

FRANCK MAROT - PLACES, DEMARCHE ET LIMITES DE L'ÉVALUATION DES RISQUES APPLIQUÉE A LA GESTION DES SOLS POLLUÉS

Bonjour à toutes et tous. Donc on m'a chargé de faire une intervention sur l'évaluation des risques et notamment la gestion des incertitudes dans ces évaluations des risques en lien avec des sites et sols pollués. Donc j'ai souhaité dans un premier temps repositionner l'évaluation des risques dans la gestion de ces sites. Vous allez voir que ce n'est pas systématique. C'est comme les antibiotiques, ce n'est pas automatique la gestion des risques. On peut gérer des sites sans passer par l'étape d'évaluation des risques. Une introduction où je vais faire un bref rappel des missions de l'ADEME qui sont sans doute moins connues dans le domaine des sites pollués que dans le domaine de l'énergie ou des déchets. Donc place de l'évaluation des risques dans la démarche de gestion des sites pollués. Troisième étape c'est donc les principales étapes de l'évaluation des risques en focalisant sur les sources d'incertitudes et les façons, les solutions qu'on a pour sécuriser les prises de décisions qui sont adossées à ces évaluations de risques et je terminerai avec des conclusions et recommandations. Alors le rôle de l'ADEME dans le domaine des sites et sols pollués alors avait un contre-exemple juste avant puisqu'on n'intervient pas sur les sites radioactifs. Il y a des gens comme l'ANDRA par exemple qui sont plus compétents que nous. Donc nous on intervient sur tous les autres types de polluants chimiques. On a un rôle qui est celui de, en fait on prend la place des industriels défaillants quand ils font faillite malheureusement et qui laissent derrière eux des passifs environnementaux importants. Donc c'est l'état français qui prend à sa charge la gestion de ces sites en nous confiant les missions de maîtrise ouvrage. Donc on intervient actuellement sur quasiment 240 sites sur le territoire national donc on a des activités de soutien à la recherche sur la thématique des sites et sols pollués et puis d'autres activités que je passe brièvement même si elles sont importantes aussi évidemment.

Un petit focus sur la maîtrise d'ouvrage. Donc on intervient sur des typologies de sites très diverses allant du traitement de surface jusqu'à l'exploitation minière, alors hors sites radioactifs évidemment donc ça va être des mines de plomb, de cadmium, de ce que vous voulez, en passant par les fonderies, en partant de la station-service jusqu'à la raffinerie. On intervient sur deux raffineries actuellement quand même. On intervient sur tout type de matrice contaminée, sol, eau, air et matrices associées et dans des contextes parfois tendus. Alors on a vu des exemples tout de suite là, on a aussi malheureusement nous aussi des dossiers parfois un peu chauds, quand on est amenés à recommander la fermeture de logements, le relogement des personnes, la fermeture d'école, de captages d'alimentation en eau potable, suspendre des productions agricoles j'en ai parlé tout à l'heure lors d'une intervention, etc. La nature des interventions ça va être de la mise en sécurité des sites donc tout d'abord évacuer des déchets par exemple, conduire des investigations, réaliser des travaux, contrôler, communiquer. Là aussi on est de plus en plus amenés à faire des réunions de concertation avec les parties prenantes, toutes les parties prenantes sur les dossiers, pérenniser les actions évidemment et engager des recours. Il n'y a pas d'impunités sur ces sujets-là, on essaye en tout cas, donc on a un service juridique qui travaille avec un cabinet d'avocats pour engager des recours contre les responsables. Ça nous rapporte peu mais quelques millions d'euros depuis le début de ces engagements et c'est aussi pour montrer que finalement voilà on ne laisse pas tomber. S'il y a quelqu'un qui est vraiment fautif et que la justice le reconnaît ben s'il y a moyen de récupérer de l'argent on les lâche pas.

Alors les places de l'évaluation des risques. Alors bon juste un bref rappel puisque ça a déjà été un petit peu discuté par Cécile Le Guern tout à l'heure. Donc on France on gère les sites pollués en fonction des risques et des usages, donc c'est ce qu'on appelle le principe de spécificité qui est un

principe qui n'est pas partagé par tous les pays. Il y a d'autres pays où ils ont des valeurs seuils de concentration dans les différentes matrices, y compris les sols pour dire « Voilà, au-dessus de cette concentration on a interdiction de pratiquer tel usage ». En France on n'a pas ça, on a une étape qui est une étape de l'évaluation des risques. Alors quand on a un principe de spécificité avec une diversité de sites comme je les ai décrit tout à l'heure, pour assurer une cohérence au niveau national on a besoin d'outils méthodologiques évidemment. Donc depuis 2007 il y a deux nouveaux outils qui ont été développés, l'un qui s'appelle l'IEM, l'interprétation de l'état des milieux, qui est une démarche qui a pour objectif de vérifier que l'état d'un site est compatible avec les usages qui sont pratiqués, et puis on a le plan de gestion qui vise à gérer les situations dégradées, soit à l'issue d'une IEM quand on a constaté une dégradation, soit dans le cadre de la reconversion d'un site en vue de garantir sa compatibilité avec les usages futurs. Donc juste pour information, actuellement ces outils sont en cours de révision et donc ils sont en consultation sur le site du ministère, donc vous avez jusqu'à fin avril pour faire des remarques sur les propositions qui sont faites.

Alors les places de l'évaluation des risques. Donc au niveau de ces deux outils, premièrement l'IEM, en IEM, Cécile Le Guern en a parlé un petit peu tout à l'heure, la première des questions c'est « Est-ce que les milieux d'exposition présentent-ils des anomalies par rapport à des référentiels ? ». Donc on a vu effectivement aussi quelques référentiels par exemple pour le cuivre dans les sols, pour le plomb dans les sols, donc quels types de référentiels j'y reviendrai brièvement tout à l'heure. Et s'il n'y a pas d'anomalie par rapport à des référentiels type bruits de fonds par exemple, dans ce cas-là circulez y'a rien à voir, cette matrice présente pas de problème par rapport à la problématique de gestion des sites ou des sols qu'on est en train d'étudier. Si par contre on dépasse le référentiel, la vraie question c'est « Est-ce que ça pose un problème finalement par rapport à l'usage ? » et donc c'est là qu'intervient l'évaluation des risques. Au niveau du plan de gestion, pareil la première des questions à étudier c'est d'agir sur les sources, c'est la priorité, agir sur les sources de pollution et couper les voies de transfert. Donc on ne va pas faire de l'évaluation des risques sur des tas de déchets, c'est complètement stupide. Donc c'est plus une fois qu'on aura géré ces sources, ces déchets, ces voies de transfert. S'il y a une pollution résiduelle dans ce cas-là on va engager l'évaluation des risques pour vérifier au travers d'une ARR, une analyse des risques résiduels, que le site est compatible avec son usage. Donc bref, l'évaluation des risques c'est conditionnel, ce n'est pas systématique comme je disais tout à l'heure.

Alors un focus sur les référentiels, je vais insister plus sur l'air intérieur parce que c'est quand même une matrice importante en sites et sols pollués. On a des quartiers, il faut savoir, il y a des quartiers autour de sites qui ont contaminé les sols et la nappe par des composés volatiles donc qui sont véhiculés ensuite par les eaux souterraines et il y a des remontées de ces composés volatiles par dégazage de la nappe hydraulique en aval, hydrogéologique, et des remontées de vapeurs qui vont s'accumuler sous les dalles des bâtiments. Alors ça va être des maisons, des bureaux, des immeubles et contaminer l'air intérieur progressivement alors on a des quartiers comme ça entiers qui peuvent être concernés par ce genre de problèmes. Donc les référentiels pour l'air intérieur, il y a donc par exemple pour le benzène un décret de 2011, il y a aussi des valeurs repères qui sont proposées par le conseil santé publique ou des valeurs de qualité de l'air intérieur proposées par l'ANSES. Ce qui est important, au-delà du référentiel et avant de rentrer dans une démarche d'évaluation des risques quand on dépasse ce référentiel, ou quand il n'y a pas de référentiel aussi ça peut arriver selon les molécules, c'est de tenir compte des phénomènes de confusion et je pense notamment par exemple quand on fait des mesures de benzène dans un logement, si c'est un logement de fumeur il ne faut pas tout suite imaginer que c'est effectivement le site pollué qui est en amont qui génère ce panache de benzène. C'est tout à fait possible aussi mais il faut d'abord le démontrer et c'est important, au-delà d'aller comparer à la valeur par exemple du décret de 2011 pour le benzène, on va aussi

contrôler la qualité des gaz du sol pour vérifier si c'est bien des phénomènes de remontée de vapeurs, donc les caves, les vides sanitaires pour vraiment relativiser les concentrations qui sont mesurées et ne pas se tromper de source parce que les modalités de gestion évidemment qui vont en découler seront forcément différentes. Je ne reviens pas sur les référentiels sols parce que ça a déjà été un petit peu abordé avec notamment le programme Aspitet qui a été mentionné ce matin. Juste peut-être, un autre outil proposé par l'INRA qui est tout à fait intéressant c'est le RMQS, le réseau de mesure de la qualité des sols qui permet de focaliser sur les secteurs donnés du territoire national pour voir si par rapport à un secteur où se trouve un site, si on est vraiment dans des zones anormales ou pas. Bon vous l'avez compris, en absence de référentiel ou en cas de dépassement on engage cette fameuse évaluation de l'exposition et des risques. Alors l'exposition, tout d'abord la notion de dangers et de risques. Le danger ça va être une matrice polluée, on peut imaginer un sol pollué, des salades contaminées, etc, ensuite une première étape du risque c'est « Est-ce qu'on peut être en contact et être exposé en fait à cette matrice polluée ? » et puis ensuite « Est-ce que cette exposition risque de générer des effets adverses pour la santé ? », donc ça c'est une autre étape du risque. Donc tout ça pour dire que tout est toxique, rien n'est toxique. Tout est question de dose et l'évaluation du risque, ou des risques, repose sur l'identification des dangers et la détermination des doses d'exposition. Donc c'est autour de ça qu'on va évidemment voir débarquer tout un tas d'incertitudes qu'il va falloir gérer et considérer dans notre évaluation.

Alors comment peut-on être exposé ? On peut être exposé par ingestion, avec des eaux contaminées, des aliments, des sols, des poussières, par inhalations de gaz, de poussières, par contact cutané également et puis il y en a une quatrième, qui nous concerne pas nous à l'ADEME, mais qui concerne les dossiers qui ont été présentés juste avant moi, puisque effectivement dans le domaine de la radioactivité on peut être exposé par une quatrième voie qui est la radiation en fait, donc à distance, sans même être en contact avec la matrice. Donc le schéma conceptuel qui centralise évidemment sur une problématique de sols pollués ou de matrices polluées, on va regrouper sur ce schéma conceptuel l'ensemble des expositions et des milieux d'exposition et essayer ensuite de voir comment les gens sont exposés et essayer de quantifier l'exposition des personnes. Donc l'évaluation des risques, pour la petite histoire ça a été développé aux États-Unis dans les années 80, c'est structuré en quatre étapes que vous avez sous les yeux : l'identification des dangers, la définition des relations dose-réponse, l'estimation des expositions et la caractérisation des risques. Donc chacune de ces étapes est génératrice d'incertitudes et on va pouvoir les détailler à présent.

Alors tout d'abord l'identification des dangers. Donc pour chacune des substances pertinentes identifiées à l'issue d'un diagnostic, donc là c'est l'importance d'un historique de site pour pas passer à côté de certaines substances notamment. Donc on va chercher à identifier les types de pathologies, les organes cibles qui sont visés par les substances au niveau de l'organisme, les types d'effets (systémiques, cancérogènes, génotoxique, etc) et puis les effets à seuil et sans seuil de dose. Alors ça c'est un point important sur lequel je vais revenir tout de suite. Donc en toxicologie en fait pour présenter ça de façon un peu caricaturale et un peu mathématique on va dire, les toxicologues distinguent deux types d'effets. Il y a les effets à seuil de dose, donc les effets à seuil de dose c'est ceux pour lesquels en dessous d'une certaine dose d'exposition le risque de voir apparaître l'effet est nul et dès qu'on est au-dessus du seuil, ça veut pas dire qu'on est certain d'avoir l'effet, de voir apparaître l'effet mais par contre il y a une possibilité de le voir apparaître et ça évidemment ça va être fonction de la sensibilité des personnes, les enfants, les personnes adultes, etc, les personnes âgées, les femmes enceintes, etc. Donc ça c'est les effets qui sont les plus faciles à gérer sur le plan du risque parce qu'effectivement on peut identifier. Il suffit de se caler au seuil de dose au maximum pour dire « Ben là on est sûrs qu'il n'y aura pas d'effet ». Par contre il y a d'autres effets, les effets

sans seuil de dose, notamment certains effets cancérigènes pour lesquels aussi faible que soit la dose on a pas été capables, les toxicologues n'ont pas été capables de déterminer un seuil en dessous duquel le risque était nul. Donc la seule chose qu'ils peuvent nous dire c'est « Plus vous allez être exposé, plus la probabilité de voir apparaître un effet est importante ». Donc il y a deux démarches d'évaluation des risques qui découlent de ces deux types d'effets et deux modalités d'appréciation de l'acceptabilité du risque qui sont bien distinctes. Il y aurait toute une parenthèse à faire sur l'acceptabilité du risque dont parlait monsieur tout à l'heure. Ça fera peut-être partie des questions tout à l'heure parce que là je n'ai pas le temps d'en parler mais en réponse ça me plairait d'y répondre.

Alors deuxième étape la relation dose-réponse, donc la valeur de référence toxicologique c'est ce qui établit le lien en fait entre la dose d'exposition et le risque de voir apparaître donc un effet. Alors cette valeur de référence toxicologique elle est spécifique à des substances, même à des formes chimiques de substance on le verra, à des voies d'exposition, inhalation, ingestion, aux durées d'exposition, on a différentes valeurs pour une même substance, on peut avoir différentes valeurs pour des effets aigus, sub-chroniques ou chroniques. Chroniques on va dire vie entière par exemple. Et puis les types d'effets, alors seuil, sans seuil je viens d'en parler et évidemment des organismes producteurs. Alors elles viennent d'où ces valeurs référence toxicologiques ? Elles sont établies en fait par des comités d'experts, en général internationaux, sur la base soit d'expérimentations, alors animales ou sur des cellules, soit d'études épidémiologiques auxquelles on accorde plus de crédibilité on va dire. Sachant que ces comités d'experts introduisent, enfin ont pour objectif naturellement de développer des VTR qui sont sécuritaires et qui protègent toutes les populations, y compris les plus sensibles et donc ils introduisent des facteurs d'incertitude. C'est vraiment un point clé parce que c'est l'objet de ma présentation, un point-clé de l'évaluation des incertitudes. Les facteurs d'incertitude qui sont associés aux valeurs de référence toxicologiques sont très importantes et je dirais qu'au-delà d'aller sur furetox qui est le petit logiciel mis à disposition en France par l'INVS pour récupérer des valeurs de référence toxicologique pour des substances. Au-delà d'aller récupérer la valeur de référence toxicologique il est vraiment extrêmement important aussi de regarder au-delà des effets, des organes cibles, etc de regarder aussi les facteurs d'incertitude qui accompagnent ces valeurs de référence toxicologiques parce que ça donne vraiment du poids dans la discussion ensuite, en fin d'évaluation des risques, de dire « Voilà là on a en plus une VTR qui est vraiment consolidée, qui est issue d'étude épidémiologique, issue de centaines de milliers de personnes qui ont été exposées de cette façon, ou alors est-ce que finalement c'est de l'expérimentation animale sur des souris qui ont été exposées pendant 15 jours à cette substance et à partir de laquelle, au travers de facteurs d'incertitudes on a élaboré une VTR ? ».

Alors là je vais passer très vite, simplement pour dire quand l'évaluation des risques, quantifier des risques sanitaires est arrivé en France à la fin des années 90, au départ on était plein de bonnes intentions et le ministère avait laissé la possibilité aux évaluateurs en fait de choisir la VTR qui était la plus proche de son cas d'étude. Et puis il y a eu des problèmes parfois de compétences, parfois d'enjeux aussi. C'est plus tentant pour certains peut-être d'aller chercher les valeurs les moins contraignantes finalement, donc il y a eu des incohérences entre études et à partir de 2006 la direction générale de la santé et la direction générale de la prévention des risques, donc ministère de la santé, ministère de l'environnement, ont sorti une circulaire qui donne un ordre de priorité, qui a été révisé en 2014, un ordre de priorité en disant « Les VTR de l'ANSES, donc valeur française, ensuite s'il y a une expertise collective nationale on la prend et puis si il n'y a pas on va chercher les données étrangères ».

Troisième étape de l'évaluation des risques c'est l'estimation des expositions. Alors comme vous l'avez vu tout à l'heure on peut être exposé par ingestion, donc là vous avez sous les yeux l'équation qui permet de quantifier la dose journalière d'exposition, donc qui s'exprime en milligrammes de substances ingérées par kilogramme de poids corporel et par jour. Donc on va retrouver dans le paramétrage la concentration de la matrice qui est ingérée donc ça peut être de l'eau, ça peut être des feuilles de salades, des pommes de terre, du sol, etc, multiplié par la quantité qui est consommée par jour, divisée par le poids corporel, donc on va distinguer les enfants, les nourrissons, les adultes, un facteur d'absorption par ingestion j'y reviendrai tout à l'heure et ensuite des paramètres de fréquence d'exposition, durée d'exposition. J'ai pas le temps de rentrer plus dans le détail de ces paramètres, s'il y a des questions vous n'hésitez pas tout à l'heure. On a une équation à peu près équivalente, même si bon elle a ses subtilités, pour l'inhalation. Voilà alors ce qu'il faut retenir c'est que ces deux équations là qu'on vient d'avoir sous les yeux elles font appel donc à la concentration dans les matrices, enfin on est exposés évidemment à des matrices et donc ce qui est important c'est les concentrations qu'on a dans ces matrices d'exposition. On avait les concentrations dans l'eau de l'étang tout à l'heure par exemple pour arroser des cultures. On a aussi dans ces équations des paramètres qui sont en lien avec la physiologie humaine, le poids corporel, les habitudes alimentaires, le budget espace-temps, combien de temps on reste dans un endroit, etc, une habitation, un bureau, etc. Donc on peut, et certains modèles le font, proposer des valeurs conventionnelles pour renseigner ces paramètres d'exposition. On peut aussi mieux que ça aller chercher des données nationales voire locales, donc un certain nombre d'études et d'outils qui ont été développés depuis une dizaine d'années sur ce sujet-là. Il y a l'ANSES qui a projeté d'ailleurs là-dessus aussi, qui devrait pas aboutir tout de suite malheureusement, mais il y a quand même un peu d'espoir, voilà. Alors ce qui est important c'est ce sont des paramètres qui sont influents sur les calculs et très variables selon les individus et les populations. Donc comment on gère ça ? On va donc regarder est-ce qu'on prend la valeur maximale, est-ce qu'on fait une étude de sensibilité pour dire « Tiens finalement si je fais varier le paramètre, qu'est-ce que ça a comme conséquence à l'arrivée ? », est-ce qu'on peut prendre une distribution de valeur pour faire une approche un peu statistique, probabiliste ? Et alors ce qu'il faut aussi ne pas négliger c'est que ces paramètres d'exposition, contrairement aux concentrations effectivement où ça implique évidemment d'avoir du budget pour faire soi-même en tant qu'association par exemple, faire soi-même ses contrôles et puis porter un jugement de valeur qui a été produite par un tiers. Ces paramètres d'exposition ils sont très facilement accessibles et finalement comme ils concernent les populations qui sont caractérisées, ils peuvent avoir un jugement de valeur sur la qualité de l'étude au travers de, par exemple le pourcentage d'autarcie d'un jardin, si vous prenez 10% alors que les gens sont, alors pas en autarcie complète parce que c'est quand même assez rare, mais si ils sont à 50% d'autarcie ou s'ils sont convaincus d'être à 50% d'autarcie, votre étude elle vaudra rien à l'arrivée, vous arrivez pas à faire passer les messages que vous aurez envie de faire passer.

Alors un exemple aussi pour calibrer en fait ces expositions c'est le taux d'ingestion de sol pour les enfants. Donc là il y a eu toute une polémique évidemment sur le paramétrage de cette quantité. Donc pendant longtemps on a pris en 100 et 150mg/jour. Il y a un travail tout à fait intéressant de l'Ineris et de l'INVS basé sur d'autres études d'ailleurs, qui dit « Voilà pour l'ingestion de sol il y a une incertitude forte notamment entre les enfants et puis il y a une incertitude aussi liée à la mesure ». Comment apprécier la quantité de sol que va ingérer un enfant qui joue dans un jardin ? Ce n'est pas évident. Donc il y a eu un travail de collecte de données, il y a eu des expérimentations également, même en France, dans le Nord-Pas-De-Calais notamment, l'ARS avait travaillé là-dessus, et en fait on arrive à une concentration qui couvre 95% de la population, 91mg/jour et puis il y a une médiane en fait qui est à 24mg/jour, voilà donc c'est des valeurs qui

aujourd'hui sont communément retenues dans les études et on avait vraiment besoin de ça parce que c'était source de polémique dans beaucoup de dossiers. Alors ce qu'il faut pas oublier quand même c'est que finalement souvent on envoie l'analyse des fractions 0-2mm et puis la fraction ingérée, le sol qui est ingéré par l'enfant, l'enfant il est pas là à manger du sol dans le jardin ou c'est rare, il aime pas le gravier lui non plus, donc il a plutôt tendance à, c'est le contact main-bouche qui génère de l'ingestion de sol donc plutôt les très fines particules qui sont en général pas caractérisées dans cette fraction 0-2mm. Enfin elles sont dedans mais noyées dans d'autres fractions.

Voilà, dernière étape de l'évaluation des risques c'est la caractérisation du risque. Donc là on va comparer pour les effets à seuil, on va comparer est-ce qu'on est bien en dessous du seuil de dose et donc tout va bien ou est-ce qu'on est au-dessus et il y a problème et puis les effets pour lesquels il n'y a pas de seuil de dose et donc dans ce cas-là on va calculer en fait un excès de risque individuel donc une probabilité de voir apparaître un effet. Et le risque acceptable depuis 1999 en France pour la gestion des sites pollués c'est 10^{-5} , donc c'est une valeur, il y a une circulaire à ce sujet. Je pourrai y revenir tout à l'heure naturellement. Juste une illustration des effets à seuil de dose. Voilà tant qu'on est pour les effets à seuil de dose en dessous de la VTR tout va bien et pour les effets sans seuil de dose, donc la VTR c'est la pente de droite qui fait le lien entre la dose exposition et la probabilité de risques. Un exemple de l'importance des valeurs de référence toxicologiques dans ces calculs d'exposition et de risque, on va prendre le cas du trichloréthylène par exemple, dans l'air intérieur, donc qui a une valeur de référence toxicologique. Alors pendant longtemps on a travaillé en fait avec la valeur guide air intérieur de l'ANSES qui date de 2009 et qui est issue d'une étude de l'ONS et qui nous disait « Voilà pour le 10^{-5} , $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de trichloréthylène dans l'air intérieur », c'est une valeur qui est à ne pas dépasser on va dire, c'est une valeur guide. Et puis depuis 2012 le conseil de santé publique a révisé un peu cette valeur suite d'ailleurs à l'arrivée sur le marché entre guillemets d'une VTR proposée par l'USEPA, donc l'agence américaine de l'environnement, qui est dix fois plus contraignante et donc en termes de gestion, la conséquence évidemment c'est qu'on gère des sites maintenant où on est, l'objectif en fait, la valeur repère proposée par le conseil de santé publique c'est $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et au-dessus de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, donc finalement c'est deux fois plus contraignant que la valeur guide intérieure de l'ANSES, on va être amenés à intervenir de façon rapide dans les six mois entre guillemets pour régler le problème. Autre exemple c'est le cas du plomb où on a une valeur de référence toxicologique qui a évolué entre celle de l'OMS et celle de l'EFSA qui est l'agence européen sur la sécurité alimentaire et donc le haut conseil de santé publique depuis 2014 nous recommande d'utiliser cette valeur qui est cinq fois plus contraignante et donc de sols de jardins où, en dehors de potagers, je parle bien de pelouses où les enfants pouvaient aller jouer, jusqu'à avant 2014 on acceptait 450-500mg/kg dans les sols de jardin en plomb ce qui est beaucoup mais qui était le seuil par rapport à la valeur de référence toxicologique de l'OMS, aujourd'hui avec cette valeur du haut conseil de santé publique on est plutôt aux alentours de 100mg/kg. Donc je vous ai remis l'équation, on ne va pas la détailler maintenant mais vous avez le 100mg/kg qui apparaît ici dans l'équation avec le 91mg/jour ingéré par l'enfant, le poids de l'enfant, etc. Et donc on constate effectivement qu'on a une dose journalière d'exposition qu'est comparable en fait à la valeur de référence toxicologique parce que ce sont des effets à seuil. Alors le haut conseil de santé publique nous indique aussi qu'il y a possibilité d'introduire la notion de bioaccessibilité du plomb dans la matrice sol, en faisant l'hypothèse que finalement tout le plomb qui est ingéré, que ce soit en mangeant des aliments contaminés ou en ingérant des sols, n'est pas forcément complètement biodisponible pour l'être humain.

Donc un petit zoom sur les notions de bioaccessibilité et de biodisponibilité. Donc là on a le système digestif on va dire ici, voilà donc la dissolution des aliments et une partie des aliments et aussi évidemment des polluants qui sont ingérés, vont avoir le potentiel de franchir la paroi

intestinale et de rejoindre la circulation sanguine et ensuite d'aller rejoindre les organes cibles où ils vont faire du dégât. Donc l'idée c'est comment est-ce qu'on pourrait caractériser en fait la fraction bio-accessible du plomb par exemple, ça peut être le plomb, ça peut être d'autres éléments, pour préciser en fait la notion d'exposition. Donc là il y a eu un projet européen qui s'appelle BARGE, (bioaccessibility research Group Europe) et qui a visé à développer un test *in vitro* en fait pour calibrer, reproduire les effets de l'estomac pour voir ce qui est extractible en fait dans un certain nombre de sols. Et ce test *in vitro* évidemment il y a un moment où il faut le caler en fait, voir s'il tient la route et pour cela il y a eu un travail de thèse qui a été mené à l'Ensaia, donc à Nancy et qui a permis de valider pour le plomb, le cadmium et l'arsenic, le test du protocole BARGE, donc avec un essai *in vitro* on arrive à reproduire ce que finalement concrètement on observe en biodisponibilité sur un être humain. Donc la bioaccessibilité, biodisponibilité c'est quelque chose qui vraiment monte en puissance aujourd'hui sur les dossiers.

Autre élément très important à considérer c'est la forme chimique des éléments. J'ai eu l'occasion d'en parler un petit peu tout à l'heure. Là je prends un exemple caricatural qu'est le chrome, selon qu'on a affaire à du chrome 3, du chrome 6, pour les effets à seuil on va avoir un facteur supérieur à 1600 d'écart entre les deux valeurs de référence toxicologique donc je vous laisse imaginer en conséquence, et puis en plus le chrome 6 c'est un cancérigène donc il a des effets sans seuil. Donc les conséquences en termes de gestion, là pour du chrome 3 pur on va accepter dans des sols de jardins d'agrément plusieurs pourcents de chrome 3. J'espère que vous faites des bonds sur vos chaises en ce moment quand je dis ça parce que c'est provoquant évidemment, plusieurs pourcents de chrome 3 dans vos sols de jardin, si c'est des sels solubles sous forme de chrome 3 on va être à quelques centaines de mg/kg et si c'est du chrome 6 on va être à quelques dizaines de mg/kg. Alors évidemment si c'est plusieurs pourcents de chrome 3 ça n'a pas de sens de laisser ces quantités de polluants en place. Évidemment c'est pour montrer la limite de l'évaluation des risques, pour dire que finalement il y a un moment quand on a des concentrations qui sont très fortes on ne passe pas par l'évaluation des risques, on agit, on retire, on traite mais on ne laisse pas en l'état. Donc simplement là c'est pour illustrer ces deux choses. Il y a des fois il faut agir sans passer par l'évaluation des risques, la deuxième chose c'est qu'il y a aussi, quand on a des concentrations relativement faibles, on va dire par exemple une centaine de mg/kg, selon que vous avez affaire à du chrome 3 ou à du chrome 6 ça change tout en termes d'action. Donc il y a un amortissement du coût analytique qui peut être très rentable sur certains dossiers. L'effet des mélanges, évidemment on a rarement affaire à des pollutions mono-substances, donc les deux outils d'évaluation des risques prennent en considération cela, notamment pour les ARR où on va faire de la sommation d'effets, sommation de probabilité également pour les effets sans seuil. Bon est-ce que c'est des sommes qu'il faut faire ? Est-ce que c'est des multiplications, des divisions ? Donc quels sont les effets de synergie et d'antagonisme entre les substances ? Donc c'est assez mal connu il faut reconnaître. Il y a néanmoins un rapport de l'association Record qui travaille sur les déchets, qui montre finalement qu'on a plutôt tendance à observer des effets d'antagonisme, et nous-mêmes on avait soutenu un projet de recherche avec l'université de Lille où on avait montré que la génotoxicité du cadmium, dans un sol qui est bien connu, est plus faible par contre on a aussi du plomb dans ce sol donc il y a un effet d'antagonisme là qui est très marqué. Mais attention aux généralités. Je prends l'exemple ici des études épidémiologiques qui ont été menées en Asie, qui ont été menées en Amérique du Sud, et qui ont montré notamment que le risque de cancer du poumon est accentué chez les fumeurs lorsqu'ils sont aussi exposés à une autre boisson chargée en arsenic. Alors d'un côté on a de l'inhalation et de l'autre on a de l'ingestion, de l'inhalation de vapeurs de cigarettes et de l'ingestion d'eau, donc deux matrices complètement différentes, deux voies d'exposition différentes et pour autant on a des effets de synergie, donc prudence sur ces aspects-là.

Un petit focus sur les jardins potagers, l'évaluation des risques en lien avec la consommation de plantes potagères, je crois qu'il y avait une question tout à l'heure à ce sujet. On fait effectivement des évaluations de risques et on échantillonne dans des jardins en privilégiant les espèces qui sont présentes et consommées. Alors j'ai eu le cas une fois où les gens en amont de l'évaluation des risques on avait fait une réunion publique et les gens étaient venus spontanément nous voir à la fin en nous disant « Qu'est-ce que vous voulez qu'on cultive dans le jardin pour faire votre étude ? », donc ça c'est super parce que derrière on va pouvoir vraiment balayer tout un tas de variétés et donc faire une évaluation des risques qui sera beaucoup plus robuste que si finalement on se contente de feuilles de menthe et de 3 pommes de terre. Donc néanmoins, donc on a l'équation sous les yeux là avec le pourcentage d'autarcie donc ça c'est des paramètres qui sont vraiment difficiles à calibrer et qui pèsent évidemment parce qu'entre 10% et 50% d'autarcie il y a un facteur 5 tout de suite sur les résultats. Et puis il y a aussi, que vaut un, si par exemple dans un jardin j'échantillonne les légumes racines et qu'il y a que des carottes, est-ce que vraiment je peux extrapoler à l'ensemble des légumes racines ? Donc là pour répondre à cette question on a travaillé avec des partenaires de recherche, notamment au travers des projets BAPPET et BAPPOP qui centralisent en fait dans des bases de données les concentrations mesurées dans des légumes donc de plantes potagères pour un certain nombre de polluants, des polluants métalliques pour BAPPET et les polluants organiques pour BAPPOP. Donc BAPPOP c'est une base de données qui est sortie il y a quinze jours, trois semaines, donc c'est un scoop.

Deux exemples d'anomalies, très vite, en fait un exemple où on avait des anomalies qu'étaient focalisées sur les légumes racines alors que les concentrations dans les sols n'étaient pas dramatiques, franchement pas excessives. Donc là on s'est rendu compte que finalement c'était un problème de lavage et d'épluchage du laboratoire. Donc il faut bien imaginer que le peu de terre que vous allez laisser sur des radis, des radis noirs, des carottes, ça va faire exploser des concentrations donc attention au lavage / épluchage, donc c'est aussi une recommandation à faire pour les personnes qui préparent les repas. Et puis autre exemple c'était les légumes feuilles où là on avait que les légumes feuilles qu'étaient contaminés et on a démontré, alors c'était à proximité d'une ancienne fonderie de plomb qui était encore assez empoussiérée, donc on a démontré effectivement que même à l'arrêt en fait les poussières qui s'envolaient parce que le bâtiments étaient ouverts à tout vent et qu'il y avait parfois pendant une période de croissance de salades sur un mois par exemple on va avoir toujours, il y aura toujours un moment un jour où il va y avoir un petit coup de vent voilà et qui va aller postillonner les poussières, les disperser et ces poussières arrivent sur les feuilles de salade et contaminent les salades. Donc on avait fait un programme avec de l'ISA de Lille et l'ENSAT de Toulouse sur ce sujet-là. Et juste pour vous montrer qu'au niveau des stomates, les stomates donc ce sont les orifices qui sont à la surface des feuilles de salade qui permettent les échanges gazeux, au niveau des stomates donc on a des poussières très fine qui peuvent se déposer, et qu'on voit au microscope électronique ici, poussières métalliques qui vont ensuite diffuser les métaux à l'intérieur des feuilles et vous aurez beau laver les feuilles de salade ça ne changera rien.

Voilà je termine, donc quelques conclusions et recommandations, des typologies de pollution, d'activités souvent classiques mais des sites qui sont toujours uniques, vraiment spécifiques, chaque cas est particulier. Des solutions multiples pour sécuriser les prises de décision donc là on a besoin finalement d'avoir un vrai retour d'expérience pour se dire « Ah ben tiens on a déjà rencontré ce cas-là, est-ce que c'est applicable ? Etc. » , parce qu'on sait que ça marche. Dans certains cas ça marchait pas donc c'est du retour d'expérience positif ou négatif. La démarche d'évaluation des risques c'est un outil qui permet d'organiser les données, de les interpréter. Il faut bien avoir conscience et il faut mettre clairement d'ailleurs à la fin des études les limites de connaissances, les incertitudes, les moyens mis en œuvre pour se prémunir de leurs conséquences. C'est une démarche

calculatoire donc c'est pas parce que l'évaluation des risques dit que tout va bien qu'il faut rien faire et c'est pas parce qu'elle dit qu'il y a un drame que finalement, alors il y a peut-être des choses à faire quand même, mais c'est un élément parmi d'autres dans une prise de décision. Évidemment la qualité des données issues du diagnostic ça c'est majeur. Si vous avez des données qui sont de mauvaise qualité au départ vous ne pouvez pas avoir une bonne qualité d'étude à l'arrivée et des décisions qui seront de qualité également. On ne quantifie les risques que pour les substances qui ont été recherchées donc là aussi l'importance de l'étude historique. Si on dispose de moyens analytiques pour le faire et si on dispose de valeurs de référence toxicologiques. Donc on fait ces études sur la base des connaissances du moment, ça c'est important. On n'échantillonne pas sans impliquer le laboratoire d'analyse en amont, sans maîtriser le contexte de l'étude pour être en mesure d'adapter la stratégie d'échantillonnage en fonction des opportunités et contraintes de terrain, sans anticiper l'interprétation des résultats. Parce que dans tous les cas vous aurez des résultats, vous aurez des chiffres comme on dit mais quelle représentativité, quelle qualité, comment l'interpréter ? Enfin ne pas hésiter à approfondir certains aspects pour réduire les incertitudes, donc on a vu la forme chimique qui peut évidemment peser sur la toxicité et sur la mobilité. Caractériser la bioaccessibilité, maintenant qu'il y a un protocole, le protocole BARGE, c'est facile à retenir en plus, le protocole BARGE pour caractériser la bioaccessibilité. Alors pas forcément tous les éléments naturellement mais pour le plomb et le cadmium c'est quand même très intéressant, l'arsenic aussi. Ne pas hésiter à engager des actions de recherche ciblée, on l'a vu avec les poussières sur les feuilles et puis surveiller, contrôler dans le temps. À l'issue d'une étude de risques on a fait une ou deux campagnes d'échantillonnage. Si derrière on n'est pas sûrs de nos concentrations, si on n'est pas sûrs d'un certain nombre de choses c'est bien aussi d'enchaîner sur de la surveillance s'il n'y a pas de travaux, si on dit « Finalement tout va bien, il n'y a pas de problème ». Pour autant, il ne faut pas faire l'économie, ou alors on a vraiment de bonnes raisons de le faire, de projets de surveillance, de contrôles de la qualité des milieux dans le temps sur, on parle de bilans quadriennales, donc pendant 2-4 ans on peut effectivement contrôler, continuer à contrôler, à surveiller la qualité des milieux pour voir que finalement on est vraiment dans de la routine ou effectivement on est plutôt dans quelque chose qui s'amplifie ou qui se dégrade par exemple ou qui s'améliore. Et puis dernier transparent, ces évaluations de risques elles sont pas faites pour faire un rapport qui finit dans une étagère, elles sont faites aussi pour aider à focaliser sur les milieux qui posent problème et ensuite à définir les modalités d'action vis-à-vis des personnes qui sont exposées. Donc ces actions elles peuvent aller de la recommandation simple, « N'hésitez pas à ventiler, entretenir la VMC, etc, vous laver les mains, laver les jouets également », plutôt nettoyer en voie humide les sols plutôt qu'avec un aspirateur qui remobilise en fait les poussières. Ça c'est vraiment dans les cas où on n'a finalement pas grand-chose comme problème. Par contre il y a des cas aussi où on est amenés à restreindre les usages, de pratique du potager, de puits, pratique de la pêche sur des rivières. C'est terrible, parfois c'est vraiment des solutions qu'on prend à contrecœur mais qui s'imposent à nous. Et puis agir sur les pollutions pour supprimer l'exposition ou à défaut la réduire au maximum. Ce point-là est très important aussi, ne pas se contenter du seuil de risque acceptable, donc on va calculer par une analyse de risques résiduels, lorsqu'il est possible de faire mieux. Ce n'est pas l'évaluation des risques qui est là pour caler « Oh ben tiens je vais mettre des poulets jusque-là et puis je ne fais pas plus parce qu'après ça passe ». Si vraiment on a des solutions, c'est pas toujours le cas mais si on a des solutions pour aller plus loin, ne pas hésiter à le faire. Et puis parfois aussi on peut être amenés à éloigner les populations, proposer des suivis médicaux, engager des dépistages selon les, l'INVS travaille sur ces sujets-là, selon les polluants pour voir finalement, bon le plomb ça va être plutôt dans le sang mais bon le cadmium sera plutôt dans les urines mais voilà, donc quelles matrices biologiques on va contrôler. Donc tous ces éléments, les prises de décision en fait à l'arrivée elles se

font en étroite concertation avec les services de l'état, que ce soit les services de l'inspection des installations classées, DREAL, DRIEE ou les services de la santé, notamment les ARS. Voilà.