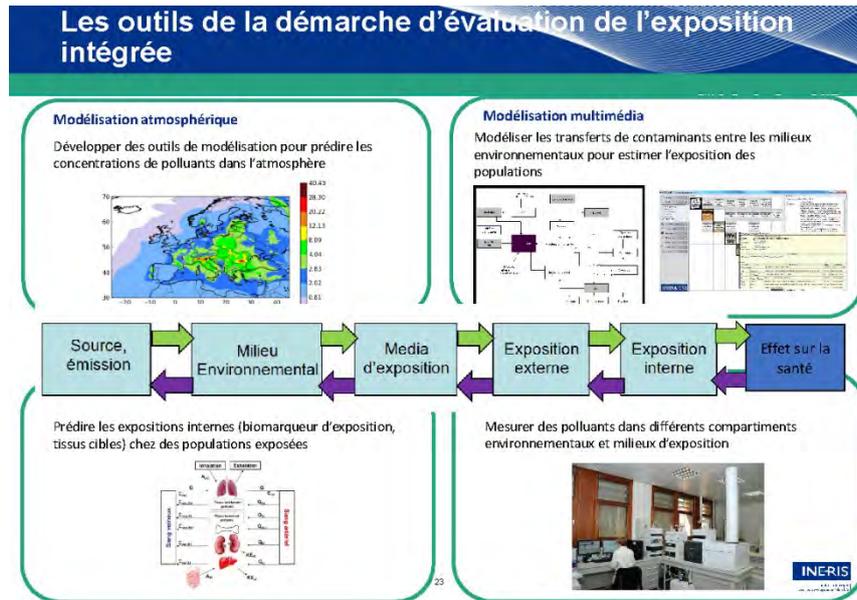
Nous avons pu reconstruire les expositions réalistes des enfants grâce à la modélisation PBPK et aux données individuelles collectées lors des études de biosurveillance.



Des concentrations similaires à la naissance et pendant l'enfance peuvent correspondre à des scénarios très différents.

Mettre en œuvre le concept dans sa globalité sur le terrain : le projet CARTO EXPO

L'Institut a conduit le projet CARTOEXPO dans le cadre du plan d'action national Ecophyto II. Achevé en 2019, ce projet a testé la faisabilité d'une méthode « intégrée », i.e. permettant de cartographier les expositions cumulées des populations à différents pesticides de la famille des pyréthrinoïdes. La méthode, appliquée sur la région Picardie en utilisant les données de l'année 2013, combine dans un système d'information géographique (SIG) des modèles de contamination de l'environnement (modèle de pollution atmosphérique), d'exposition à l'environnement contaminé (modèle « multimédia » intégrant les transferts dans l'environnement et toutes les voies d'exposition) et d'imprégnation biologique (modèles pharmacocinétiques PBPK).



La mise en pratique de la méthode a permis de comparer l'exposition « interne » modélisée aux données biologiques mesurées, dans les 6 derniers mois avant l'accouchement, sur des couples mères-enfants, au sein de cohortes constituées pour les projets de recherche MécoExpo et HypoMeco (laboratoire PériTox, université de Picardie-Jules Verne).

Une recherche plus large : l'étude CartoExpo sur épandage de phytosanitaires

Territoire : région Picardie

Année : 2013

Population : deux classes d'âge - enfants (0 à 3 ans) et adultes (17 à 70 ans)

Résolution spatiale : mailles de 2 km de côté

Résolution temporelle : Epandage : 30 mn; émission, compartiment air et sol - 3 h ; exposition - 1 semaine

Voies d'exposition : inhalation et ingestion

Sources : usage phytosanitaire (non prise en compte des biocides) et de provenance commerciale

Substances : Isoproturon, 2,4 MCPA, Deltaméthrine, Cyperméthrine, Chlorpyrifos

Doses internes : organe cible (ex. cerveau) et matrice biologique observable (sang, urine)

Deltaméthrine
Cyperméthrine
Isoproturon
2,4 MCPA
Chlorpyrifos



L'originalité de ce projet est d'associer des approches classiques et des outils innovants pour évaluer l'exposition cumulée, depuis la source de pollution jusqu'au devenir du polluant dans les populations étudiées. Ce type de méthode novatrice est confrontée à la difficulté de devoir s'appuyer sur des bases de données disponibles, qui, pour la plupart, n'ont pas été initialement conçues dans l'optique d'évaluer l'exposition cumulée des populations. S'agissant des pesticides, le défi est d'autant plus grand que les expositions à cette famille de polluants se caractérisent par la multiplicité des voies d'exposition (alimentation, eau, air, sol).

En intégrant la multiplicité des voies d'exposition (ingestion et inhalation), la méthode permet d'analyser les déterminants de l'exposition, i.e. d'estimer la contribution des différentes voies dans l'exposition cumulée (faible part de l'inhalation dans le cas d'application choisi). La méthode donne également une information sur l'évolution dans le temps des doses internes et fournit une cartographie des concentrations internes, à la fois des substances d'origine et de leurs métabolites. Enfin la méthode permet d'analyser la variabilité des expositions en fonction de classes d'âge, de modes de vie et de localisation géographique, ce qui permet d'identifier les populations potentiellement vulnérables et les zones de surexposition potentielle aux contaminants de l'environnement.

Eléments de discussion

Les principes et le périmètre des travaux méthodologiques sur l'exposome

Les participants reviennent sur les modèles PBPK et sur leur fiabilité : les modèles pharmacocinétiques sont une représentation mathématique du corps humain, qui mettent en équation les processus biologiques et physiologiques. L'organisme est schématisé en plusieurs compartiments reliés par la circulation sanguine. Chaque compartiment est dimensionné au moyen de paramètres physiologiques.

La discussion aborde plus largement le lien entre la biosurveillance et l'épidémiologie : l'accent est mis sur la nécessité de bien distinguer la biosurveillance humaine, au sein de laquelle sont déployées les méthodes PBPK, des études épidémiologiques. Les deux approches sont complémentaires : les études épidémiologiques se déploient sur le long terme afin d'étudier le lien entre une substance et des effets sur la santé. Le travail sur l'exposome qui intègre la biosurveillance a vocation à prévenir les risques et orienter les travaux en épidémiologie.

Les participants s'interrogent également sur le lien entre ces méthodes d'évaluation des expositions et l'évaluation des dangers toxiques et des risques sanitaires. Ces approches ont vocation à être mises en cohérence avec les travaux sur les dangers des substances et les risques sanitaires. De même, l'Ineris participe à des groupes d'expert sur la contamination des milieux, pour rendre cohérente l'approche sanitaire et l'approche environnementale.

Les potentialités de la modélisation sont également évoquées dans le cadre de situation post-accidentelle de type incendie de Lubrizol ou incendie de Notre Dame de Paris. En situation accidentelle, les méthodes sur l'exposome, relativement longues et complexes à mettre en œuvre, sont confrontées à une difficulté majeure : la disponibilité, la pertinence et la qualité de la donnée recueillie. Cela posé, le travail post-accidentel permet de compléter des données fragmentaires et d'évaluer les expositions chroniques.

Les participants s'interrogent également sur le recours à ces méthodes d'évaluation des expositions dans le cadre du récent débat sur les distances d'épandage des produits phytosanitaires. Les travaux de l'Ineris ne sont pas adaptés dans ce cadre : les modèles utilisés sont très différents, leurs objectifs également. Les modèles de calculs de distance prennent en compte les conditions réglementaires d'utilisation des produits, qui peuvent être éloignées de la réalité. L'AMM considère l'exposition uniquement au moment de l'épandage, sans tenir compte des conditions réelles d'utilisation et des processus de transferts dans l'environnement après épandage (revolatilisation...). L'exposition des

riverains au moment de l'épandage est par ailleurs soumise à une évaluation de risques. L'autorisation est alors donnée à telle ou telle distance si le risque est jugé acceptable.

La question de l'application des méthodes développées par l'Ineris aux expositions professionnelles est posée. Techniquement, ces méthodes sont applicables en environnement professionnel. Bien qu'il ait des missions dans le domaine de l'hygiène professionnelle, l'Ineris n'est cependant pas l'organisme de référence dans ce domaine. L'Institut apportera sa contribution si l'INRS voit une pertinence à utiliser ce type de méthode dans le domaine professionnel.

Les limites des travaux méthodologiques actuels

Les participants ont très largement échangé sur la question de la donnée : sa disponibilité, sa pertinence, sa qualité, son exploitation. Comment prioriser les substances ? Sur quelles bases de données s'appuyer ? Comment éviter les biais dans l'exploitation de données ? Dans le projet CARTO EXPO, le choix des substances a été guidé par les substances déjà surveillées sur les cohortes des projets picards. Une deuxième priorisation a été conduite sur la base du niveau de danger (toxicité) et de la disponibilité des bases de données. Les substances n'ont en revanche pas été choisies sur un critère d'impact sur les écosystèmes. S'agissant de pesticides, la base de données utilisée est la Banque Nationale des Ventes de produits phytopharmaceutiques (BNVD), administrée par l'Ineris. La BNVD ayant intégré le code postal d'achat, elle se rapproche d'une base de données d'achat ; l'Ineris et l'Inra travaille ensemble à une méthode d'estimation de la distribution géographique des achats de pesticides (redistribution des quantités achetées au niveau de la parcelle). Les cahiers d'épandage sous la responsabilité des Chambres d'agriculture n'étant pas une base assez robuste, l'Institut a proposé un projet de recherche pour confronter les travaux de spatialisation et les données contenues dans les cahiers.

La question est posée de la pertinence de recourir à des méthodes ne croisant pas avec des données de santé. Les approches méthodologiques développées par l'Ineris donnent la possibilité technique de faire ce croisement. Le projet de démonstrateur que constitue le projet CARTO EXPO n'avait en revanche pas vocation à intégrer des données de santé, en particulier dans une optique d'identifier des cas particuliers de surexpositions (individus ou groupes d'individus). Son objectif était d'établir une méthode solide pour estimer les contributions des voies d'exposition à l'exposition globale des populations. Ce travail d'estimation fournit des indications aux décideurs publiques, dans le cadre des Plans régionaux santé environnement (PRSE), pour identifier les populations surexposées et prioriser les actions de réduction des expositions. Des projets de recherche ont été proposés par l'Ineris pour travailler au croisement des données de santé et des données environnementales. La question des données de santé, individuelles, pose la contrainte de la protection des données personnelles, qui rend le travail de recherche plus délicat à mener : jusqu'à présent l'Institut travaille sur des données agrégées pour analyser la variabilité des résultats et construire des hypothèses qui permettraient d'orienter les études épidémiologiques.

Les participants discutent également de la prise en compte des nouvelles molécules de synthèse, souvent de plus en plus à mesurer et à contrôler. Les bases de données sont souvent anciennes, et les mesures réalisées avec des équipements dont les limites de détection sont dépassées. Cette situation a deux conséquences : une absence d'action (ou au contraire l'application du principe de précaution sans lien avec le risque réel). L'évolution des techniques entraîne l'émergence de méthodes à spectre large mais moins sensible (par exemple méthode de screening multi-résidus permettant de quantifier 20 à 30 molécules avec un même échantillon). Dans une optique d'amélioration des techniques d'analyse, l'Ineris s'intéresse aux méthodes d'« analyse non ciblée » (*non target screening*), en particulier au sein du réseau européen NORMAN.

Quelles perspectives pour l'évaluation de l'exposome ?

Les participants s'intéressent au processus de validation scientifique du modèle d'exposition cumulée en cours de développement : le projet CARTO EXPO a permis de combiner des modèles qui étaient pour certains déjà validés. En revanche, l'utilisation qui en est faite de façon combinée peuvent les faire

sortir du champ pour lesquels ils avaient été validés. La question de la validation n'a pas encore été traitée à ce stade. Deux approches sont envisagées : la validation de chaque partie du modèle avec des données de terrain en s'appuyant sur un réseau de partenaires ; la confrontation des produits de sortie du modèle dans son ensemble avec les données de biosurveillance, afin d'être en mesure d'apprécier les possibles distorsions entre les projections et la réalité. L'objectif final reste de réduire les incertitudes et les biais scientifiques liés à la mise en œuvre de la méthode elle-même.

La discussion aborde la question de la prise en compte, dans la méthode, des mélanges de substances. Les travaux les plus récents de l'Institut ont commencé à aborder cette question. Certains programmes de l'Institut étudient l'intégration de stressors de nature différente des stressors chimiques (UV, champs électromagnétiques...). L'exposome se révèle un concept très stimulant et prometteur pour obtenir une vision globale de l'exposition mais en pratique, l'état d'avancement des connaissances nécessite encore de travailler par secteur, domaine par domaine, substance par substance. La dose interne dispose d'un indicateur d'exposition cumulée, le biomarqueur, mais tous les outils ne sont pas encore disponibles pour la « dose externe ». De façon plus générale, plus il y aura une volonté d'être exhaustif et complet, plus on perdra en précision scientifique. Dans le cadre des politiques publiques, la méthode doit servir à la construction d'indicateurs cumulatifs : on sort du champ strictement scientifique ; les choix n'ont pas vocation à être faits sur les seuls critères techniques.

Les participants s'interrogent sur l'intégration de la notion de multi-exposition dans les méthodes développées par l'Ineris. Les approches multi-résidus sont intéressantes pour évaluer plusieurs expositions à une substance ; en revanche, les effets cocktail sont très difficiles à étudier (l'exposition unique à une combinaison de substances). Sur les substances chimiques, l'Ineris essaie d'appréhender ce type d'effets par le biais de ses réflexions sur les modes d'action des substances.

Les participants questionnent la prise en compte des substances émergentes dans les méthodes d'évaluation de l'exposome (perturbateurs endocriniens, nanos...). L'Ineris travaille par exemple sur la toxicité des nanos par inhalation ou sur le développement de méthodes d'analyse des nanos dans l'environnement. Mais les substances aujourd'hui prioritairement visées dans l'exposome sont des substances classiques (comme en témoigne la liste des substances dans le projet européen HBM4EU par exemple). Les expositions à ces substances non émergentes étant encore assez marquées, le besoin de données reste fort. Les substances émergentes posent la question de la définition du concept d'« émergent » : il serait pertinent d'appliquer la notion à l'impact de la substance plutôt qu'à la substance elle-même.

Documentation

- WILD, Christopher Paul. *Complementing the Genome with an “Exposome”*: The Outstanding Challenge of Environmental Exposure Measurement in Molecular Epidemiology. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* (2005) : <https://cebp.aacrjournals.org/content/14/8/1847>
- Les plans nationaux santé-environnement (PNSE) : <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/les-plans-nationaux-sante-environnement/article/plan-national-sante-environnement-4-pnse-4-mon-environnement-ma-sante-2020-2024>
- Guide pour l'élaboration d'indicateurs de dose interne représentatifs de plusieurs voies d'exposition, sur la base de l'exemple de l'exposition au plomb des jeunes enfants
- Prise en compte de la temporalité des expositions : le projet européen HELIX <http://www.projecthelix.eu/fr> et le projet européen HBM4EU <https://www.hbm4eu.eu/>
- Mise en œuvre du concept d'exposome dans sa globalité sur le terrain : le projet CARTO EXPO <https://www.ineris.fr/fr/ineris/actualites/construction-methodologie-integrative-caracterisation-exposition-spatialisee>
- Dossier thématique sur les travaux de l'Institut relatifs aux inégalités environnementales : <https://www.ineris.fr/fr/risques/dossiers-thematiques/tous-dossiers-thematiques/inegalites-environnementales>

Contact

Aurélie PREVOT, Responsable ouverture à la société et communication scientifique

aurelie.prevot@ineris.fr – 03 44 55 63 01 – 06 20 90 03 48

Ineris en bref

L'Ineris est l'expert public pour la maîtrise des risques industriels et environnementaux. Ses activités de recherche, d'appui aux politiques publiques et ses prestations de soutien aux entreprises contribuent à évaluer et prévenir les risques que les activités économiques font peser sur l'environnement, la santé, la sécurité des personnes et des biens. Etablissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement, l'Ineris a été créé en 1990 et compte 530 collaborateurs. Son siège situé à Verneuil-en-Halatte (Oise) accueille 30 000 m² de laboratoires et de plates-formes d'essais, qui permettent de mener des expérimentations « sur mesure » à moyenne et grande échelle.

Les compétences de l'Ineris sur l'évaluation des expositions environnementales

Le cœur de l'expertise de l'Ineris est d'évaluer les propriétés dangereuses des substances chimiques, leur présence dans l'environnement et les risques liés à leur utilisation industrielle. C'est par ce biais que l'Institut a été amené de longue date à traiter des polluants chimiques de l'environnement sous l'angle de la santé des populations. L'Ineris étudie les expositions environnementales sous deux aspects :

L'évaluation de « l'exposition externe » liée à des contaminants spécifiques. L'impact d'un environnement dégradé sur la santé a d'abord été pris en compte à l'échelle de l'installation industrielle (méthodes d'évaluation de risques sanitaires). Cette approche territorialisée a progressivement changé de dimension pour s'intéresser à l'exposition en relation avec une zone géographique plus étendue (région par exemple). L'émergence de la notion d'« inégalités environnementales » a enfin mis en lumière la nécessité de cartographier les situations de surexposition des populations sur l'ensemble du territoire national.

L'évaluation de « l'exposition interne » aux contaminants environnementaux. Dans ce cadre, les méthodes de modélisation mathématique (en particulier les modèles toxicocinétiques dits « PBPK ») contribuent à identifier des marqueurs biologiques (« biomarqueurs ») établissant le lien entre l'exposition externe et la présence de contaminants dans l'organisme d'une part, et faisant le lien entre ces expositions et les effets sur la santé d'autre part.

Domaines d'expertise de l'Institut

Risques chroniques

- mesure et prévision de la qualité de l'air ;
- pollution des milieux aquatiques ;
- toxicité des substances chimiques pour l'homme et les écosystèmes ;
- exposition des populations ;
- coûts et efficacité de la prévention des pollutions ;
- champs électromagnétiques ;
- économie circulaire et déchets ;
- sites et sols pollués ;
- substances nanométriques.

Risques accidentels

- sécurité industrielle ;
- transport de matière dangereuse ;
- sécurité des substances et procédés chimiques ;
- équipements de sécurité ;
- incendie, explosion, dispersion toxique ;
- malveillance ;
- nanosécurité ;
- nouvelles filières énergétiques.

Risques sol/sous-sol

- mines, après-mine et industries extractives ;
- cavités de dissolution, fronts rocheux et pentes ;
- ouvrages géotechniques, barrages et géostructures ;
- stockages souterrains, réservoirs et forages profonds.

Certification

- Atmosphères explosives ;
- écotechnologies ;
- sécurité fonctionnelle ;
- nano-technologie ;
- pyrotechnie.

