

Les aspects sanitaires

Version de juillet 2013

1.	Intérêt de l'évaluation des impacts sanitaires dans le contexte d'offrir	1
2.	Notions de danger et de risque dans un cadre sanitaire	2
3.	Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires	2
3.1	EVALUATION DE LA TOXICITE.....	3
3.2	EVALUATION DE L'EXPOSITION	3
3.3	CARACTERISATION DU RISQUE.....	4
3.3.1	<i>Méthodologie de calcul des doses d'exposition</i>	<i>4</i>
3.3.2	<i>Substance a effet avec seuil</i>	<i>5</i>
3.3.3	<i>Substance a effet sans seuil.....</i>	<i>6</i>
3.3.4	<i>Evaluation des incertitudes</i>	<i>7</i>
4.	Schéma conceptuel d'exposition	7
5.	Les risques professionnels	8
6.	Auteurs et relecteurs.....	9

1. Intérêt de l'évaluation des impacts sanitaires dans le contexte d'offrir

La valorisation des déchets, en particulier dans les infrastructures routières, concerne généralement des déchets classés non dangereux ou inertes. En l'absence de ce caractère dangereux, un tel déchet ne présente a priori pas de risque. Cependant, cette notion de dangerosité étant basée sur un effet potentiel sur l'environnement, l'absence de danger n'est pas toujours acquise de façon irréfutable. Cette incertitude sur l'absence totale de danger, et donc de risque sur la santé humaine, justifie l'intérêt que l'observatoire OFRIIR porte à ces aspects au sein de chaque rubrique thématique.

La quantification des risques sanitaires permet de comparer, dans un contexte particulier, l'exposition des populations, éventuellement engendrée par la valorisation de déchets en infrastructure routière, à une exposition considérée comme tolérable. Il convient de noter que cette approche est encore très peu utilisée, et que très peu de données sont actuellement disponibles. C'est pourquoi la partie des rubriques thématiques relative aux risques sanitaires ne sera, dans la plupart des cas, que partiellement renseignée.

Il convient également de noter que l'approche d'évaluation des risques sanitaires est basée sur la prise en compte des substances chimiques présentes dans les différents compartiments environnementaux. Cependant, un déchet est le plus généralement composé de plusieurs substances. De plus, ce n'est pas parce qu'un déchet sera valorisé en sous-couche routière que l'ensemble des substances qui le composent sera susceptible de migrer vers les compartiments environnementaux voisins. L'application d'une démarche d'évaluation des risques sanitaires à la valorisation des déchets en

infrastructure routière suppose au préalable une bonne connaissance des caractéristiques physico-chimiques de ces déchets ainsi que du potentiel de mobilisation des substances contenues dans ces déchets. C'est pourquoi, les rares études d'évaluation des risques sanitaires réalisées dans un contexte de valorisation des déchets se focalisent le plus souvent sur une ou deux substances particulières présentes dans ces déchets.

Dans le cas de l'exposition des ouvriers aux bitumes par exemple, l'impact sanitaire a été basé sur deux démarches pour répondre aux questions sur les effets potentiellement cancérigènes du bitume : des études épidémiologiques, portant sur des personnes exposées aux vapeurs de bitume et des essais sur animaux, par inhalation et/ou par contact cutané. Les études épidémiologiques ont permis de comparer la santé des ouvriers exposés au bitume avec celle de personnes ne l'ayant jamais été (Voir Fiche bitumes).

2. Notions de danger et de risque dans un cadre sanitaire

Dans un contexte sanitaire, le danger est la situation ou la possibilité pour une substance, du fait de ses caractéristiques ou propriétés intrinsèques, de provoquer des dommages aux personnes, tandis que le risque est la probabilité qu'un effet indésirable (appelé aussi effet adverse) se réalise dans des conditions d'exposition données de ces personnes (BRGM et INERIS, 2000).

Le risque est donc la quantification, le plus souvent en termes probabilistes, de réalisation d'un effet indésirable lié à une substance intrinsèquement dangereuse en fonction de l'exposition à cette substance. La quantification du risque sanitaire est différente selon le type d'effets provoqués par les substances chimiques sur la santé : effets à seuil et effets sans seuil.

3. Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires

L'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) est l'analyse de la probabilité ou de la possibilité de survenue d'un effet adverse pour la santé suite à l'exposition résiduelle à un ou plusieurs polluants présents sur le site concerné.

Une EQRS s'appuie d'une part sur la connaissance du site et les données recueillies sur celui-ci et d'autre part sur les connaissances scientifiques et des hypothèses concernant :

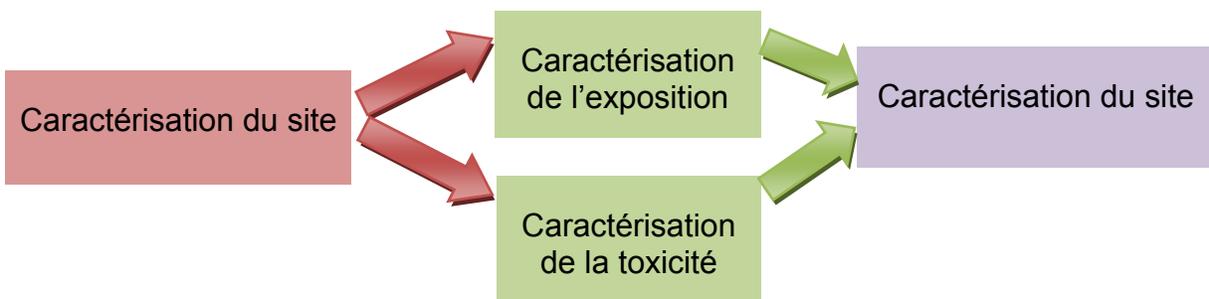
- les propriétés, la toxicité et le devenir des substances chimiques dans l'environnement ;
- le comportement des individus ou récepteurs potentiellement exposés.

Elle peut être décrite en quatre étapes :

- la caractérisation du site ;

- la caractérisation de la toxicité des substances chimiques ;
- l'évaluation de l'exposition qui consiste à évaluer les concentrations/doses auxquelles les populations humaines sont exposées ou susceptibles de l'être ;
- la caractérisation des risques, c'est-à-dire l'estimation de l'incidence et de la gravité des effets indésirables susceptibles de se produire dans une population humaine en raison de l'exposition, réelle ou prévisible, à une substance. Cette caractérisation est suivie d'une analyse des incertitudes.

Les principes de transparence, de précaution, de proportionnalité et de spécificité seront suivis tout au long de l'étude. Les sections ci-après décrivent succinctement les points relatifs à la caractérisation de l'exposition, de la toxicité des substances chimiques et la caractérisation des risques.



3.1 Evaluation de la toxicité

L'étape d'évaluation de la toxicité des substances comporte deux phases :

- l'identification du potentiel dangereux des substances, qui consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme ;
- l'évaluation de la relation dose-effet qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou concentration administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet délétère.

3.2 Evaluation de l'exposition

Cette étape consiste à déterminer les voies d'exposition, la fréquence et la durée d'exposition des cibles, et à quantifier l'exposition des populations, sur la base du schéma conceptuel et complété le cas échéant, par les observations de terrain et les résultats du diagnostic. permettant de définir des doses journalières d'expositions des cibles.

L'exposition à une substance polluante dépend de sa concentration et de son comportement physico-chimique ainsi que des voies et des niveaux d'exposition des individus avec ce polluant, en fonction de l'usage du site.

Le comportement des polluants est régi par les propriétés physico-chimiques de la substance et les conditions environnementales. A partir d'un compartiment, le polluant peut être transporté vers un autre compartiment, être transformé ou s'accumuler (bioconcentration...). L'ensemble des mécanismes de propagation de la pollution sera identifié, afin de prendre en compte la contamination de l'ensemble des milieux ou compartiments environnementaux avec lesquels les individus sont susceptibles d'être en contact.

Les concentrations d'exposition dans les différents compartiments environnementaux sont évaluées par la métrologie et/ou la modélisation. Les doses d'exposition des populations cibles seront évaluées à partir des concentrations dans les différents compartiments d'exposition et à partir de différents paramètres d'exposition r.

Ainsi, pour chaque scénario d'exposition pour les cibles retenues, les paramètres (durée, fréquence d'exposition) sont recherchés dans la littérature ou sont déterminés directement sur site.

En fonction des situations, les modèles de transfert sont choisis afin de caractériser au mieux les cas envisagés. Face à la relative complexité et aux incertitudes de la modélisation de certains transferts, la transparence est essentielle. Ainsi des explications et des justifications sont présentées pour chaque modèle de transfert utilisé (présentation du modèle et de ses équations, discussion des paramètres d'entrée et de sortie...). Ainsi les concentrations d'expositions dans les différents milieux sont mesurées ou modélisées en fonction de la situation.

3.3 Caractérisation du risque

La caractérisation du risque est l'étape finale d'un calcul de risque. Les résultats de l'évaluation de l'exposition et de la toxicité permettent de définir le risque. Les expressions numériques exprimant ce risque doivent être clairement exposées afin que l'interprétation qui en découle soit pertinente. Afin de mieux comprendre le calcul réalisé et toutes les incertitudes découlant des différentes étapes de l'EQRS, une étude des incertitudes doit être réalisée.

3.3.1 Méthodologie de calcul des doses d'exposition

Les équations permettant de calculer les doses d'exposition pour la voie d'exposition « ingestion de sol, inhalation des poussières » référencés dans le rapport INERIS-DRC-08-94882-16675B (Bonnard 2010) sont données ci-après.

- Ingestion de sol

L'équation permettant de calculer la dose journalière d'exposition en cas d'ingestion de sol est rappelée ci-dessous :

$$DJE = \frac{C_{sol} * Q_{sol} * P * T}{P * T_m}$$

DJE = Dose journalière d'exposition (mg/kg.jour)
 Csol = Concentration dans les sols de surface (mg/kg)
 Qsol = Quantité ingérée (kg sol/jour)
 F = Fréquence d'exposition (jours/an)
 T = Durée d'exposition (années)
 P = Poids corporel (kg)
 Tm = Période sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

- Inhalation de poussières de sol

L'équation permettant de calculer la dose journalière d'exposition en cas d'inhalation de poussières est définie comme suit :

$$CI = \frac{C_i * F * T}{T_m}$$

CI = Concentration inhalée (mg/kg.j)
 Ci = Concentration de la substance (mg/m³)
 F = Fréquence d'exposition (jours/an)
 T = Durée d'exposition (années)
 P = Poids corporel (kg)
 Tm = Période sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

- Inhalation de vapeurs

La modélisation du transfert de l'air des sols vers l'air respiré (intérieur ou extérieur) peut être réalisée en utilisant les équations référencées dans le rapport INERIS-DRC-08-94882-16675B (Bonnard 2010) Methodologie de calcul de risque sanitaire.

3.3.2 Substance a effet avec seuil

Le risque pour la population est estimé pour les effets à seuil par le quotient de danger (QD) définie comme le ratio entre la dose journalière d'exposition et la dose journalière tolérable (valeur de référence, VTR). Le quotient de danger (QD) est ainsi calculé comme suit, pour les différentes voies d'exposition :

Ingestion de sol

Le quotient de danger DQ est pour la voie orale (ingestion de sol) est le ratio entre la dose journalière d'exposition (DJE) et la VTR de la substance étudié pour la voie d'exposition ingestion .

$$QD = DJE / D/T$$

QD = Quotient de danger

DJE = Dose journalière d'exposition (mg/kg.jour)

DJT = Dose journalière tolérable (mg/kg.jour)

Inhalation de poussières de sol et de vapeurs

$$QD = CI / DJT$$

QD = Quotient de danger

CI = Concentration inhalée (mg/kg.j)

DJT = Dose journalière tolérable (mg/kg.jour)

La valeur repère pour l'appréciation du risque sanitaire est fixée à 1 pour les effets à seuil (quotient du danger). Lorsque le QD est inférieur à 1, le risque est considéré comme non préoccupant en l'état actuel des connaissances. Le risque est acceptable. Si le QD est supérieur à 1, la valeur de référence est dépassée et le risque d'apparition d'effet en lien avec l'exposition n'est plus acceptable

3.3.3 Substance a effet sans seuil

La caractérisation du risque lié à une exposition à des substances dites à effets sans seuil s'exprime par un excès de risque individuel (ERI). Cet ERI représente la probabilité que l'individu a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition à une unité de dose . Il est défini comme suit :

Ingestion de sol

$$ERI = DJE * ERU$$

ERI = Excès de risque individuel de cancer

DJE = Dose journalière d'exposition (mg/kg.jour)

ERU = Excès de risque unitaire

Inhalation de poussières de sol et de vapeurs

$$ERI = CI * ERU$$

ERI = Excès de risque individuel de cancer

CI = Concentration inhalée (mg/kg.j)

ERU = Excès de risque unitaire

La valeur repère pour l'appréciation du risque sanitaire est fixée à 10⁻⁵ pour les effets sans seuil (Excès du risque individuel). Lorsque l'ERI est inférieur à 10⁻⁵ le risque est considéré acceptable en l'état actuel des connaissances.

3.3.4 Evaluation des incertitudes

Les niveaux de risque obtenus doivent être explicités pour qu'ils puissent être interprétés. Cette phase a pour but de mettre en évidence les hypothèses et paramètres clefs et leur influence sur le résultat. La définition des incertitudes concerne à la fois :

- l'évaluation de l'exposition (incertitudes sur les cibles, les scénarios, les modèles, les paramètres...);
- l'évaluation de la toxicité des substances.

4. Schéma conceptuel d'exposition

Le schéma conceptuel a pour objectif de préciser les relations entre :

- □ les sources de pollutions et les substances émises ;
- □ les différents milieux et vecteurs de transfert ;
- □ les milieux d'exposition, leurs usages, et les points d'exposition



Le guide Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement (MEDD, 2007)¹ propose 5 étapes pour sa construction (guide ERS, 2012)² :

- - Étape 1 : identification d'une source (quoi ?)
- Étape 2 : identification des milieux d'exposition (où ?)
- Étape 3 : identification des voies de transfert (comment ?)
- Étape 4 : identification des usages des différents milieux d'exposition (pourquoi ?)
- □ Étape 5 : identification des points d'exposition (où ? comment ? pourquoi ?)

Le schéma conceptuel générique doit être adapté à la situation étudiée, en éliminant les voies d'exposition non pertinentes, les cibles non recensées.

¹ www.developpement-durable.gouv.fr/schema-conceptuel-et-modele-de.html

² Démarche intégrée : Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires liés aux substances chimiques émises par les installations classées. Impact des activités humaines sur les milieux et la santé.

5. Les risques professionnels

La législation française sur les risques professionnels est abordée à travers plusieurs textes :

- le livre 2 du code du travail expose la « réglementation du travail » de façon générale ;
- un certain nombre de décrets fournit des valeurs réglementaires destinées à limiter l'exposition à certaines substances spécifiques (amiante, benzène, chlorure de vinyle, plomb...) sur les lieux de travail Voir site de l'INRS;
- plusieurs circulaires (pas nécessairement publiées au Journal Officiel) édictent des valeurs limites admises sur les lieux de travail pour un grand nombre de substances potentiellement toxiques, c'est à dire des valeurs d'exposition dont le respect permet d'éviter tout effet adverse.

Il existe également des directives européennes sur le sujet des risques professionnels. Elles portent pour une partie sur la réglementation du travail, et pour une autre partie sur l'établissement de valeurs limites indicatives. Les directives européennes sont en principe retranscrites dans le droit français.

Dans le contexte des risques professionnels, deux valeurs limites admises dans l'atmosphère de travail ont été retenues : les valeurs limites de court terme (VLCT) et les valeurs moyennes d'exposition (VLEP = VME). Les définitions reprises par l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) en sont les suivantes :

- Les valeurs limites de court terme (VLCT) sont des valeurs mesurées sur une période de référence de 15 minutes. Elles sont destinées à éviter les effets toxiques dus à des **pics d'exposition** (exposition sur une courte durée). Les VLCT remplacent les anciennes VLE mesurées sur une durée maximale de 15 minutes.
- Les valeurs limites d'exposition sur 8 heures (VLEP 8h) sont mesurées sur une durée de travail de 8 heures. Elles sont destinées à protéger les salariés des **effets différés** des polluants. Les VLEP 8 h sont équivalentes aux valeurs limites de moyenne d'exposition (VME).

Cependant, le recours aux VLCT et VLEP dans le contexte d'un chantier d'infrastructure routière soulève plusieurs interrogations sur la validité de cette démarche :

- La majorité des VLCT et VLEP sont établies dans le contexte d'une atmosphère de travail en intérieur. Dans quelle mesure l'extrapolation de ces valeurs à une atmosphère en extérieur sur chantier peut-elle être valable ?
- Le respect de ces valeurs limites suppose l'existence de systèmes fiables de mesure de la qualité de l'air ;
- Dans l'établissement des valeurs limites, seule la voie respiratoire est prise en compte comme vecteur d'exposition des travailleurs aux substances potentiellement toxiques. Les autres vecteurs d'exposition principaux (du moins dans le cadre d'un chantier en

extérieur), comme le contact cutané ou l'ingestion de particules, ne sont pas considérés alors qu'ils peuvent s'avérer plus pénalisants pour certaines substances.

6. Auteurs et relecteurs

Auteurs OFRIR1	Guillaume Gay (INERIS) , Jérémy Domas (INERIS), Laurent Château (ADEME)
Relecture d'experts OFRIR1	
Relecture comité de pilotage	
Auteurs OFRIR2	Rabia Badreddine (INERIS)
Relecture d'experts OFRIR2	
Relecture bureau	
Date de mise en ligne, version finale	23 juillet 2013