



# L'évaluation des effets sanitaires liés à la gestion des déchets ménagers et assimilés (DMA)

RAPPORT SCIENTIFIQUE  
DÉCEMBRE 2010



Rhône-Alpes Région



*Ce travail a reçu le soutien financier du groupe AMORCE et de la région Rhône-Alpes sans implication scientifique et logistique dans la phase d'élaboration du rapport  
Il est coordonné par l'Unité Cancer et Environnement du Centre Léon Bérard et l'Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes.*

## Direction

Dr Béatrice Fervers, MD, PhD  
Centre Léon Bérard  
28, rue Laënnec 69373 LYON cedex 08  
Tel: +33(0)4 78 78 28 01 Fax:+33(0)4 78 78 28 83

Dr Olivier Guye, MD  
Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes  
9, quai Jean Moulin 69001 LYON  
Tél : +33(0)4 72 07 46 20 Fax : +33(0)4 72 07 46 21

## Rédacteurs

Mme Lucie Anzivino-Viricel, PhD, Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes  
Dr Anne Bataillard, MD, MSc, Centre Léon Bérard  
Mr Julien Carretier, MPH, Centre Léon Bérard  
Mme Nicole Falette, PhD, Centre Léon Bérard  
Mme Lucile Montestrucq, Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes

*Les personnes ressources et experts suivants ont été consultés par les auteurs de ce travail :  
E. Adler(Aconsult), E. Amar (Institut Génomutation REMERA), P. Bajeat (ADEME), C. Boudet (INERIS), B. Charbotel (UMRESTTE), S. Cordier (INSERM), M. Colonna (Registre des cancers), I. Déportes (ADEME), P. Empereur-Bissonnet (InVS), Y. Perrodin (Réseau Santé Déchets et ENTPE de Lyon). Qu'ils soient remerciés pour leur aide. Le contenu et les conclusions du travail n'engagent cependant que les auteurs et pas les personnes ressources et experts consultés.*

## Comité de pilotage

Monsieur Gilles VINCENT - Président AMORCE  
Monsieur Vincent LEBLAN - Délégué Général FNADE  
Monsieur Nicolas GARNIER - Délégué Régional AMORCE  
Monsieur Thierry PHILIP - 1° Vice-Président AMORCE  
Monsieur Alain ROUAULT - Vice-Président AMORCE

# SOMMAIRE

Introduction.....	6
Objectif .....	7
Échéancier.....	8
<b>Méthode .....</b>	<b>9</b>
Méthode d'élaboration et d'actualisation .....	9
Création d'un comité de relecteurs .....	9
Recherche des données .....	10
Critères de recherche.....	10
Sources de données .....	10
Critères de sélection des données .....	11
Établissement d'un « niveau de preuve » .....	13
Proposition d'application pratique :.....	14
<b>Collecte et tri .....</b>	<b>15</b>
Polluants émis lors de la collecte et dans les centres de tri .....	15
Aspects généraux sur la recherche bibliographique .....	16
Revue des effets sanitaires chez les salariés de la collecte et du tri.....	16
Troubles respiratoires.....	16
Troubles gastro-intestinaux.....	17
Troubles dermatologiques.....	18
Troubles oculaires .....	18
Troubles musculo-squelettiques .....	18
Les maladies infectieuses.....	19
Conclusion .....	20
<b>Plateformes de compostage .....</b>	<b>22</b>
Rejets et nuisances des plateformes de compostage.....	22
Les refus.....	22
Les eaux .....	22
Les odeurs.....	23
Polluants issus des plateformes de compostage .....	23
Les émissions atmosphériques chimiques .....	23
Les microorganismes .....	23
Aspects généraux sur la recherche bibliographique .....	24
Troubles de santé chez les professionnels des plateformes de compostage .....	25
Les troubles respiratoires .....	25
Troubles respiratoires aigus .....	25
Troubles respiratoires chroniques .....	26
Troubles dermatologiques.....	26
Troubles gastro-intestinaux .....	26

Troubles oculaires .....	26
Troubles de santé chez les riverains des centres de compostage .....	27
Symptômes divers.....	27
Troubles respiratoires.....	27
Conclusion .....	27
Cas de la méthanisation de la fraction fermentescible des ordures ménagères : .....	29
Généralités.....	29
Les rejets.....	29
Incidences du traitement.....	30
Cinq Modes de valorisation du biogaz .....	30
Impacts sanitaires .....	31
<b>Unités d’Incinération des Ordures Ménagères.....</b>	<b>32</b>
Évolution du contexte réglementaire français.....	32
Les rejets .....	32
Rejets atmosphériques.....	32
Rejets liquides .....	33
Résidus solides .....	33
Aspects généraux sur la recherche bibliographique .....	34
Revue bibliographique des effets sanitaires des unités d’incinération des DMA.....	34
Présence de mutagènes et de biomarqueurs dans les fluides biologiques .....	34
Troubles de santé chez les professionnels d’incinérateurs de déchets ménagers. ....	35
Troubles respiratoires .....	35
Troubles de la grossesse et du développement fœtal .....	35
Troubles cardiovasculaires .....	35
Tous types de cancers .....	36
Troubles de santé chez les riverains d’incinérateurs de déchets ménagers.....	36
Troubles respiratoires.....	37
Troubles de la reproduction et du développement .....	37
Troubles de la reproduction .....	37
Les malformations congénitales.....	37
Les troubles cardiovasculaires.....	38
Tous types de cancers .....	38
Hémopathies malignes.....	39
Sarcomes des tissus mous (STM). ....	40
Conclusion .....	42
<b>Installations de Stockage .....</b>	<b>43</b>
Les rejets .....	43
Les lixiviats* .....	43
Le biogaz* .....	43
Les odeurs.....	44

La circulation des véhicules professionnels .....	44
Les envois de déchets à l'extérieur du site .....	44
La modification du paysage .....	44
Polluants émis dans les installations de stockage de déchets non dangereux. ....	44
Aspects généraux sur la recherche bibliographique .....	45
Revue bibliographique des effets sanitaires des installations de stockage des déchets ménagers. .....	47
Troubles de santé chez les travailleurs d'installations de stockage de déchets ménagers.....	47
Risque de cancers.....	48
Troubles du développement foetal et de la reproduction .....	48
Risques de petits poids à la naissance.....	50
Malformations congénitales .....	50
Symptômes divers .....	51
Conclusion .....	51
<b>Accidents du travail chez les professionnels du traitement des déchets .....</b>	<b>53</b>
Présentation des indicateurs.....	53
Les données sur les accidents du travail .....	53
Filière 900BA : enlèvements des ordures ménagères avec personnel de collecte et des déchets industriels et commerciaux banals (900BA) .....	54
Filière 900BC : entreprise de traitement des ordures ménagères et des déchets industriels et commerciaux banals.....	55
Filière 900BD : Usine d'incinération des boues, des ordures ménagères .....	57
<b>Résultats des données sur les accidents du travail.....</b>	<b>59</b>
<b>synthèse des résultats- Discussion -Perspectives.....</b>	<b>62</b>
Synthèse des résultats.....	62
Discussion.....	64
Perspectives.....	66
<b>Bibliographie .....</b>	<b>69</b>
Ressources complémentaires consultées sur internet .....	76
<b>Glossaire .....</b>	<b>77</b>
<b>Abréviations.....</b>	<b>80</b>
...des organismes cités : .....	80
...du domaine de la santé environnementale.....	80
...du domaine des déchets (traitement, produits, réglementation...) : .....	81
... des polluants cités : .....	81

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, l'effet des modifications de l'environnement sur la santé humaine est une préoccupation majeure de santé publique tant sur le plan national qu'international.

L'Organisation Mondiale de la Santé définit le domaine de la 'santé environnementale' comme la prise en compte des «aspects de la santé humaine, y compris la qualité de vie, déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux de notre environnement».

Dans ce contexte, la question de l'impact des différents traitements et de la valorisation des déchets sur l'environnement et la santé des professionnels et des populations riveraines des installations est souvent abordée et concerne à la fois les politiques, les industriels et les citoyens.

Début 2008, le Grenelle de l'environnement a mis en place un intergroupe de travail sur le thème «Déchets» qui a abordé des thèmes spécifiques aux déchets mais aussi transversaux tels que l'environnement et la santé publique. Un des engagements du Grenelle est que l'évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des modes de gestion des déchets soit une priorité et que les travaux dans le domaine soient renforcés. Cette évaluation permettra de s'assurer d'une limitation des impacts des modes de gestion retenus (de la collecte à l'élimination) et d'accompagner les innovations dans la prise en compte de ces enjeux. La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (dite Grenelle 2), décline les objectifs entérinés par le premier volet législatif du Grenelle de l'Environnement :

- L'augmentation du recyclage (matière et organique) : en 2012, 35% des déchets ménagers et assimilés orientés vers le recyclage matière ou organique. En 2015, 45% des déchets ménagers et assimilés orientés vers le recyclage (matière ou organique).
- L'accroissement des flux de déchets détournés du stockage et de l'incinération avec un objectif de diminution des déchets destinés à l'enfouissement ou à l'incinération de 15% à l'horizon 2012.

Les déchets produits sont de plus en plus nombreux (en France, 868 millions de tonnes en 2008, source ADEME), mais aussi de plus en plus variés. Cette tendance est liée au développement de l'économie de marché, par la production accrue des déchets issus de la consommation des ménages, mais aussi de ceux issus des processus industriels.

Les déchets se répartissent en différents groupes :

- Les déchets ménagers (produits par les ménages) tels que les ordures ménagères, les encombrants, les déblais et gravats ou les déchets végétaux ; ils comprennent également les déchets liés à l'automobile (véhicules hors d'usage, huiles, pneus, batteries) et les déchets ménagers spéciaux (DMS) qui ne peuvent pas être éliminés sans danger dans le circuit des déchets ménagers. Conjugés à celui des déchets industriels banals (DIB), leur tonnage a doublé en quarante ans ;
- Les déchets des espaces publics (rues, espaces verts, marchés) et des établissements publics (administrations, écoles, établissements de santé) ;
- Les déchets de l'agriculture ;
- Les déchets artisanaux et commerciaux ;
- Les déchets des bâtiments et travaux publics (BTP) ;
- les déchets industriels dangereux (DID) ;
- Les déchets industriels banals (DIB) qui, même s'ils ne proviennent pas des ménages, sont assimilés à des déchets ménagers car ils peuvent être éliminés dans les mêmes installations.

La question des enjeux sanitaires liés aux déchets est complexe et donne lieu à de nombreux débats. Devant la diversité des polluants en présence, des modes de gestion et des voies d'exposition, les connaissances restent imparfaites et perfectibles.

Les effets sur la santé de la gestion des déchets ménagers peuvent être divers, en fonction de la nature de ceux-ci. En effet, ils peuvent être liés à la présence de matières organiques, support d'organismes susceptibles d'être pathogènes par eux-mêmes ou en tant que vecteur, de matières piquantes ou tranchantes, de matières combustibles pouvant dégager des substances nocives, et de résidus de substances toxiques.

Plusieurs enquêtes en population générale se sont intéressées à la thématique santé et environnement, telles que le baromètre de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN, [www.irsn.org](http://www.irsn.org)) sur la perception des risques et de la sécurité, les enquêtes de l'Institut Français de l'Environnement (IFEN, [www.ifen.fr](http://www.ifen.fr)) et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME, [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)), ainsi que le Baromètre Santé Environnement de l'Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé (INPES, [www.inpes.sante.fr](http://www.inpes.sante.fr)). Ces enquêtes mettent toutes en évidence que la problématique des déchets et leur impact potentiel sur la santé constituent une source de préoccupation quotidienne de la population, et notamment des populations riveraines des sites.

## Objectif

L'objectif de ce rapport scientifique est d'élaborer une approche transversale des connaissances actuelles sur l'évaluation des effets sanitaires liés à certains modes de gestion des déchets ménagers et assimilés (DMA) gérés par les collectivités, à l'aide d'études d'observations (études épidémiologiques). Il s'agit d'une approche partielle dans la mesure où ce rapport n'a pas pris en compte des études toxicologiques et d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS).

Le travail a consisté à identifier pour la collecte et le tri, l'incinération, les installations de stockage, les plateformes de compostage et la méthanisation :

- les effets sanitaires avérés ou suspectés en milieu professionnel et en population, générale
- les incertitudes,
- le manque de données.

La question des déchets de soins à risque infectieux (DASRI) n'est pas abordée car ils sont de la responsabilité des producteurs et non pas des élus. Ne sont également pas abordées dans ce rapport, les thématiques suivantes : recyclage, eaux usées, épandage, boues et déchets d'équipement électriques et électroniques (D3E), piles et batteries.

L'objectif final de ce travail est de fournir aux commanditaires une information validée sur l'existence d'une association (et non d'un lien de causalité) entre certains troubles sanitaires et l'exposition des populations aux différents traitements des DMA, sur la base des dernières données de la littérature. Cet outil disponible pour les élus, et ingénieurs devrait permettre d'aider les décideurs quant au choix des filières.

Dans le cadre de ce travail, l'équipe projet a élaboré 2 documents :

- Le présent rapport scientifique, sur la base d'un processus méthodologique décrit dans la partie « Méthode », impliquant un comité de relecteurs interdisciplinaire.
- Un document de synthèse à l'attention des adhérents du commanditaire, en vue d'une possible publication sous la forme d'un ouvrage.

Des axes de recherche pourront être également proposés pour combler les lacunes de connaissances scientifiques constatées au cours de l'analyse.



## Échéancier

Phases	Contenu	Echéance
1	Mise en place du <b>Comité de relecteurs</b>	Septembre 2009
	Recherche documentaire de synthèses	Septembre 2009
	Analyse critique	Septembre 2009
	Première réunion du <b>Comité de relecteurs</b> - Validation des premières conclusions - Identification des questions non résolues	18 décembre 2009
	Réunion du <b>Comité de pilotage</b> - Présentation des conclusions - Priorisation des questions non résolues à traiter lors de la phase 2	26 janvier 2010
	- Recherche documentaire d'études individuelles - Analyse critique et synthèse des données	Février 2010 Mai 2010
2	<b>Deuxième réunion du Comité de relecteurs</b>	03 juin 2010
3	Réunion <b>Comité de pilotage</b> avec Amorce Délivable de : - Rapport préliminaire scientifique - Ouvrage vulgarisé	17 septembre 2010
	- Finalisation des chapitres par traitements de déchets - Echanges de travail avec les experts « ressources » - Validation des discussions et conclusions par le groupe de relecteurs - Intégration des commentaires	Octobre 2010 Novembre 2010
	<b>Troisième réunion du Comité de relecteurs</b> - Validation des conclusions des usines d'incinération des OM	03 Décembre 2010
	Trois réunions conférences téléphoniques : - Validation des conclusions des chapitres : Collecte- Tri et plateforme de compostage - Validation des conclusions : Centre de stockage - Validation du chapitre conclusion perspectives	16 décembre 2010 17 décembre 2010 03 janvier 2011
4	- Remise du rapport scientifique pour relecture (comité pilotage)	22 Décembre 2010
	- Intégration des commentaires - Remise du rapport scientifique et de la version vulgarisée prête pour édition pour l'ouvrage	Fin janvier 2011

# MÉTHODE

La question abordée dans ce rapport est :

**Quels sont les effets sanitaires (*cancers, maladies respiratoires, allergies, malformations congénitales,...*) liés aux différentes activités de gestion (*collecte et tri, compostage, incinération, stockage*) des déchets ménagers et assimilés (DMA) sur les professionnels concernés et la population riveraine ?**

## Méthode d'élaboration et d'actualisation

La méthodologie d'élaboration du rapport s'appuie sur une recherche exhaustive des sources documentaires, la qualification et l'indépendance d'un groupe de travail, ainsi que la transparence et la traçabilité du processus (Fervers B, 2001) ; il ne s'agit pas d'un travail d'expertise collective (AFNOR NFx50-110).

Les études épidémiologiques tiennent un rôle central dans l'analyse de risques et dans l'étude des associations entre facteurs environnementaux et professionnels. Seul un corpus de résultats d'enquêtes épidémiologiques, toxicologiques, expérimentales, et quantitatives apporterait une forte valeur de plausibilité de lien causal entre une exposition et un effet sur la santé, et non une enquête unique. Toute étude a donc besoin d'être comparée, confrontée à d'autres, pour atténuer les sources d'erreurs possibles et tester différentes hypothèses complémentaires ou concurrentes (Inserm, Décembre 2009)

Compte tenu de l'étendue du sujet de ce rapport et des moyens disponibles, il a été décidé d'effectuer, dans un premier temps, une revue méthodique des rapports de synthèse bibliographiques disponibles sur le sujet. Ces rapports et documents de synthèse ont été sélectionnés en fonction de leur qualité et pertinence scientifique et ont constitué une première base documentaire. Des rapports institutionnels (parlementaires, européens, internationaux...), des revues émanant d'associations ont également été repérés dans le but de compléter les publications académiques.

Dans un second temps, afin de limiter les biais liés au temps, une recherche et critique des données issues d'études primaires pour la période 2005-2010 ont été réalisées. Enfin, afin de compléter ce travail, les études primaires majeures (études princeps) prises en compte dans plusieurs rapports de synthèse ont été analysées individuellement.

## Création d'un comité de relecteurs

Un comité interdisciplinaire de professionnels dans les domaines de la santé, de l'épidémiologie, de l'environnement, des déchets, de la maîtrise de l'énergie, et de la toxicologie a été consulté pour avis, tout au long du processus d'élaboration de ce rapport.

Il leur a été demandé de signer une déclaration de conflits d'intérêts et un engagement de confidentialité : aucun contributeur ne déclare avoir de conflits d'intérêts.

## Recherche des données

### Critères de recherche

La recherche des rapports de synthèse a été réalisée selon les caractéristiques suivantes :

- ✓ Période : de 1990 à novembre 2009.
- ✓ Langue : anglais et français.
- ✓ Type d'études : revues systématiques, synthèse systématique des données, études épidémiologiques, méta-analyses, recommandations.
- ✓ Santé : humaine exclusivement (ni animale, ni in vitro).
- ✓ Les principaux mots clés utilisés sont :
  - déchets / waste,
  - gestion des déchets / waste management,
  - santé / health,
  - santé environnementale / environmental health,
  - santé au travail / occupational health,
  - effets secondaires / adverse effect,
  - recommandations / guidelines.

En premier lieu, un travail de typologie du thème « santé et déchets » (annexe 1) définit les dimensions du thème et les mots clés scientifiques pertinents. Mais en pratique, à part pour quelques bases documentaires, la rareté des données fait que seuls les mots clés principaux ont été utilisés, notamment dans les sites Internet.

La typologie a été utilisée pour la présentation des résultats.

La recherche des études individuelles a été réalisée avec les caractéristiques suivantes :

- ✓ Période : 2005-2010.
- ✓ Langue : anglais et français.
- ✓ type d'étude : Etudes épidémiologiques.
- ✓ Santé : humaine.
- ✓ Les principaux mots clés utilisés sont :
  - Déchets / waste,
  - Incinérateur/incinerators, incinerator and occupational,
  - Compost/compost,
  - Compostage/Composting,
  - Gestion des déchets / waste management,
  - Santé / health,
  - Santé environnementale / environmental health,
  - Santé au travail / occupational health,
  - Effets secondaires / adverse effects.

### Sources de données

NB : les bases de données bibliographiques sont présentées en détail en annexe 2.

Pour les rapports de synthèse de la littérature et les études individuelles, quatre types de sources de données ont été explorés.

Les bases de données pertinentes dans le domaine des recommandations :

- Medline
- Google Scholar
- BDSP
- CISMeF
- CMA Infobase
- NGC
- HTA database

Les bases de données pertinentes dans le domaine de l'environnement :

- TOXNET
- NIOSHTIC-2
- ROD
- ISD

Les sites Internet pertinents dans le domaine de l'environnement en France, en Europe et dans le monde.

Les références bibliographiques citées à la fin des articles sélectionnés.

## Critères de sélection des données

En accord avec les questions couvertes par ce rapport, le premier critère de sélection a été les études portant sur les déchets ménagers et assimilés. Ont été exclues les études concernant :

- Les déchets industriels ;
- Les déchets des exploitations animales ;
- Les déchets des activités de soins (DAS) et déchets des activités de soins à risque infectieux (DASRI) ;
- Les déchets radioactifs des centrales nucléaires et de l'activité médicale ;
- Les déchets contenant du mercure, et plus précisément les déchets de dentisterie (les amalgames dentaires) ;
- Les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) ;
- L'organisation de la gestion des déchets (diminution des quantités, réutilisation, optimisation des ressources, etc.) notamment au sein de l'hôpital ;
- La gestion des déchets sans la dimension d'effet sur la santé publique ;
- La gestion des eaux usées et des boues d'épuration (épandage) ;
- La gestion des effets sur la santé publique sans le lien spécifique avec la gestion des déchets ;
- Les études décrivant uniquement les données d'exposition donc les risques encourus, et non les effets de santé constatés ;
- L'analyse exclusive d'un composé chimique polluant.

Le deuxième critère de sélection a été le type de publications. Ont été incluses dans le présent rapport :

- Les synthèses des études épidémiologiques primaires sous forme de rapport de synthèse, des recommandations, des revues systématiques, synthèses systématiques des données, méta-analyses.
- Des études individuelles pour la période 2005-2010, c'est-à-dire publiées après la plupart des rapports.
- Des études épidémiologiques majeures (études princeps), prises en compte dans plusieurs rapports de synthèse et jugées de bonne qualité par les auteurs du rapport de synthèse. De plus, compte tenu de l'application des conclusions de ce rapport au contexte français, une attention particulière a été portée aux études princeps réalisées en France.

Le troisième critère de sélection était la qualité méthodologique des publications :

- Pour les rapports de synthèse, l'évaluation de la qualité méthodologique des rapports de synthèse est fortement liée à la façon dont sont rapportées les données. L'évaluation de la qualité méthodologique des rapports de synthèse s'est basée sur 12 critères, permettant de juger du caractère explicite du processus utilisés pour l'élaboration du rapport de synthèse (tableau 1). Ces critères ont été sélectionnés à partir de la grille AGREE (AGREE Collaboration, 2002). Les rapports dont la qualité estimée est inférieure à 5 critères sur 12 sont écartés.
- Pour les études individuelles, l'analyse critique s'est basée sur les critères relatifs aux différents types d'études épidémiologiques (application de certains critères selon la grille STROBE-STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology). (von Elm E, 2007)

Les études individuelles développées dans ce rapport sont :

- Les études jugées de bonne qualité par les auteurs du rapport de synthèse ;
- Les études citées plusieurs fois dans les rapports de synthèse ;
- Les études issues du contexte français dans lequel se situe ce rapport ;
- Les études individuelles de bonne qualité, publiée depuis 2005.

Les conclusions pour chacune des questions analysées dans ce rapport reposent sur l'analyse des rapports de synthèse, des études princeps et des études individuelles. Soit les résultats des études étaient concordants, soit ils étaient divergents, auquel cas la formulation de la conclusion finale a fait l'objet d'une analyse concertée, revue et discutée par l'équipe projet et le comité de relecteurs.

Tableau 1 : Liste des critères pour l'analyse de la qualité méthodologique des rapports de synthèse :

<b>Champ et objectif</b>
1. L' (les) objectif(s) du document est (sont) décrit(s) explicitement.
2. La (les) question(s) couverte(s) par le document est (sont) décrite(s) explicitement.
3. Les populations auxquelles le document doit s'appliquer sont décrites explicitement.
<b>Participation des intervenants</b>
4. Le groupe ayant rédigé la synthèse sont des professionnels de la thématique.
5. Les utilisateurs cibles du document sont clairement définis.
<b>Rigueur d'élaboration du document</b>
6. Des méthodes systématiques ont été utilisées pour rechercher les preuves scientifiques.
7. Il y a un lien explicite entre les recommandations/les conclusions et les preuves scientifiques sur lesquelles elles reposent.
8. Le document a été revu par des experts externes avant sa publication.
9. Les forces et les limites des preuves scientifiques sont clairement définies.
<b>Clarté et présentation</b>
10. Les recommandations / conclusions sont précises et sans ambiguïté et sont facilement identifiables.
<b>Applicabilité</b>
11. Les barrières potentielles à l'application des recommandations/conclusions ont été discutées.
<b>Indépendance éditoriale</b>
12. La rédaction du document est indépendante et sans conflits d'intérêts des membres du groupe ayant élaboré les recommandations/conclusions

## Établissement d'un « niveau de preuve »

L'analyse des données disponibles de la littérature a soulevé la question suivante : comment indiquer au lecteur, de façon systématique, la capacité à répondre aux questions posées et le degré d'incertitude ?

Afin de hiérarchiser les conclusions pour les différentes questions abordées dans ce rapport, le groupe projet a proposé d'utiliser une grille dont chaque niveau est fonction du type, de la qualité, de la concordance et de l'importance des résultats statistiques des études (World Cancer Research Fund, 2007 ; Sackett DL, 1989). La formalisation d'un « niveau de preuve » fait partie intégrante de la méthode d'élaboration d'une synthèse méthodique (Cook DJ, 1995).

Il existe de nombreuses grilles d'évaluation des niveaux de preuve, souvent développées pour juger des données scientifiques dans le domaine de l'évaluation thérapeutique. Celles-ci considèrent généralement les études épidémiologiques à un niveau de preuve assez faible. Il convient de préciser

que les méthodes utilisées pour conduire des essais cliniques ne sont généralement pas applicables à l'étude des effets sanitaires des expositions environnementales. Concernant l'évaluation et la synthèse des données relatives aux risques et aux effets des expositions à des substances, agents ou situations à risque, il existe beaucoup moins de grilles.

Après revue des grilles disponibles (CIRC, US EPA, WCRF-World Cancer Research Fund...), la grille proposée dans le présent rapport s'appuie sur la grille du WCRF et l'American Institute for Cancer Research (AICR) utilisée en 2007 pour élaborer le rapport « Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer » (WCRF, 2007). Ce travail reposait sur des revues systématiques et des méta-analyses, soumises à une évaluation indépendante par un panel d'experts internationaux.

Tous ceux qui se sont livrés à l'établissement d'un niveau de preuve, savent qu'il n'est pas facile de développer une telle grille « simple et lisible » et surtout consensuelle. Notre proposition a une valeur d'essai avec pour objectif de fournir une qualification des résultats obtenus afin que le décideur connaisse la capacité des données scientifiques disponibles à répondre à la question posée de l'impact sanitaire, ainsi que le degré d'incertitude pouvant être lié aux conclusions de la littérature.

## Proposition d'application pratique :

Quatre « niveaux de preuve » sont proposés (WCRF, 2007) et appliqués à la thématique du présent rapport :

**Convaincant** : niveau qui repose sur des preuves solides suffisantes pour soutenir un jugement convaincant : nombreuses synthèses dont les conclusions sont homogènes ; études initiales de bonne qualité, nombreuses et cohérentes.

**Probable** : niveau qui repose sur des preuves suffisamment solides (nombreuses synthèses), en faveur d'une association (études individuelles bien menées et cohérentes) et dont les conclusions sont en majorité homogènes.

**Possible** : niveau qui repose sur des preuves suggérant l'existence d'une association, mais des limites existent (nombre de synthèses disponibles limité et/ou conclusions divergentes et/ou faiblesses méthodologiques des études individuelles et/ou études individuelles aux résultats divergents).

**Conclusion impossible** : niveau qui repose sur des preuves limitées ne permettant pas de conclure à l'existence d'une association entre l'exposition et l'effet sur la santé (nombre de synthèses trop faible et nombre très faible d'études initiales et conclusions discordantes). L'absence de preuve ne signifie pas la preuve de l'absence d'effet.

# COLLECTE ET TRI

En 2007, le service public des déchets a collecté près de 38 millions de tonnes de déchets ménagers. Les ordures ménagères résiduelles constituent plus de la moitié des déchets collectés, avec un ratio par habitant qui diminue légèrement de 327 à 316 kg/habitant entre 2005 et 2007. A l'inverse, le tri sélectif du verre et des matériaux secs est en augmentation, les quantités collectées sont passées de 69 à 74 kg/habitant.

Les centres de tri reçoivent les déchets issus de la collecte sélective. Les déchets sont majoritairement triés par type de matériau : plastique, acier, aluminium, carton, papier. Ce tri est en partie réalisé mécaniquement par détection optique ou par magnétisme et en partie manuellement, notamment pour retirer tous les produits non-recyclables. (ADEME, 2009)  
Le présent rapport se limite au champ du service public de gestion des déchets ménagers, mais une évaluation complète de la filière au regard des autres filières nécessiterait la prise en compte des impacts sanitaires des installations de recyclage (plasturgies, verreries, aciéries, métallurgies, ...) qui ne sont pas abordés dans cette étude.

## Polluants émis lors de la collecte et dans les centres de tri

Nous avons fait le choix de réunir ces deux modes de traitement des déchets ménagers dans la mesure où les rapports de synthèse et les études publiées les abordent ensemble, tout en donnant si possible des informations sur les pratiques.

Les filières de traitement des déchets où les déchets ménagers sont manipulés, de façon manuelle et/ou mécanique, exposent les travailleurs essentiellement à des poussières d'agents biologiques dispersés dans l'air (bioaérosols), et à des composés organiques volatils non microbiens, dans des environnements confinés.

Nielsen, au Danemark, a mené plusieurs études visant à mesurer les variations en microorganismes respirés par les travailleurs chargés de la collecte et du tri de déchets ménagers en les équipant de pompes individuelles. Les concentrations moyennes en microorganismes totaux atteignent de  $10^5$  à  $10^6$  UFC\*/m<sup>3</sup> (les champignons cultivables de  $10^4$  à  $10^5$  UFC/m<sup>3</sup>; les bactéries de  $10^3$  à  $10^4$  UFC/m<sup>3</sup>), les concentrations mesurées en milieu extérieur étant toujours plus basses que celles retrouvées sur les salariés. La proportion d'échantillons comportant une quantité élevée et de hautes concentrations en bactéries ( $10^4$  UFC/m<sup>3</sup>), permet de différencier les déchets verts (45% des échantillons), les déchets de papier et de verre (43%) et les déchets mixtes (38%). Pour les déchets verts, 76% des échantillons comportaient des concentrations élevées en champignons ( $>10^5$  UFC/m<sup>3</sup>) (Nielsen EM, 1997).

Les bactéries et les champignons sont régulièrement mesurés à des niveaux élevés dans les diverses ambiances de travail dans lesquelles on recherche surtout la présence de certains composés issus des microorganismes, endotoxines\* et (1-3)- $\beta$ -D-glucanes\* notamment, responsables de l'inflammation des voies respiratoires chez les sujets exposés.

Reinthalter *et al.* ont mené une étude en 1999 afin de comparer les concentrations microbiennes dans l'air ambiant et au voisinage de centres de tri des déchets. Les valeurs médianes en UFC/m<sup>3</sup> retrouvées sur les sites et dans le voisinage varient respectivement de  $3,4 \cdot 10^4$  à  $1,1 \cdot 10^5$  et de  $6,8 \cdot 10^4$  à  $1,4 \cdot 10^5$  pour les bactéries et de  $1,1 \cdot 10^2$  à  $2,0 \cdot 10^2$  et de  $1,1 \cdot 10^3$  à  $2,3 \cdot 10^3$  pour les champignons totaux (Reinthalter FF, 1998/1999).

En Pologne, lors de dosages atmosphériques chez les conducteurs chargés de la collecte et des ripeurs\*, parmi les genres pathogènes identifiés, les entérobactéries (*Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae*), témoins d'une contamination fécale des ordures ménagères, sont les plus fréquentes. Les *Staphylococcus aureus*, *Listeria*, *Pseudomonas* sont identifiés plus ponctuellement. Les niveaux en poussières totales sont en moyenne de  $6,3$  mg/m<sup>3</sup> ( $1,1$ - $16$  mg/m<sup>3</sup>) pour les conducteurs et de  $7,7$  mg/m<sup>3</sup> ( $0,6$ - $24$  mg/m<sup>3</sup>) pour les ripeurs. Pour les conducteurs chargés



de la collecte, la quantité de bactéries mésophiles\* varie de 22 à  $750 \cdot 10^3$  UFC/m<sup>3</sup> avec une moyenne de  $267 \cdot 10^3$  UFC/m<sup>3</sup>, les taux d'endotoxines dans l'air variant de 34 à 40 ng/m<sup>3</sup>, alors que ceux chargés du tri sont exposés à des taux ne dépassant pas 20 ng/m<sup>3</sup> (Krajewski JA, 2002).

Enfin en France, l'INRS a mené une étude de postes de travail dans des centres de tri (Rapp R, 2009). Les concentrations en bactéries ou en moisissures cultivables relevées dans les postes de travail étaient comprises entre  $10^4$  et  $10^6$  UFC/m<sup>3</sup>. La concentration en poussières variait suivant le point de prélèvement considéré entre 0,2 et 0,9 mg/m<sup>3</sup>.

## Aspects généraux sur la recherche bibliographique

La totalité des rapports de synthèse et des articles premiers concerne les filières de professionnels. Les requêtes bibliographiques réalisées n'ont pas permis d'identifier des études réalisées auprès de riverains.

La collecte et le tri des déchets ont fait l'objet de 8 rapports de synthèse publiés entre 1995 et 2009 sur les effets sanitaires encourus par les travailleurs, 1 au Danemark (Poulsen OM, 1995a), 6 en France (Saillard C, 2001) (Deloraine A, 2002) (Nedellec V, 2002) (RECORD, 2003), (Rosenberg N, 2007), (Marion Saint-Ouen, 2008), et 1 en Italie (Porta D, 2009).

Dans les revues de synthèse, les auteurs font référence aux nombreux travaux menés au Danemark par Sigsgaard (Sigsgaard T, 1994a.; Sigsgaard T, 1994b), Malmros (Malmros P, 1992), et Ivens (Ivens UI, 1999), ainsi que Wouters (Wouters Im, 2002) au Pays-Bas et Gladding au Royaume-Uni, (Gladding TL, 2003).

La recherche bibliographique d'études individuelles sur les années 2005-2010 a généré 16 articles d'intérêt (sur lecture du titre et résumé) mais seuls 7 (6 concernant la collecte, 1 concernant le tri) ont été retenus après lecture intégrale. Il est à noter que 4 études relatent des impacts sanitaires dans des pays étrangers (2 études réalisées au Brésil, 1 en Inde, 1 en Grèce) dont les pratiques de gestion ne sont pas connues. Le choix a cependant été fait que ces études demeurent malgré tout dans les résultats pour donner une vision globale de l'ensemble des impacts sanitaires des activités de collecte.

## Revue des effets sanitaires chez les salariés de la collecte et du tri

A l'heure actuelle, les ouvriers de la collecte et du tri des déchets ménagers sont exposés à des mélanges hétérogènes de poussières constitués de bioaérosols, de gaz et de vapeurs. Un excès de symptômes respiratoires et gastro-intestinaux est régulièrement rapporté, ainsi que des irritations oculaires et cutanées. De plus, les contraintes liées au type d'emploi exposent les salariés à des troubles musculo-squelettiques.

### Troubles respiratoires

L'ensemble des synthèses reprend les résultats de plusieurs études relatives aux manifestations respiratoires présentées par les travailleurs de la collecte et du tri des ordures ménagères. Les troubles respiratoires étudiés sont principalement l'asthme, la toux, les bronchites, et les signes d'irritation comme les allergies.

En particulier, les travaux de Sigsgaard et al. (systématiquement cités) décrivent les symptômes respiratoires chez des travailleurs de traitement et de recyclage des déchets au Danemark.

L'étude comprend 20 salariés du tri du papier, 8 agents chargés du compostage, et 44 employés au ramassage des ordures, comparés à 119 travailleurs d'usines de purification de l'eau. Les employés au ramassage des ordures sont exposés à une concentration significativement plus élevée de poussières totales que le groupe témoin. De même, le nombre total de microorganismes est

significativement plus élevé dans les ordures brutes collectées que dans les zones de tri du papier. La prévalence d'une oppression thoracique (14%), de symptômes pseudo-grippaux (14%), de démangeaisons des yeux (27%), de démangeaisons du nez (14%), et de douleurs ou de démangeaisons de la gorge (21%) ont été trouvés de manière significativement plus élevée parmi les employés au ramassage des ordures (Sigsgaard T, 1994b).

Sept synthèses reprennent l'étude de Malmros et al. qui rapportent 8 cas d'asthme et un de bronchite chronique parmi les 15 employés d'une usine danoise de tri. L'inspection des locaux montre l'accumulation de déchets humides au sein des matériaux recyclables. L'utilisation de convoyeurs ouverts et le nettoyage à l'air comprimé entraînent la formation importante d'aérosols. Les concentrations d'endotoxines mesurées en différents endroits de l'usine allaient de 480 à 990 ng/m<sup>3</sup>, elles variaient de 7.10<sup>2</sup>-1.10<sup>5</sup> UFC/m<sup>3</sup> pour les spores de champignons, de 5.10<sup>2</sup>-2.10<sup>4</sup> UFC/m<sup>3</sup> pour les bactéries Gram-négatives et de 1.10<sup>3</sup>-3.10<sup>5</sup> UFC/m<sup>3</sup> pour les bactéries totales (Malmros, 1992).

Trois rapports évoquent les études menées par Wouters et al. sur 47 salariés chargés de la collecte sélective ou non de déchets ménagers au Pays-Bas, comparés à 15 employés de bureau. La prévalence des symptômes respiratoires est plus élevée chez les employés au ramassage des ordures, avec des résultats significatifs pour les démangeaisons nasales (62,2% -  $p=0,01$ ). Les cellules inflammatoires et l'interleukine-8 (IL8), l'une des cytokines pro-inflammatoires, recherchées dans le liquide nasal, sont plus nombreuses en fin de semaine ou après la journée de travail, corrélées avec les taux de poussières et d'endotoxines (moyenne géométrique pour les poussières= 0,58 mg/m<sup>3</sup>, 39 EU/m<sup>3</sup> pour les endotoxines, et 1,3µg/m<sup>3</sup> pour les (1-3)-β-D-glucanes). Des taux élevés de IL8 sont associés à une plus grande fréquence de symptômes {taux de prévalence : sifflements de poitrine à l'auscultation = 4,28 ( $p=0,05$ ) ; toux chronique = 7,7 ( $p=0,05$ ) ; épisodes de toux = 2,52 ( $p=0,01$ ) } (Wouters, 2002).

L'ensemble des études (de 1992 à 1997 pour le tri et 2003 pour la collecte) s'accorde à dire que ces salariés présentent plus de troubles respiratoires aigus, parfois associés à des marqueurs d'inflammation, et régulièrement rapportés à l'abondance de bioaérosols. En France, des évolutions importantes que ce soit pour la collecte et le tri ont nettement amélioré les conditions de travail.

***Les résultats montrent une association convaincante entre troubles respiratoires aigus et exposition des professionnels de la collecte et du tri des déchets.***

Une seule étude récente en Inde, certes difficilement transposable en France, mais dont la qualité méthodologique est intéressante, montre que la proportion de pathologies respiratoires chroniques (bronchite chronique, asthme et bronchiectasie) est plus importante dans le groupe des employés au ramassage des ordures (8,1%) que dans le groupe témoin (2,1%). La différence est statistiquement significative. La régression logistique multivariée, prenant en compte différents facteurs dont le tabagisme, a indiqué que le risque d'avoir des pathologies respiratoires chroniques parmi les employés au ramassage des ordures était 4,24 fois plus élevé (OR =4,24 ; IC<sub>95%</sub>(1,24 - 14,50)) que dans le groupe témoin et le risque augmente de manière significative avec l'augmentation de l'ancienneté (OR=1,75 ; IC<sub>95%</sub>(1,09-2,81)) (Yogesh SD, 2008). Les données sont donc insuffisantes.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles respiratoires chroniques et exposition des professionnels de la collecte et du tri des déchets.***

## Troubles gastro-intestinaux

Six synthèses évoquent les problèmes gastro-intestinaux liés à la collecte et trois chez les professionnels du tri. Les troubles digestifs rapportés sont principalement des diarrhées et des nausées, des troubles mineurs.

L'étude par questionnaire d'Ivens et al. reprise dans 4 synthèses, auprès de 2 303 hommes chargés de la collecte des OM au Danemark et 1 430 employés municipaux considérés comme témoins a permis de constituer une matrice tâches/exposition intéressante, prenant en compte le type d'ordures collectées, la tâche ou le poste de travail, le type de contenants, la fréquence de la

collecte. Les microorganismes totaux (champignons + bactéries), les champignons et les endotoxines ont été quantifiés dans l'air des postes de travail. Une fréquence accrue de troubles de différents types mise en évidence en lien avec un niveau élevé de pollution aux postes de travail tant en microorganismes totaux qu'en champignons ou endotoxines.

Ainsi, l'odds-ratio de prévalence \* significatif (ORP) est de 4,59 (IC<sub>95%</sub>(2,74-7,71)) pour les signes de diarrhées, il est de 1,6 (IC<sub>95%</sub>(0,88-2,90)) pour les nausées chez les sujets fortement exposés aux endotoxines. Dans tous les cas, la fréquence des troubles gastro-intestinaux décroît avec la baisse des niveaux de pollution aux microorganismes. Dans cette étude, la collecte de vieux papiers (en sacs, en poubelles ou en containers) est génératrice de niveaux d'endotoxines aussi élevés que la collecte des OM. La collecte des OM en sacs est responsable d'un niveau d'endotoxines plus faible que les collectes en containers ou poubelles. La tâche de chargement des ordures dans les camions est toujours la plus exposante (Ivens UI, 1999). Sigsgaard et al. évoquent également une prévalence de nausées et de vomissements ou de diarrhées parmi les employés au ramassage des ordures. (Sigsgaard T, 1994a.)

Au Royaume-Uni, Gladding et al. rapportent que dans le groupe de salariés du secteur du tri des DMA les plus exposés aux poussières, 45,2% présentent des diarrhées ( $\chi^2 = 0,024$  ;  $p=0,05$ ), avec un odds-ratio ajusté de 3,55 (IC<sub>95%</sub> (1.29-9.76)), quand ils comparent le groupe le moins exposé au groupe le plus exposé. Les problèmes gastriques semblent liés aux niveaux de (1-3)- $\beta$ -D-glucanes, avec OR de 5,74 (IC<sub>95%</sub> (1,44-22,78)) (Gladding TL, 2003).

***Les résultats évoquent une probable association entre troubles digestifs et exposition des professionnels de la collecte et du tri des déchets.***

## Troubles dermatologiques

Les troubles dermatologiques étudiés sont principalement des éruptions, et des signes d'irritation comme les allergies. Ces troubles sont des troubles rapportés par les salariés dans des questionnaires d'enquête, sans confirmation médicale.

Trois synthèses ont analysé la survenue de troubles dermatologiques chez les professionnels de la collecte et du tri (Poulsen OM, 1995a), (RECORD, 2003), (Saint-Ouen M, 2008). Seule l'étude de Sigsgaard et al. qui rapportent un odds-ratio sur l'apparition d'irritations cutanées de 3,78 (IC<sub>95%</sub> : 1,46-9,8) est reprise dans deux synthèses (Sigsgaard T, 1997). Les données sont donc insuffisantes.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles dermatologiques irritatifs et exposition des professionnels de la collecte et du tri des déchets.***

## Troubles oculaires

Les troubles oculaires étudiés sont principalement des troubles irritatifs mineurs rapportés.

Deux des synthèses ont analysé la survenue de troubles oculaires chez les professionnels du tri des déchets et une chez les professionnels de la collecte (Deloraine A, 2002), (RECORD, 2003), (Saint-Ouen M, 2008).

Elles évoquent les travaux de Malmros et al. qui dans leur étude sur les travailleurs du tri de différents types de déchets, rapportent un odds-ratio concernant le prurit oculaire de 3,8 (IC<sub>95%</sub> 1,6-9,4). Ces symptômes sont des plaintes rapportées par les salariés sans confirmation médicale (Malmros P, 1992). Les données sont donc insuffisantes

***Il est impossible de conclure sur l'association entre la survenue de troubles oculaires irritatifs et l'exposition des professionnels de la collecte et du tri des déchets.***

## Troubles musculo-squelettiques

Le tri manuel des déchets est une répétition de gestes rapides, en général debout, avec une sollicitation importante des membres supérieurs mais aussi du tronc et du cou. Bien que les charges à soulever soient en général faibles, les cadences sont élevées. La répétitivité peut atteindre 2 000

objets prélevés par heure et par opérateur. Ces manutentions manuelles sont sources de troubles musculo-squelettiques diagnostiqués dont principalement des douleurs du dos, des épaules et des lombaires.

Les employés au ramassage des ordures collectent les ordures ménagères disposées le long des trottoirs et les charges dans une benne de camion spécialisé conduit par un chauffeur. Avec son, ou ses coéquipiers, il se tient debout sur le marchepied à l'arrière du véhicule. A chaque arrêt du conducteur, l'employé au ramassage des ordures doit monter et descendre de la cabine, transporter les poubelles, sacs, bacs roulants ou déchets en vrac parfois lourds. Sur les camions automatisés, après avoir actionné le lève-conteneur pour que les déchets se déversent dans la benne, il met en marche un système de broyage des ordures, sinon c'est l'opérateur qui soulève le conteneur. Il peut aussi participer à la collecte d'objets et de matériels lourds et encombrants dont les particuliers souhaitent se débarrasser. Il y a souvent des gestes répétitifs à cadence soutenue, avec mouvements répétitifs du rachis, des mains, poignets et avant-bras, et des postures inconfortables de travail impliquant des risques de troubles musculo-squelettiques, dont des douleurs dorsolombaires. Les contraintes sont variables en fonction du degré de mécanisation des camions.

Deux des synthèses citent la survenue de troubles musculo-squelettiques chez les professionnels de la collecte des déchets et une chez les professionnels du tri des déchets (Poulsen OM, 1995a), (Saillard C, 2001), (Saint-Ouen.M, 2008).

Dans sa synthèse, Poulsen et al. rapportent des problèmes musculaires et des contraintes sur la colonne vertébrale liés aux actions de tirer, pousser, pencher et soulever des conteneurs, des poubelles, ou des sacs souvent très lourds (Poulsen OM, 1995a).

Trois études individuelles supplémentaires analysent les risques ergonomiques et les douleurs musculo-squelettiques parmi des ouvriers des filières de collecte des déchets.

Da Silva et al. au Brésil, ont étudié les postures de travail chez les « chiffonniers ». Ces études montrent que le fait de pousser et tirer des chariots lourds, le travail répétitif et les postures statiques augmentent la prévalence des douleurs dorsolombaires chez les sujets (Da Silva MC, 2006) (Da Silva MC, 2005). Cependant ces données ne sont pas transposables au contexte français du traitement des déchets.

Kuijer et al. ont étudié la mise en place d'un système de rotation des postes de travail entre conducteurs et ripeurs pour étudier les troubles musculo-squelettiques. Trois groupes ont été constitués : deux groupes faisant des rotations (conducteurs/ripeurs), et un groupe sans rotation. Les résultats non statistiquement significatifs, ont montré dans les groupes effectuant des rotations deux fois plus de plaintes de douleurs dorsolombaires que dans celui sans rotation. (Kuijer PF, 2005).

Toutes ces études évoquent des excès de plaintes de douleurs du lombo-sacré chez les ouvriers. Selon l'INRS, la présence de facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques (tendinites, lombalgies...) nécessitent une attention particulière dans les centres de tri (INRS 2005, conception des centres de tri des déchets).

***Les résultats montrent une association convaincante entre troubles musculo-squelettiques et exposition des professionnels de la collecte et du tri des déchets.***

## Les maladies infectieuses.

Une synthèse (RECORD, 2003) rapporte l'étude de Ferreira et al. Des marqueurs de l'hépatite B ont été retrouvés chez 22 des 155 collecteurs de déchets au Brésil (soit 14,2% - résultats non significatifs) (Ferreira JA, 1999).

Dounias et al. en Grèce, ont recherché la prévalence des marqueurs du virus de l'hépatite A (HAV) et B (HBV) chez 71 travailleurs du secteur du déchets comparés à 88 autres non exposés. Pour l'hépatite A, les résultats sont statistiquement non significatifs, alors que pour l'hépatite B, 23,9% des sujets exposés montraient une séroprévalence positive ( $p < 0,01$ ). Le risque de contamination par l'hépatite B est avéré pour les professionnels ayant été exposés à du sang par les biais de matériel médical dans les ordures ménagères.

Un cas de séroconversion professionnelle au VIH chez un employé au ramassage des ordures a été rapporté (accident ayant eu lieu avant 2007, en France) ([www.inrs.fr/eficatt](http://www.inrs.fr/eficatt))

Le risque est donc réel mais très faible. De plus, les pratiques de collecte des déchets médicaux ont changées. En effet, ces déchets suivent normalement un circuit à part bien défini.

**Les résultats montrent une association convaincante entre le risque de contracter une maladie infectieuse suite à une blessure avec du matériel souillé chez les professionnels de la collecte et du tri des déchets.**

## Conclusion

Il convient tout d'abord de rappeler que les différentes études analysées portent sur des contextes professionnels disparates, qu'elles ont des objectifs différents, des méthodes de mesure et des effets recherchés spécifiques et des lieux d'études variés (Brésil, Grèce, Danemark...) qui rendent les comparaisons difficiles.

La comparaison et l'interprétation des résultats s'avèrent complexes du fait de la grande variabilité des résultats de métrologie d'une étude à l'autre et dans une même série de prélèvement ainsi que les différences entre les méthodes de prélèvement et d'analyse utilisées pour les bioaérosols.

Les études analysées, pour la plupart assez anciennes, chez les travailleurs affectés au tri ou à la collecte des déchets, mettent en avant la fréquence plus importante de troubles respiratoires aigus et gastro-intestinaux, souvent liés aux taux de bioaérosols mesurés dans les ambiances de travail (en particulier les endotoxines et les (1-3)- $\beta$ -D-glucanes). Les troubles musculo-squelettiques liés aux gestes et postures de travail sont avérés. Certains pays soulignent l'éventualité de contracter une maladie infectieuse (en particulier les hépatites B et C), car il existe un risque de pique et coupure avec des objets souillés par du sang.

De nombreuses questions concernent la responsabilité des microorganismes et de leurs constituants, leur mode d'action (allergie, effet pro-inflammatoire de différents constituants et notamment des endotoxines bactériennes). Si leur effet à court terme est documenté, les connaissances sur les effets à long terme dans ce secteur sont nettement insuffisantes.

Il n'existe pas de données sur le risque de cancers, et les troubles du développement foetal.

*Tableau 2 : Proposition d'application d'un « niveau de preuve » sur les effets sanitaires de la collecte et du tri des déchets ménagers sur les professionnels.*

Collecte et tri		
Pathologies	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains
Cancers	Pas de données	Pas de données
Troubles du développement foetal	Pas de données	Pas de données
Malformations congénitales	Pas de données	Pas de données
Troubles de la reproduction	Pas de données	Pas de données
Troubles cardiaques	Pas de données	Pas de données
Troubles respiratoires aigus	Convaincant (années 1990 et 2000)	Pas de données
Troubles respiratoires chroniques	Conclusion impossible	Pas de données
Troubles gastro-intestinaux	Probable	Pas de données
Troubles musculo-squelettiques	Convaincant	Pas de données
Troubles dermatologiques	Conclusion impossible	Pas de données
Troubles oculaires	Conclusion impossible	Pas de données
Maladie infectieuse	Convaincant (étranger)	Pas de données



# PLATEFORMES DE COMPOSTAGE

La valorisation organique des déchets ménagers et assimilés se développe progressivement. En 2009, l'enquête menée par le ministère du développement durable a permis d'estimer à 800 le nombre d'installations de compostage en fonctionnement en France, et à 4 millions de tonnes de compost produit. [Valorisation des déchets organiques : le compostage, Direction générale de la prévention des risques, novembre 2010].

Le compostage est un procédé de traitement biologique aérobie (en présence d'oxygène) en conditions contrôlées des matières fermentescibles contenues dans les déchets. Le compostage peut se réaliser sur différents types de déchets : déchets verts, FFOM (fraction fermentescible d'ordures ménagères), biodéchets collectés sélectivement. En conditions optimales théoriques, il produit du gaz carbonique, de l'eau, de la chaleur et un résidu organique stabilisé riche en éléments minéraux et en composés humiques : le compost. Ce compost, formé de matières organiques stabilisées, est utilisable en tant que produit constituant un amendement organique de bonne qualité (il doit répondre à la norme NFU 44-051 pour être mis sur le marché).

La décomposition comprend deux étapes qui se suivent et dépendent de la composition de la microflore :

- La fermentation ou phase thermophile (dégagement de chaleur) dure quelques semaines et se caractérise par une dégradation de la fraction organique simple. Durant cette étape, la multiplication des microorganismes saprophytes\* et la température élevée (environ 70°C) contribuent à détruire la plupart des microorganismes pathogènes fécaux présents dans le produit initial (phase d'hygiénisation) (ORS, 2007). Cette étape se caractérise par la multiplication des microorganismes thermotolérants et thermophiles. Elle nécessite l'aération des matières, par retournement, soufflage ou aspiration.

- La maturation ou phase mésophile commence lors de la diminution de la température et dure de quelques semaines à plusieurs mois, selon la qualité agronomique attendue du compost. A l'activité des premiers microorganismes succède celles des actinomycètes et champignons mésophiles, puis d'organismes de plus grandes tailles (vers...). Cette phase aboutit après retournement et criblage à l'homogénéisation du compost.

## Rejets et nuisances des plateformes de compostage

### Les refus

Le compostage génère des refus constitués de déchets solides le plus souvent des emballages, des débris de verre et de plastique et les métaux... Ces déchets sont alors redirigés vers d'autres filières de traitement des déchets (incinération ou stockage).

### Les eaux

Les eaux de percolation des différentes aires (fermentation, maturation et stockage) et les eaux de ruissellement du site sont des effluents du compostage. Les installations sont équipées d'aires bétonnées et étanches afin d'empêcher tout transfert de polluants vers les sols. Ces eaux sont collectées dans un bassin et traitées avant d'être rejetées dans l'environnement. Elles sont le plus souvent réinjectées dans le processus (recyclage). La



technique de compostage la plus génératrice est celle qui s'effectue à l'air libre : environ un tiers des pluies tombant sur la plateforme peut se retrouver sous forme de d'effluents liquides.

## Les odeurs

Lors de la plupart des étapes du compostage, des molécules odorantes sont émises dans l'air, leur nature dépend du type de déchets, de leur état de décomposition et du mode de conduite des étapes de fermentation et de maturation. Les principaux gaz, responsables de fortes odeurs, sont les mercaptans, l'ammoniac, des cétones et des esters. Néanmoins, dans le cas du compostage intensif, technique utilisée couramment pour le traitement des ordures ménagères, les plateformes sont couvertes et les gaz odorants sont captés puis traités.

La phase de stockage du compost n'est pas émettrice de nuisances olfactives puisque les déchets sont stabilisés, il n'y a plus de processus de fermentation.

## Polluants issus des plateformes de compostage

### Les émissions atmosphériques chimiques

Durant le compostage, divers gaz peuvent être émis dans l'atmosphère en fonction des conditions d'aération, de l'étape du traitement ou encore de la nature des déchets traités : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), oxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), des composés soufrés et de l'ammoniac principalement, et des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) en plus faible quantité. Lors du retournement des andains\*, des poussières peuvent être mises en suspension dans l'air, liées parfois à des éléments traces métalliques (ETM) ou des composées de traces organiques (CTO).

### Les microorganismes

La plupart des auteurs s'accordent à regrouper les microorganismes et leurs constituants présents dans le compostage et potentiellement dangereux pour la santé [Beffa, 1998] en trois groupes :

- Organismes pathogènes, d'origine fécale, présents dans les produits de départ en particulier dans les boues: bactéries, virus, parasites,
- Organismes allergisants ou pathogènes se développant durant le compostage : c'est surtout le cas des actinomycètes thermophiles et des champignons,
- Toxines et allergènes libérés par les agents constituants des bactéries et les champignons parfois métabolites secondaires (mycotoxines).

Au départ du compostage, les déchets compostés contiennent notamment un certain nombre de microorganismes d'origine fécale. Il s'agit de bactéries, de virus et de parasites. Parmi ceux-ci, certains sont pathogènes par voie digestive (*Salmonella spp*). Parce que certains germes entériques sont faciles à mesurer et plus résistants que les pathogènes, ils ont été mesurés, plus souvent que les pathogènes eux-mêmes, en tant qu'indicateurs d'efficacité du traitement. On classe ainsi dans cette catégorie les coliformes thermotolérants (dont *Escherichia Coli*), *Clostridium perfringens* ou encore les streptocoques fécaux.

Durant la phase de fermentation, la flore mésophile est remplacée par une flore thermophile parmi laquelle certains organismes présentent, dans certaines conditions, un



risque infectieux, allergique ou toxinique. Rentrant dans ces catégories les actinomycètes, les champignons et leurs spores.

Les concentrations d'actinomycètes peuvent atteindre des valeurs de  $10^8$  à  $10^9$ /g de matière sèche (MS) (Deportes, 1997 ; Wong, 2000). Les genres ou espèces majoritaires sont *Thermonospora* et *Thermoactinomyces* au début du compostage et *Saccharomonospora viridis* et *Faenia rectivirgula* en fin de compostage.

La flore fongique thermophile est présente à des concentrations de  $10^3$  à  $10^4$  UFC/m<sup>3</sup> (Tolvanen, 1998 ; Fischer, 2000). Les genres prédominants sont : *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* et *Rhizopus*. Les proportions sont très variables selon les études. *Aspergillus* représente souvent 60 à 90% des espèces thermotolérantes. Dans d'autres travaux *Penicillium* ou *Cladosporium* sont prédominants. Les concentrations sont de l'ordre de  $10^3$ - $10^4$  UFC/m<sup>3</sup>.

Les endotoxines sont des constituants de la paroi des bactéries Gram négatives qui sont libérés lors de la lyse et de la multiplication de celles-ci, elles sont présentes dans l'atmosphère des usines de compostage.

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires élaborés, dans certaines conditions, par certains champignons microscopiques notamment *Aspergillus*, *Trichocetium*, *Penicillium* et *Fusarium*. Certains de ces champignons étant présents dans les composts, la question de la présence de mycotoxines dans le compost et dans l'ambiance des usines s'est posée. Les risques liés à une exposition respiratoire et/ou cutanée aux mycotoxines ont été explorés à travers des études in vitro (cultures de cellules humaines ou animales) et in vivo sur des animaux. Ces études mettent en évidence leurs propriétés en particulier cytotoxiques, immunotoxiques et cancérigènes.

Par ingestion, les dangers liés aux mycotoxines sont assez bien connus (Johanning, 1999). Certains de ces composés sont cancérigènes (aflatoxines, ochratoxines), embryotoxiques (aflatoxines), immunotoxiques (fumonisines et trichothécènes, gliotoxines), hépatotoxiques et neurotoxiques. Néanmoins, par voie respiratoire, leurs effets sont moins bien connus. Les glucanes sont des polysaccharides que l'on trouve dans les parois cellulaires de plantes (avoine, orge) et de microorganismes (champignons, certaines bactéries et actinomycètes). *Actinomyces*, *Streptomyces* et de nombreux champignons produisent ainsi des glucanes. Les glucanes ayant les plus puissants effets immunobiologiques sont les  $\beta$ (1-3)-D-glucanes dont la source principale est la paroi cellulaire des champignons.

Expérimentalement, les glucanes sont des substances immunostimulantes qui ont la capacité d'amorcer différents systèmes cellulaires résultant en une sensibilisation aux endotoxines et à l'infection (Heederick, 2000). La question se pose donc de leur interaction possible avec les endotoxines mais aussi de leur rôle favorisant l'allergie.

## Aspects généraux sur la recherche bibliographique

Les plates-formes de compostage des déchets ménagers ont fait l'objet de 10 rapports de synthèse des données publiées entre 2001 et 2009. La synthèse de Gostelow (Gostelow, 2001) s'intéresse à la problématique des odeurs tant sur le plan de la composition que sur celui de l'effet sensoriel. Neuf rapports de synthèse (DELORAINÉ, 2002 ; SWPHO-Pheby, 2002 ; DEFRA, 2004 ; RECORD, 2003 ; Saint-Ouen, 2008 ; Schlosser, 2008 ; Domingo, 2009 ; Giusti, 2009 ; Porta, 2009) traitent des effets sanitaires sur le personnel de plateforme de compostage. Ces synthèses font un état des lieux des données d'observation des symptômes et maladies survenus chez des salariés de centres de compostage à partir de la description de cas cliniques et d'études épidémiologiques. Une seule étude individuelle aborde le risque de cancer chez les travailleurs (Nadal, 2009).

Quatre rapports de synthèse (SWPHO-Pheby, 2002 ; Giusti, 2009 ; Saint-Ouen, 2008 ; Domingo, 2009) analysent les effets sanitaires induits par les centres de compostage chez les riverains.

## Troubles de santé chez les professionnels des plateformes de compostage

### Les troubles respiratoires

#### Troubles respiratoires aigus

L'évaluation des risques liés à l'inhalation de bioaérosols est limitée par le peu d'informations disponibles sur l'exposition réelle des employés. L'étude de Sigaard en 1994, fait état de modifications de la fonction respiratoire et d'augmentation des symptômes d'irritation des voies aériennes supérieures (Sigaard, 1994).

En 2008, Schlosser (Schlosser, 2008) fait état d'une quarantaine d'études et de rapports disponibles publiés depuis une trentaine d'années. Les effets sanitaires décrits par l'auteur concernent les troubles respiratoires de types infectieux ou non infectieux c'est-à-dire allergiques et inflammatoires après l'inhalation des bioaérosols. Il constate que pour de faibles expositions, les manifestations inflammatoires sont des irritations du nez, de la gorge, des yeux, une toux accompagnée de sifflements. Pour des niveaux d'exposition plus importants il observe des manifestations pseudo-grippales avec fièvre, nausées et maux de tête.

Dans sa revue de 2009 (Schlosser, 2009), Schlosser montre que les résultats d'une dizaine d'études transversales convergent vers une augmentation (25 à 79%) de la prévalence des signes d'irritations des muqueuses des voies aériennes hautes liée à l'exposition professionnelle aux bioaérosols en plateformes de compostage. Une probable association entre le taux d'exposition et l'apparition de maladies respiratoires de types allergiques et inflammatoires est suggérée (Heldal, 2003). L'auteur relève pourtant des différences importantes de niveaux de concentrations en bioaérosols dans un même site et entre les sites (Schlosser, 2008).

Marion Saint-Ouen (Saint-Ouen M, 2008) et RECORD (Record, 2003) rapportent une augmentation de l'inflammation des voies aériennes supérieures, suggérant la présence d'endotoxines des bacilles gram négatif et de  $\beta(1-3)$ -D-glucanes des moisissures avec des concentrations mesurées auprès de travailleurs de 540 à 4850 ng/m<sup>3</sup>. Douwes (Douwes, 2000) met en évidence une fréquence des symptômes liés aux voies respiratoires hautes (25 à 79%) et une concentration en marqueurs d'inflammation, dans le liquide de lavage des fosses nasales chez le personnel exposé aux endotoxines avant/après la prise du poste par rapport à un groupe témoin non exposé.

Ces infections et réactions allergiques et/ou inflammatoires, sont parfois associées à des troubles respiratoires aigus dont la nature et l'importance sont « doses dépendantes ». Les auteurs précisent qu'il existe une possibilité de synergie entre différents agents produisant des réactions inflammatoires toxiques ou allergiques (comme par exemple les endotoxines, les champignons, les actinomycètes thermophiles, les COV). Il est difficile d'attribuer les effets observés à un agent biologique précis dans ce mélange complexe. Dans son étude transversale (Bünger, 2000) citée dans de nombreuses synthèses, Bünger montre une association significative ( $p=0.03$ ; Kruskal Wallis test) entre les troubles respiratoires et l'augmentation des taux d'anticorps IgG totale chez les travailleurs de centres de compostage.

D'autre part, Nadal (Nadal, 2009) montre que des expositions cumulatives par inhalation de polluants chimiques (COV) et biologiques chez des professionnels très exposés pourraient être à l'origine de cancers.

***Les résultats montrent une association convaincante entre troubles respiratoires aigus et exposition des professionnels des centres de compostage.***

## Troubles respiratoires chroniques

Une augmentation significative du nombre de bronchites chroniques chez 123 travailleurs exposés pendant 5 ans a été mise en évidence (RR = 1.41; CI<sub>95%</sub> (1.28-1.55)) suite à des examens cliniques et des demandes de questionnaires standardisés (Bünger J, 2000). Cette étude est la seule disponible dans la littérature. Compte tenu du nombre des sujets inclus, les données sont insuffisantes pour conclure à l'existence d'effets respiratoires chroniques dans cette filière.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles respiratoires chroniques et exposition des professionnels des centres de compostage.***

## Troubles dermatologiques

Dans cinq rapports de synthèse, les auteurs ont recensé un excès de symptômes cutanés comme des éruptions, des signes irritatifs chez les travailleurs par rapport aux groupes non exposés (Deloraine, 2002 ; Saint-Ouen, 2008 ; Giusti, 2009 ; Porta, 2009, Schlosser, 2008). Néanmoins, Schlosser souligne que la valeur de ces résultats reste limitée car la survenue des troubles a été signalée par auto-questionnaire (Schlosser, 2008).

***Les résultats suggèrent une possible association entre troubles dermatologiques rapportés et exposition des professionnels des centres de compostage.***

## Troubles gastro-intestinaux

En 2008, Marion Saint-Ouen et Schlosser (Saint-Ouen M, 2008 ; Schlosser, 2008) ont décrit la survenue de troubles digestifs (diarrhées) chez les professionnels des centres de compostage. Les deux rapports de synthèse concluent que les données sont en faveur d'un excès de risque. Ces résultats sont limités par le signalement par auto-questionnaire des troubles.

***Les résultats suggèrent une possible association entre troubles gastro-intestinaux rapportés et l'exposition des professionnels des centres de compostage.***

## Troubles oculaires

Quatre rapports de synthèse DEFRA, Porta, Domingo, et Schlosser, rapportent un excès de risque des troubles oculaires irritatifs mineurs (DEFRA, 2001 ; Porta, 2009 ; Domingo, 2009 et Schlosser, 2008). Ces résultats sont limités par le caractère subjectif des troubles et le signalement des troubles par auto-questionnaire.

*Les résultats suggèrent une possible association entre troubles oculaires rapportés et exposition des professionnels des centres de compostage.*

## Troubles de santé chez les riverains des centres de compostage

Concernant les effets sanitaires dans la population riveraine des sites de compostage les études épidémiologiques disponibles sont peu nombreuses et ont été menées au début des années 2000.

### Symptômes divers

Néanmoins, quatre rapports de synthèse (SWPHO, Pheby, 2002 ; Giusti, 2009 ; Saint-Ouen M, 2008 ; Domingo, 2009) rapportent la survenue de symptômes comme des nausées, maux de tête, vomissements et irritations (toux).

Les troubles rapportés par Domingo en 2009 sont en lien avec des nuisances olfactives et des irritations des voies aériennes supérieures. Saint-Ouen (Saint-Ouen M, 2008) fait référence à l'étude la plus importante menée en Allemagne chez 214 riverains par rapport à 142 non exposés lors d'expositions à des concentrations en microorganismes de l'ordre de  $10^5$  UFC/m<sup>3</sup>. Les auteurs montrent une augmentation des symptômes généraux, tels que, la fatigue excessive > 5x par an (RR = 2,80 IC<sub>95%</sub> (1,22-6,72)), et des tremblements (RR = 4,63 IC<sub>95%</sub> (1,44-20,85)) (Herr, 2003).

Cette étude apporte un poids supplémentaire.

*Les résultats suggèrent une possible association symptômes divers (nausées, maux de tête, vomissement et irritations) et exposition des riverains aux plateformes de compostage au début des années 2000.*

### Troubles respiratoires

Herr et al. ont également observé une augmentation des troubles respiratoires chez les sujets ayant résidé plus de 5 ans dans la zone la plus proche du site (de 50 à 200m sous le vent). Les risques relatifs sont pour les bronchites de 3,02 (IC<sub>95%</sub> (1,35-7,06)), pour le réveil dû à la toux de 2,70 (IC<sub>95%</sub> (0,23-6,10)), pour la dyspnée de repos de 3,99 (IC<sub>95%</sub> (1,31-15,19)), pour la dyspnée d'effort de 4,23 (IC<sub>95%</sub> (1,74-11,34)), et pour les toux au réveil ou durant la journée de 2,67 (IC<sub>95%</sub> (1,17- 6,10)) (Herr, 2003).

Cette étude, en dépit de sa nature transversale et du caractère subjectif de certains symptômes, apporte un argument complémentaire à la conclusion.

*Les résultats suggèrent une possible association entre troubles respiratoires et exposition des riverains aux plateformes de compostage (en sites ouverts) au début des années 2000.*

## Conclusion

L'étude du risque sanitaire relatif au compostage des déchets ménagers et assimilés concerne principalement les salariés des sites. Les études publiées sont essentiellement des études de type transversal, ce qui limite leur poids en matière d'argument épidémiologique. Par ailleurs, les expositions individuelles ont rarement été correctement caractérisées. Il est donc difficile de conclure quant à l'importance des risques et ce d'autant plus qu'il existe un possible effet du travailleur sain (travailleurs malades en raison de leur emploi quittant leur activité et donc exclus du champ d'investigation des études transversales)

Les données de la littérature montrent une association convaincante entre l'exposition aux bioaérosols en plateforme de compostage et le risque d'inflammation aiguë et transitoire des muqueuses respiratoires, de nature toxique et/ou allergique. Une possible altération de la fonction respiratoire à long terme peut être évoquée mais les données actuelles sont insuffisantes. Les résultats de mesure de la fonction respiratoire peu nombreux et divergents, ne permettent aucune conclusion.

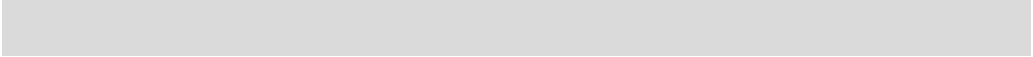
Les données concernant les infections à *Aspergillus* sont controversées car la survenue d'une aspergillose pulmonaire est très improbable chez le travailleur présentant un bon état de santé.

Les résultats suggèrent une possible association entre l'exposition aux agents biologiques et une augmentation des signes d'irritations des muqueuses oculaires, des troubles gastro-intestinaux, et des troubles dermatologiques.

Concernant les riverains, la littérature montre une possible association entre des symptômes divers rapportés et l'exposition aux microorganismes trouvés autour des usines de compostage. Dans son étude, Stagg a défini qu'au delà de 50m les concentrations sont substantiellement réduites par rapport à une zone proche de la source avec des concentrations plus élevées (de  $10^5$ CFU/m<sup>3</sup> à  $10^6$ CFU/m<sup>3</sup>air). (Stagg S, 2010).

Tableau 3 : Proposition d'application d'un « niveau de preuve » sur les effets sanitaires des plateformes de compostage sur les riverains et les professionnels.

Plateformes de compostage		
Pathologies	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains
Cancers	Pas de données	Pas de données
Troubles du développement fœtal	Pas de données	Pas de données
Troubles respiratoires aigus	Convaincant	Possible dans les années 2000
Troubles respiratoires chroniques	Conclusion impossible	Pas de données
Symptômes divers/subjectifs	Pas de données	Possible (nausées, maux de tête...)
Troubles dermatologiques	Possible	Pas de données
Troubles gastro-intestinaux	Possible	Pas de données
Troubles oculaires	Possible	Pas de données



# Cas de la méthanisation de la fraction fermentescible des ordures ménagères :

## Généralités

(Source : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer)

La méthanisation consiste en un traitement de déchets ou matières organiques fermentescibles en l'absence d'oxygène (en milieu anaérobie). Contrairement au compostage, ce procédé ne s'accompagne pas d'un dégagement de chaleur, et la température nécessaire au traitement (généralement autour de 38°C) résulte d'un apport extérieur de chaleur. Tous les déchets organiques, à l'exception des déchets ligneux (déchets de bois), peuvent être traités par méthanisation, et notamment les déchets et effluents liquides. Les principales matières traitées de la sorte sont les effluents industriels et les boues d'épuration urbaines ou industrielles.

Le procédé de la méthanisation est utilisé dans le nord de l'Europe (Allemagne, Danemark, Suède et Suisse) depuis de nombreuses années. Il a connu en France un développement très mesuré et principalement axé sur le secteur des boues d'épuration urbaines et industrielles.

Sous l'effet de la directive européenne du 19 novembre 2008 sur les déchets et des incitations financières mises en place dans le cadre de la politique française de lutte contre l'effet de serre, ce procédé fait aujourd'hui l'objet d'un fort regain d'intérêt. Il répond aux objectifs du Grenelle Environnement de valorisation de la part organique des déchets et de développement de la production de chaleur et d'électricité renouvelables. En France huit installations industrielles sont en fonctionnement pour le traitement de déchets ménagers en mélange ou après collecte sélective de la fraction organique.

Avec ou sans collecte spécifique des bio-déchets, il s'agit d'introduire dans le « digesteur » une matière organique à caractéristiques physico-chimiques maîtrisées avec le minimum de produits non organiques (inertes).

Ainsi une unité de méthanisation de bio-déchets ménagers fonctionne principalement en 3 étapes :

- Le prétraitement et la préparation des déchets, qui visent à éliminer les matériaux indésirables (inertes, plastiques, métaux..) et à homogénéiser le substrat avant son introduction dans le digesteur (broyage), cette étape est d'autant plus critique que les déchets admis constituent un mélange hétérogène (déchets résiduels en mélange) ;
- La phase de méthanisation ou digestion en milieu anaérobie avec montée en température ;
- Le post-traitement qui vise à déshydrater le digestat et à compléter sa dégradation et son hygiénisation (maturation), en vue d'obtenir un compost stabilisé. La problématique des débouchés est la même que pour les composts décrits ci-avant.

## Les rejets

La méthanisation de matières organiques aboutit à la production :

- D'une fraction gazeuse combustible, le biogaz, composée principalement de méthane (55 à 60% CH<sub>4</sub>) et de dioxyde de carbone (35 à 40 % CO<sub>2</sub>) et contenant habituellement des traces d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) ;
- De digestat (résidu composé d'éléments organiques non dégradés), comportant une fraction solide et une fraction liquide. La fraction solide peut être épandue,

sous réserve de son intérêt agronomique. La fraction liquide peut être utilisée comme engrais liquide, en substitution d'engrais chimiques.

## Incidences du traitement

- Le cœur du traitement par méthanisation se déroule impérativement en milieu strictement confiné, ce qui fait qu'il n'entraîne pas de nuisances odorantes ;
- La production de biogaz lors de la méthanisation représente un risque permanent en cas de fuite au niveau du digesteur ou des canalisations. Le biogaz peut en effet constituer une atmosphère explosive en mélange avec l'air, et la présence de H<sub>2</sub>S le rend fortement toxique : des consignes strictes de sécurité doivent donc être respectées lors de l'exploitation d'une installation de méthanisation. Ces risques ont été pris en compte dans le processus d'élaboration des textes réglementaires destinés à encadrer l'activité.

## Cinq Modes de valorisation du biogaz

### **Production de chaleur :**

L'efficacité énergétique est intéressante si le besoin en chaleur des débouchés est assez important pour permettre de valoriser le maximum de l'énergie disponible. Cela nécessite également des débouchés à proximité pour limiter le transport coûteux de la chaleur ou du biogaz.

### **Production d'électricité :**

L'efficacité énergétique est plus faible (37 %) du fait du rendement énergétique de l'électricité se limitant, pour des moteurs, aux environs de 33%. L'électricité produite fait l'objet de conditions d'achat définies par arrêté (juillet 2006).

### **Production combinée d'électricité et chaleur :**

La chaleur des gaz chauds issu de la production d'électricité peut être récupérée pour produire de la chaleur. L'efficacité énergétique est intéressante car cette valorisation permet de valoriser l'excédent d'énergie éventuel mais, nécessite pour la chaleur un débouché à proximité. Ce cas est encouragé par une prime à l'efficacité énergétique présente dans le tarif d'achat d'électricité.

### **Carburant Véhicule :**

Pour être utilisé en tant que carburant Véhicule, le biogaz suit une série d'étapes d'épuration / compression. Cette valorisation s'est principalement développée en Suède et en Suisse. En France, l'opération pionnière de Lille Sequedin permettra de mieux évaluer les aspects environnementaux de cette filière et les difficultés de mise en œuvre que ce soit d'ordre technique, économique, juridique.

### **Injection de biogaz dans le réseau :**

Pour être injecté dans le réseau gaz de ville, le biogaz suit une série d'étapes d'épuration / compression.

## Impacts sanitaires

La méthanisation présente *a priori* moins d'impacts sanitaires pour la population puisque la phase de fermentation anaérobie est réalisée en réacteur fermé ce qui limite les émissions de gaz (meilleure dégradation des COVNM10) et de particules, dans un premier temps. Néanmoins, les phases de stockage des déchets bruts, des andains et du compost se réalisent le plus souvent à l'air libre pour les deux modes de valorisation organique. Ce sont ces phases qui génèrent les principales émissions atmosphériques qui ont un impact probable sur la santé des riverains (Astee, 2006).

La méthanisation à partir de déchets ménagers connaît un développement récent, il n'existe donc pas d'études épidémiologiques publiées.



# UNITÉS D'INCINÉRATION DES ORDURES MÉNAGÈRES

L'incinération des ordures ménagères et assimilés est un mode de traitement thermique (combustion) des déchets qui consiste à brûler des ordures ménagères et assimilés en présence d'air, suivi d'un ou de plusieurs dispositifs de traitement des fumées. Ce traitement thermique permet de produire de la vapeur qui peut être utilisée dans un réseau de chaleur et/ou pour la production d'électricité (valorisation énergétique).

## Évolution du contexte réglementaire français

Aujourd'hui, avec 130 incinérateurs, la France représente le plus grand parc d'Europe en nombre mais pas en capacité. En 2007, le service public d'élimination des déchets (ménagers et assimilés) a collecté 37,8 millions de tonnes de déchets, dont 11,55 Mt ont été incinérées (30%) ; (ADEME Déchets en Chiffres, décembre 2009).

Les usines d'incinération sont réglementées par l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002, modifié le 03 août 2010, relatif aux installations d'incinération et de co-incinération des déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux. Ce texte est une transposition en droit national de la directive européenne du 4 décembre 2000 relative à l'incinération des déchets. Il prévoit notamment des mesures strictes pour traiter les fumées des usines d'incinération. Les gaz issus de la combustion de déchets doivent être portés à 850°C pendant deux secondes pour détruire les polluants organiques et font également l'objet d'une filtration. Des valeurs limites d'émission des gaz dans l'atmosphère sont fixées pour les principaux polluants : dioxines métaux lourds (plomb, mercure, thallium, cadmium, etc.), chlorure d'hydrogène, oxydes de soufre et d'azote, poussières, ammoniac.

Une valeur limite est également fixée pour le monoxyde de carbone afin de s'assurer de la qualité de la combustion. Les conditions dans lesquelles ces valeurs limites sont contrôlées, sont fixées par cet arrêté ministériel. Aujourd'hui, la mise en place d'un préleveur semi-continu pour les dioxines « va même au-delà » de la directive européenne incinération du 4 décembre 2000. Ces mesures font des centres d'incinération les usines les plus réglementées au niveau des émissions gazeuses.

## Les rejets

Grâce à l'évolution de la réglementation et aux investissements qui ont suivi, les quantités de polluants émis par les incinérateurs d'ordures ménagères ont considérablement diminué ces dernières années. De 1995 à 2006, les émissions de dioxines des incinérateurs d'ordures ménagères ont été divisées par un facteur supérieur à 100, passant de 1090 grammes par an en 1995 à 8,5 grammes par an en 2006, alors que la quantité de déchets incinérés a augmenté au cours de la même période.

Parallèlement, les émissions de métaux ont également fortement diminué. Les émissions de mercure ont, par exemple, été divisées par 7 depuis 1995, grâce à l'amélioration du traitement des fumées des incinérateurs, mais aussi parce que les ordures ménagères contiennent désormais moins de mercure.

On qualifiera d' « ancien » toute installation qui fonctionnait avant la mise aux normes suite à l'Arrêté Incinération du 20 septembre 2002.

## Rejets atmosphériques

Les rejets atmosphériques avant traitement des fumées d'une Unité d'Incineration d'Ordures Ménagères (UOM) contiennent de nombreux composés chimiques présents en quantité et en qualité variables. Le type et la concentration des substances émises dépendent essentiellement du procédé d'incinération, du type de déchets brûlés, des conditions de combustion et du dispositif de traitement des fumées. Certaines substances sont inhérentes à la nature des déchets incinérés, d'autres sont formées au cours de la combustion incomplète des déchets, ou encore lors du refroidissement des gaz. D'après le National Research Council US (NRC, 2000) les principales substances concernées sont l'oxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'acide chlorhydrique (HCl), les dioxines et furanes (PCDD/F) et les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les poussières et des métaux lourds (aluminium, arsenic, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, fer, manganèse, mercure, nickel, plomb, zinc).

Le terme "dioxine" désigne un ensemble de molécules chimiques organiques chlorées présentant une structure chimique similaire. 17 de ces molécules sont considérées comme toxiques. La dioxine la plus toxique est la 2, 3, 7, 8, tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD) dite « dioxine de Seveso ». Elles sont émises en tant que sous-produits d'activités humaines telles que l'incinération et la combustion. Ce sont aussi des impuretés de procédés de fabrication de certains pesticides et sont produites naturellement lors des feux de forêts ou d'éruptions volcaniques.

Les polychlorobiphényles (PCB) constituent une famille de 209 congénères dont la structure moléculaire est similaire. Douze des PCB ont une structure similaire aux 17 dioxines classées toxiques et sont appelées 'dioxine-like' (ex : 3,4,4',5-Tétrachlorobiphényle). Ils sont aussi générés et libérés dans l'environnement en tant que déchets dérivés de la fabrication de produits chimiques (industries synthétisant des composés organochlorés) et de l'incinération.

*(cf. tableau sur les substances retrouvées dans les traitements des DMA classées par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) mis en annexe car se réfère à l'ensemble des chapitres)*

## Rejets liquides

Une usine d'incinération émet des effluents liquides de différentes natures :

- Les eaux industrielles qui comprennent les eaux de lavage des sols, de rinçage des conteneurs, des mâchefers (partie non combustible des déchets), du rejet de la déminéralisation de l'eau de chaudière, qui sont traitées avant envoi en station d'épuration ou recyclées au cours du procédé pour le traitement des fumées ou l'extinction des mâchefers ;
- Les eaux recueillies après lavage des fumées ne concernant que certaines usines (celles qui ont un procédé de traitement des fumées par voie « humide » doivent être traitées pour en extraire les polluants avant rejet.

## Résidus solides

- Les mâchefers : après criblage et extraction pour valorisation des métaux ferreux et non ferreux, les mâchefers peuvent suivre trois voies selon leur comportement à la lixiviation\* :
  - Ils sont directement valorisés en matériau de remblais ou sous-couche routière (V) ;
  - Ils sont valorisables après traitement ou maturation (M) ;
  - Ils sont dirigés vers des installations de stockage de déchets non dangereux (S).
- Les résidus d'épuration des fumées d'incinération d'ordures ménagères (Refiom) : ils sont collectés au niveau des filtres à manches ou de la tour de neutralisation, et sont entre autres stabilisés et stockés en centre de stockage de déchets dangereux (DD).

L'exploitant doit procéder trimestriellement par l'intermédiaire d'un organisme extérieur à un contrôle de la teneur en imbrûlés des mâchefers et de la qualité des résidus de l'épuration des fumées et des mâchefers (test de lixiviation et analyse des lixiviats).

L'exploitant doit procéder mensuellement par l'intermédiaire d'un organisme extérieur à un contrôle de la teneur en imbrûlés et de la qualité des mâchefers et trimestriellement à un contrôle de la qualité des résidus de l'épuration des fumées (test de lixiviation\* et analyse des lixiviats\*).

## Aspects généraux sur la recherche bibliographique

Les usines d'incinération des déchets ménagers et assimilés ont généré un nombre élevé de synthèses. Treize rapports publiés entre 2001 et 2009 ont été analysés: (Hu, 2001 ; SWPHO-Pheby D, 2002 ; InVS, 2003 ; DEFRA, 2004 ; Franchini, 2004 ; MEDDAT, 2004 ; ORSIF, 2005 ; Cormier, 2006 ; WHO, 2007 ; Saint-Ouen M, 2008 ; Associazione, 2008 ; Giusti, 2009 ; Porta, 2009).

Treize rapports de synthèse s'intéressent aux effets sanitaires chez les riverains des sites d'incinération. Les principaux effets sanitaires étudiés sont les troubles respiratoires, le développement de cancers et les effets sur la reproduction et le développement des enfants. (Hu, 2001 ; SWPHO-Pheby D, 2002 ; InVS, 2003 ; MEDDAT, 2004 ; Franchini, 2004 ; DEFRA, 2004 ; ORSIF, 2005 ; WHO, 2007 ; Cormier, 2006 ; Saint-Ouen M, 2008 ; Associazione, 2008 ; Porta, 2009 ; Giusti, 2009)

Six rapports de synthèse ont été publiés sur la population professionnelle exposée aux incinérateurs dont cinq s'intéressent aux troubles respiratoires, cardiaques, digestifs et de la reproduction (Hu, 2001 ; SWPHO-Pheby, 2002 ; InVS, 2003 ; MEDDAT, 2004 ; Porta, 2009), un seul aborde les cancers (Franchini, 2004).

Dans les rapports de synthèse, 9 études princeps sont prises en compte régulièrement : (Hours, 2003 ; Cordier, 2004 ; InVS, 2005 ; Viel, 2008 ; Floret, 2003 en France ; Rapiti, 1997 en Italie ; Gustavson, 1989 en Suède ; Elliot, 2001 en Grande-Bretagne ; Shy, 1995 aux USA).

Sept études individuelles publiées depuis 2005 ont été identifiées.

Parmi ces 7 études, deux s'intéressent aux effets sur la santé des salariés d'unités d'incinération des ordures ménagères. 1 étude en France analyse les effets des polluants sur la fonction pulmonaire (Charbotel, 2005) et l'autre en Italie traite de la survenue de troubles du développement foetal et d'anomalies congénitales (Vinceti, 2008).

Chez les riverains, 3 études individuelles récentes concernent les troubles du développement (2 en Europe, Vinceti, 2009 ; Cordier, 2010 et une à Taiwan Lin, 2006). En 2007, l'étude de Zambon évalue le risque de développer un sarcome lié aux émissions de fumées d'incinérateurs (Zambon, 2007). L'étude de l'InVS de 2008 analyse l'incidence des cancers à proximité des usines d'incinérations en France (Fabre P, 2008).

## Revue bibliographique des effets sanitaires des unités d'incinération des DMA.

L'ensemble des données concerne d'anciennes unités d'incinération, avant leur mise en conformité, achevée en décembre 2005 (ADEME, 2005).

Les effets sur la santé des rejets d'incinérateurs, mélange complexe de plusieurs composés dont la toxicité peut engendrer des effets multiples et retardés- ne peuvent s'étudier qu'après prise en compte du temps de latence d'apparition de certaines pathologies comme les cancers. La pollution liée aux usines d'incinération d'ordures ménagères demeure donc un sujet d'inquiétude pour les populations professionnelles et riveraines.

## Présence de mutagènes et de biomarqueurs dans les fluides biologiques

Dans sa synthèse, Hu rapporte deux études dont les résultats montrent une prévalence de mutagènes\* urinaires (jusqu'à 9,7 fois plus) chez les salariés d'UIOM par rapport aux groupes non exposés (Hu, 2001).

*Takata et al.* ont conduit une étude au Japon sur 92 travailleurs d'un incinérateur de DMA exposés à la dioxine. Les résultats des concentrations sanguines en dioxines sont plus élevés que celle des personnes riveraines mais aucun signe clinique n'est associé (Takata, 2003).

Hours *et al.* trouvent un taux de plomb sanguin significativement plus élevé ( $9,11 \pm 5,5\mu\text{g} / 100\text{ml}$  vs  $6,32 \pm 3,4 \text{ *g} / 100\text{ml}$ -  $p < 0,05$ ) chez les salariés chargés de la maintenance et des effluents (Hours, 2003). Des prélèvements biologiques effectués sur les salariés de ces mêmes centres ne montrent pas de différence entre le début et la fin de poste. Il n'existe donc probablement pas une exposition professionnelle typique de cette activité, mais des profils d'exposition susceptibles de varier d'un poste à l'autre et d'un site à l'autre. (Maitre, 2003)

Les données montrent une prévalence de mutagènes urinaires et une augmentation des biomarqueurs (taux sanguins de plomb et de dioxines) chez les travailleurs d'UIOM.

## Troubles de santé chez les professionnels d'incinérateurs de déchets ménagers.

### Troubles respiratoires

Quatre rapports de synthèse analysent les troubles respiratoires chez les professionnels des UIOM. Les principaux effets répertoriés sont la toux, les bronchites, les irritations dues aux allergies, et l'asthme (Hu, 2001 ; SWPHO, Pheby , 2002 ; MEDDAT, 2004 ; Porta, 2009).

Deux études françaises majeures sont reprises dans les synthèses :

Hours *et al.* ont mené une étude transversale sur trois incinérateurs en région Rhône-Alpes (2 à Lyon et 1 à Grenoble). La fonction respiratoire étudiée chez 102 travailleurs exposés aux produits de combustion apparaît altérée avec un excès de problèmes respiratoires. Une association significative entre la baisse du débit respiratoire et la durée d'emploi dans le centre d'incinération est établie (OR : 6,58 ; IC<sub>95%</sub> (2,18-19,85)) (Hours, 2003).

Après analyse plus approfondie de la fonction pulmonaire par spirométrie, de travailleurs exposés / non exposés, les résultats suggèrent une augmentation modérée de troubles obstructifs, en accord avec les faibles taux de polluants identifiés (Charbotel, 2005).

***Les résultats suggèrent une possible association entre troubles respiratoires aigus et exposition des travailleurs d'UIOM.***

### Troubles de la grossesse et du développement foetal

Une seule étude épidémiologique récente aborde cette question. Elle ne montre pas d'augmentation d'anomalies congénitales (faciales, urinaires, système reproducteur) (RR=0.64) ni de risques d'avortements spontanés (RR=1.04 ; IC<sub>95%</sub> (0.38-2.30)) chez les salariées d'un incinérateur en Italie (Vinceti, 2008). Les données sont insuffisantes.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles de la grossesse, de développement foetal et exposition des travailleurs aux UIOM.***

### Troubles cardiovasculaires

SWPHO-Pheby D, 2002 ; Hu, 2001 ; InVS, 2003 mentionnent la survenue de troubles cardiaques ischémiques chez les professionnels des UIOM.

Hu (Hu, 2001) fait référence à l'étude menée par Gustavson en 1989 sur des employés d'une UIOM en Suède. Cette étude décrit un excès non significatif de décès par atteinte cardiaque ischémique (SMR=138 IC<sub>95%</sub> (95-193)) (Gustavson, 1989). Les données sont insuffisantes.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles cardiovasculaires et exposition des professionnels aux UIOM.***

## Tous types de cancers

Deux rapports de synthèse ont analysé ce critère de façon globale sans distinction de la localisation du cancer chez les professionnels des UIOM.

Les conclusions observées dans ces deux rapports de synthèse suggèrent que les données sont insuffisantes pour conclure à une association entre l'exposition des professionnels aux UIOM et l'augmentation de risque de cancer (sans distinction de localisation) (SWPHO-Pheby, 2002 ; MEDDAT2004).

***Il est impossible de conclure sur l'association entre tous types de cancer et expositions professionnelles aux UIOM.***

## Cancer du poumon

Quatre rapports de synthèse ont étudié la survenue de cancer du poumon chez les professionnels des UIOM (Rushton, 2004 ; Hu, 2001 ; InVS, 2003 ; Franchini, 2004). Ils s'appuient sur l'étude de Gustavson qui observe un excès de décès par cancer du poumon (SMR=3,55 ; IC<sub>95%</sub> (1,62-16,5)) dans une usine d'incinération de Stockholm (Gustavson, 1989).

Alors que l'étude de Rapiti établie en 1997, vient contredire ces résultats en n'observant aucun excès d'incidence de cancer du poumon chez les professionnels (Rapiti E, 1997). Les données sont insuffisantes.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre cancer du poumon et exposition des professionnels aux UIOM.***

## Cancers gastro-intestinaux

Trois rapports de synthèse analysent l'apparition de cancers digestifs, et de cancer de l'œsophage chez les professionnels des UIOM (Porta, 2009 ; InVS, 2003 ; Franchini, 2004°).

L'étude de Rapiti citée régulièrement dans les rapports de synthèse montre un excès de cancers de l'estomac chez les salariés d'incinérateurs d'ordures ménagères à Rome, (RR=2,79 IC<sub>90%</sub> 0,94-6,35) (Rapiti, 1997).

En raison des faibles effectifs concernés et du temps de latence (10 ans après la première exposition), les données dont on dispose ne sont pas suffisantes.

***Il est impossible de conclure sur l'association cancers gastro-intestinaux et exposition des professionnels des UIOM.***

**Troubles de santé chez les riverains d'incinérateurs de déchets ménagers.**

## Troubles respiratoires

Huit rapports de synthèse analysent la survenue de troubles respiratoires chez les riverains des UIOM. (Cormier, 2006 ; Giusti, 2009, Hu, 2001 ; SWPHO-Pheby D, 2002 ; DEFRA, 2004 ; InVS, 2003 ; ORSIF, 2005 ; Porta, 2009).

Plusieurs rapports de synthèse reprennent les résultats des études de cohorte de Shy en 1995 et de Mohan en 2000 qui décrivent la prévalence de symptômes respiratoires au sein de trois communautés de Caroline du Nord (USA), exposées aux rejets d'incinérateurs de déchets ménagers. De nombreux examens ont été pratiqués (examen des lavages nasaux, mesures de la capacité pulmonaire...), et complétés par un questionnaire médical recensant entre autres les facteurs de confusion. Aucune différence significative entre les riverains et témoins n'a été mise en évidence. En outre, les niveaux de pollutions particulières mesurés étaient similaires dans chaque zone. (Shy, 1995 ; Mohan, 2000).

Dans une étude française de cohorte en 1984, l'équipe de Zmirou s'est intéressée à la consommation de médicaments à visée respiratoire de trois groupes de populations (appariés sur le sexe, l'âge et la catégorie socioprofessionnelle) résidents dans des zones plus ou moins éloignées d'un incinérateur de déchets ménagers et industriels. Les auteurs observent une diminution de la consommation de ces médicaments avec l'éloignement des incinérateurs. Ils soulignent néanmoins que les différences observées seraient surtout attribuables à la petite taille de l'échantillon et la présence de quelques sujets très gros consommateurs de ces médicaments (Zmirou, 1984).

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles respiratoires et exposition des riverains aux UIOM.***

## Troubles de la reproduction et du développement

### Troubles de la reproduction

Six rapports de synthèse ont analysé la survenue de troubles de la reproduction chez les riverains des UIOM : (InVS 2003 ; Cormier 2006 ; Hu2001 ; SWPHO-Phéby 2002 ; ORSIF 2005 ; Saint-Ouen M, 2008).

Une étude de cohorte écossaise menée entre 1976 et 1983 autour de deux incinérateurs (déchets ménagers et industriels), indique un taux plus élevé de naissance de jumeaux pour les zones les plus proches des sites (période 1976-1979 : RR=1,7 ; période 1980-1984 : RR=2,6) (Lloyd, 1998).

Rydhstroem, à l'inverse, observe un défaut de naissances multiples dans son enquête écologique suédoise menée entre 1973 et 1990 auprès d'habitants de 14 communes abritant un incinérateur (RR=0,46, IC<sub>95%</sub> (0,29-0,63)) (Rydhstroem, 1998).

A Taiwan en 2006, Lin montre de faibles effets sur les poids de naissance et le sex-ratio d'enfants de riverains, mais des effets non négligeables ont été observés sur la durée de gestation de femmes résidant aux alentours d'incinérateurs (Lin, 2006).

***Les résultats suggèrent une possible association entre troubles de la reproduction et exposition des riverains aux UIOM (non mis en conformité).***

### Les malformations congénitales

Quatre rapports de synthèse ont analysé la survenue de malformations congénitales chez les enfants des riverains des UIOM : SWPHO-Pheby D, 2002 ; Franchini, 2004 ; Porta, 2009 ; Saint-Ouen, 2008.

Le type de malformations congénitales constaté est multiple et variable d'une synthèse à l'autre. Les résultats des rapports de synthèse s'appuient sur les travaux de nombreuses équipes et en particulier sur deux études en Rhône-Alpes.



Les résultats d'une première étude écologique indiquent une fréquence plus élevée de certaines malformations (fentes faciales, dysplasies rénales) dans les communes exposées aux rejets atmosphériques d'incinérateurs que dans les communes non exposées [Cordier, 2004]. Cette première étude a été complétée par une étude de type cas-témoins avec modélisations des rejets et retombées en dioxines/furanes et en métaux lourds issues de 21 incinérateurs de la même région. Les auteurs montrent une augmentation du risque de malformations des voies urinaires (OR 2,95, IC95%:1,47-5,92) chez 304 enfants nés entre 2000 et 2003 de mères exposées pendant les premiers mois de la grossesse [Cordier, 2010].

L'étude de Vinceti menée en Italie sur l'incinérateur de Modène ne montre pas d'augmentation du nombre de malformations congénitales dans la descendance d'un faible effectif de mères les plus exposées aux rejets de fumée (RR =0.64, IC95% 0.20-1.55) (Vinceti, 2009). Dummer décrit un excès de risque pour certaines anomalies congénitales graves (spina bifida : RR= 1,17 ; (IC95% :1,07-1,28)) et malformations cardiaques : (RR=1,12 (IC95% :1,03-1,22)) pour les mères ayant résidé à proximité d'un incinérateur (Dummer, 2003).

*Les résultats suggèrent une possible association entre certaines malformations congénitales et exposition des enfants de riverains aux UIOM avant mise en conformité.*

## Les troubles cardiovasculaires

Deux rapports de synthèse analysent la survenue de troubles cardiaques chez les riverains des UIOM (SWPHO- Pheby D, 2002 ; CORMIER, 2006).

Cormier retient une potentielle augmentation des accidents cardiovasculaires et une augmentation de péricardites alors que Pheby (SWPHO) pense que le manque de preuves ne permet pas de conclure. Les données sont insuffisantes.

*Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles cardiovasculaires et exposition des riverains aux UIOM avant mise en conformité.*

## Tous types de cancers

Neuf des rapports de synthèse ont analysé ce critère de façon globale en prenant en compte sans distinction tous types de cancers chez les riverains des UIOM (Associazione 2008 ; HU, 2001 ; SWPHO-Pheby , 2002 ; InVS, 2003 ; MEDDAT, 2004 ; DEFRA, 2004 ; Franchini, 2004 ; Giusti, 2009 ; Porta, 2009). Lorsque tous les types de cancers sont pris en compte, aucune relation entre la maladie "cancer" et l'exposition aux UIOM n'est mise en évidence.

En 2003, l'InVS a lancé une étude d'incidence dans quatre départements français (Isère, Haut-Rhin, Bas-Rhin et Tarn) possédant un registre de cancers, ayant une faible mobilité démographique et comprenant au moins une usine d'incinération fonctionnant entre 1973 et 1990. L'étude porte sur un total de 25 millions personnes-années. L'exposition aux rejets atmosphériques des UIOM a été estimée par modélisation spatiale en prenant les dioxines comme indicateurs des agents cancérigènes émis. L'analyse met en évidence un lien significatif entre le niveau d'exposition aux incinérateurs dans les années 70-80 et l'augmentation de la fréquence globale de cancers chez la femme (RR=1,06 (IC<sub>95%</sub> :1,01-1,12), p=0,01) (Fabre P, 2008). Compte tenu de la taille de l'étude et de sa rigueur méthodologique, cette dernière apporte donc un poids supplémentaire.

*Les résultats suggèrent une possible association entre l'augmentation de la fréquence globale de cancers chez la femme et exposition aux UIOM avant mise en conformité.*

## Cancer du poumon

Trois rapports de synthèse ont analysé la survenue de cancer du poumon chez les riverains des UIOM (Saint Ouen M, 2008 ; Porta, 2009 ; Orsif 2005).

Plusieurs études épidémiologiques ont décrit une incidence accrue de cancers du poumon ou du larynx aux alentours d'incinérateurs.

En 1996, Elliot montre un excès de risque significatif de 1,14 (IC<sub>95%</sub> (1,11-1,17)) pour les cancers du poumon chez les personnes de tous sexes confondus habitant à moins de trois kilomètres d'un incinérateur (Elliot, 1996). L'étude cas-témoins de Biggeri, à Rome, a estimé l'exposition de 755 hommes présentant un cancer du poumon, et autant de témoins (tous sexes) et conclue également à un excès de risque entre cancer du poumon et la proximité de résidence avec l'incinérateur, risque qui diminue très rapidement avec l'éloignement de la source (RR=6,67 à la source, RR<sub>décès en excès</sub> = 0,176 par km d'éloignement) (Biggeri, 1996).

L'étude de l'InVS trouve une augmentation de cancer du poumon (RR= 1,11 (IC<sub>95%</sub>(0,93-1,33)) chez l'homme et (RR= 1,05 IC<sub>95%</sub>(0,95-1,18)) chez la femme, mais sans que celle-ci soit statistiquement significative (Fabre P, 2008).

*Les résultats suggèrent une possible association entre cancer du poumon et exposition des riverains aux UIOM avant mise en conformité.*

## Hémopathies malignes

### Leucémies aiguës et leucémies lymphoïdes chroniques

Marion Saint-Ouen, 2008 a analysé la survenue de leucémies aiguës et lymphoïdes chroniques chez les riverains des UIOM en Grande-Bretagne analysant les résultats de l'étude descriptive de Knox, EG réalisée en 2000 (Knox, 2000).

En 1996, Elliot *et al.* observent un risque relatif significatif de 1,05 pour les hémopathies malignes chez les personnes résidant à moins de 3 kilomètres d'incinérateur au Royaume Uni (Elliott, 1996). En revanche, l'InVS n'observe pas de relations statistiquement significatives entre hémopathies malignes et exposition aux incinérateurs (RR<sub>Leucémies aiguës/H+F</sub> =1,04 (IC<sub>95%</sub> 0,86-1,25) ;  $p>0,10$ ) et (RR<sub>Leucémies lymphoïdes chroniques</sub> =1,13 (IC<sub>95%</sub> 0,91-1,39) ;  $p>0,10$ ) (Fabre P, 2008)  
Les données sont insuffisantes.

*Il est impossible de conclure sur l'association entre leucémies aiguës et leucémies lymphoïdes chroniques et exposition des riverains aux UIOM.*

## Lymphomes non Hodgkiniens (LNH)

Six rapports de synthèse ont analysé la survenue de LNH chez les riverains des UIOM (Marion Saint-Ouen 2008, ORSIF 2005 ; Porta 2009 ; Giusti, 2009 ; MEDDAT, 2004 ; WHO, 2007). Tous les rapports de synthèse concluent que les données sont en faveur d'un excès de risque.

En France l'équipe de Viel confirme les résultats de sa première étude réalisée en 2000 autour de l'incinérateur de Besançon. Ils observent une incidence élevée de LNH chez les riverains fortement exposés aux rejets des fumées émises par les incinérateurs pour la période (1990-1999), avant mise en conformité (RR=1,120 (IC<sub>95%</sub> : 1,002-1,251)) (Viel, 2008).

L'étude de l'InVS, élaborée à partir d'une méthodologie solide (Unité d'observation - IRIS), période d'étude (10 ans), sept localisations de cancers étudiés, quantification de l'exposition, développement d'un système d'informations géographiques, puissance de l'analyse statistique) a confirmé un excès significatif de risque relatif de LNH (tous sexes) de 12% chez les riverains (RR= 1,12 (IC<sub>95%</sub> :1,00-1,25)), cet excès est surtout observé chez les femmes (RR=1,18 (IC<sub>95%</sub> : 1,01-1,38)). (Fabre P, 2008).



*Les résultats évoquent une probable association entre lymphomes non hodgkinien et exposition des riverains aux UIOM avant mise en conformité.*

## Sarcomes des tissus mous (STM).

Trois rapports de synthèse ont analysé la survenue de sarcomes des tissus mous chez les riverains des UIOM (Porta, 2009 ; WHO, 2007 ; ORSIF, 2005).

En France, en 2000, l'investigation d'un cluster\* de sarcomes des tissus mous (110 cas de STM) a été menée autour de l'incinérateur de déchets ménagers de Besançon, fonctionnant depuis 1971. Viel *et al* ont montré un excès de risque significatif de STM (SIR=1,44  $p=0,004$ ) entre 1980 et 1990 quel que soit le sexe (Viel, 2000), alors que dans l'étude cas-témoin de Floret aucune augmentation du risque pour les STM n'est mise en évidence (Floret, 2003).

En 2007, Zambon estime que le risque de développer un sarcome est augmenté (RR=3,3 (IC<sub>95%</sub> 1.24 - 8.76)) après une période d'exposition longue. Un excès de risque significatif a été observé chez les femmes (OR = 2.41 (IC<sub>95%</sub>: 1.04 - 5.59)) et pour les cancers d'autres tissus mous pour les deux sexes (OR = 3.27 (IC<sub>95%</sub>: 1.35 - 7.93)) (Zambon, 2007). L'étude de l'InVS a montré un excès de risque de STM (tous sexes) chez les riverains (RR=1,22 (IC<sub>95%</sub>: 0,98-1,51) ;  $p<0,10$ ), la relation observée n'est pas statistiquement significative mais les effectifs de cas de sarcomes étaient petits (Fabre P, 2008).

*Les résultats évoquent une probable association entre sarcomes des tissus mous et exposition des riverains aux UIOM avant mise en conformité.*

## Cancers gastro-intestinaux

Deux rapports de synthèse ont analysé la survenue de cancers de l'appareil digestif (en dehors de l'atteinte du foie) chez les riverains des UIOM [Porta, 2009 ; Saint-Ouen M, 2008]. Les deux synthèses reprennent les résultats des études menées par Elliot qui concluent en faveur d'un excès de risque (RR<sub>cancer de l'estomac</sub> =1.07 (IC<sub>95%</sub> 1,02-1,13) ; RR<sub>cancer du colon</sub> =1,11 (IC<sub>95%</sub> 1,07-1,15)) [Elliot, 1996]. On retrouve dans l'étude de Zambon un excès de risque (OR = 2.45 (IC<sub>95%</sub>: 0,96 - 6,28)) (Zambon, 2007) ainsi que dans l'étude de l'InVS chez la femme : (RR=1,06 (IC<sub>95%</sub> 1,01-1,12),  $p=0,01$ ) (Fabre P, 2008), ce qui apporte un poids supplémentaire à la conclusion.

*Les résultats suggèrent une possible association entre cancer gastro-intestinal et exposition des riverains aux UIOM avant mise en conformité.*

## Cancers du foie

Deux rapports de synthèse reprennent les études d'Elliot analysant la survenue de cancer du foie chez les riverains des UIOM (Porta, 2009 ; ORSIF, 2005).

En France, l'étude individuelle de l'InVS de 2008 montre une association positive (RR= 1,16 (IC<sub>95%</sub> 0,99 -1,37)) mais non significative ( $p<0,10$ ) entre le risque de cancer du foie et l'exposition aux émissions des UIOM (Fabre P, 2008). Les résultats d'Elliot confirment un excès de risque (RR=1.29 (IC<sub>95%</sub> 1,10-1,51)) (Elliot P, 1996) (Elliot, 2000). Ces études apportent un poids supplémentaire.

*Les résultats suggèrent une possible association entre cancer du foie et exposition des riverains aux UIOM avant en conformité.*

## Cancers du sein

Marion Saint-Ouen, en 2008, rapporte la survenue de cancers du sein chez les riverains des UIOM.

Seule l'étude réalisée par l'InVS observe une relation positive (RR=1,09 (IC<sub>95%</sub> 1,01-1,18)) et significative ( $p < 0,05$ ) chez la femme entre l'exposition aux émissions d'UIOM et l'incidence du cancer du sein (Fabre P, 2008). Cette étude apporte un poids supplémentaire au vu de ses résultats et de son amplitude.

*Les résultats suggèrent une possible association entre cancer du sein chez la femme et exposition aux UIOM avant mise en conformité.*

## Conclusion

L'analyse de la littérature concerne des unités anciennes pour lesquelles on ne dispose pas toujours d'éléments sur les émissions, en particulier à l'étranger. Elle apporte des arguments en faveur d'une possible association entre l'exposition passée à des rejets d'anciennes UIOM, et la fréquence de certaines maladies chez les salariés et chez les riverains.

Chez les professionnels, les données disponibles montrent rétrospectivement une possible relation entre l'exposition et l'apparition d'effets sur les voies respiratoires.

Chez les riverains, pour lesquels les données sont plus nombreuses, les résultats évoquent un probable excès de risque des lymphomes malins non hodgkiniens et de sarcomes des tissus mous. On observe en plus des troubles de la reproduction et de certaines malformations congénitales, une augmentation de la fréquence globale de cancers chez la femme (= tous types de cancers), et en particulier le cancer du sein, une augmentation du cancer du poumon tous sexes confondus, une augmentation de cancer gastro-intestinaux et du cancer du foie.

**Tableau 4 : Proposition d'application d'un « niveau de preuve » sur les effets sanitaires des incinérateurs d'ordures ménagères sur les riverains et les professionnels.**

*Rappel : Les études prises en compte portent essentiellement sur des UIOM dont les niveaux d'émission ne correspondent pas aux standards actuels et présentent un système de traitement des fumées des années 90.*

UIOM (avant mise en conformité)		
Pathologies	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains
Tous types de cancers	Conclusion impossible	Possible chez la femme
Cancer poumon	Conclusion impossible	Possible
Cancer gastro-intestinal	Conclusion impossible	Possible
Cancer du foie	Pas de données	Possible
Cancer du Sein chez la femme	Pas de données	possible chez la femme
Leucémies aigües et LLC	Pas de données	Conclusion impossible
LNH	Pas de données	Probable
STM	Pas de données	Probable
Troubles du développement fœtal	Conclusion impossible	Pas de données
Malformations congénitales	Pas de données	Possible
Troubles de la reproduction	Pas de données	Possible (UIOM étrangers)
Troubles respiratoires aigus	Possible	Conclusion impossible
Troubles cardiovasculaires	Conclusion impossible	Conclusion impossible

# INSTALLATIONS DE STOCKAGE

En France, sur 37,8 millions de tonnes de déchets collectés par le service public en 2007, 31,2 % sont mis en site de stockage de déchets non dangereux, et 4,3 % sont éliminés dans des installations de stockage de déchets inertes (AMORCE, 2007).

Depuis la fin des années 90, le nombre d'installations de stockage de déchets non dangereux autorisées a diminué, de plus de 500 en 1992 à 303 en 2006. Une nouvelle diminution du fait de la pleine entrée en vigueur de la directive décharge en juillet 2009 est attendue, une trentaine d'installations ayant été identifiées en 2008 comme susceptibles de ne pas répondre aux dispositions réglementaires opposables au 1er juillet 2009. À ce jour, il n'existe plus d'installations connues des services de l'État et réceptionnant régulièrement des déchets dont le fonctionnement ne soit pas encadré par un acte administratif.

Les seules décharges non autorisées encore en fonctionnement sont situées dans deux départements d'outre-mer: la Guadeloupe et la Guyane. Elles sont maintenues en exploitation pour permettre la continuité du service public d'élimination des déchets en attendant que des nouvelles structures soient opérationnelles. (Source MEEDDM).

Anciennement dénommés décharge ou Centre d'Enfouissement Technique (CET), il existe trois types d'Installation de Stockage des Déchets (ISD) :

- ISDD : pour les déchets industriels dangereux.
- ISDnD : pour les déchets ménagers et assimilés (non dangereux).
- ISD inerte : pour les déchets dits inertes.

Les aménagements sont très variables en fonction des sites et de leur âge, de la quantité et du type de déchets qu'ils reçoivent, des conditions topographiques et météorologiques, et enfin de leur gestion.

## Les rejets

### Les lixiviats\*

Sous l'action conjuguée de l'eau de pluie et de la fermentation naturelle, les déchets produisent une fraction liquide appelée « lixiviats ». Plus communément appelé « jus de décharge », les lixiviats se chargent bactériologiquement et chimiquement lors de leur percolation à travers les alvéoles de stockage. Ils sont le plus souvent drainés puis récupérés, traités *in situ* ou envoyés en station d'épuration.

### Le biogaz\*

La fermentation anaérobie des déchets produit un gaz appelé biogaz, constitué de 50% à 55% de méthane, de 40% de gaz carbonique, et d'autres gaz à l'état de trace dont de l'hydrogène sulfuré et des mercaptants. Il comporte des traces de composés halogénés (tri- ou -tetrachloroéthylène, tetrachlorure de carbone) provenant notamment de la décomposition des plastiques et de la présence de déchets toxiques dispersés en petites quantités. Le biogaz est collecté au moyen d'un réseau de drains et de puits de dégazage mis en dépression, reliés à des collecteurs, puis à une centrale de combustion. Le gaz récupéré est ensuite brûlé à 900°C au niveau de torchères ou fait l'objet d'une valorisation énergétique.

La production de lixiviats et de biogaz continuent plusieurs années après la fermeture du site. Ils demeurent des sources potentielles de pollution et de nuisances et nécessitent donc une surveillance après l'arrêt d'exploitation. On parle alors de post-exploitation, d'une durée minimale réglementaire de 30 ans.

Les ISDnD peuvent être à l'origine de quatre types de nuisances (AMORCE, 2007) :

## Les odeurs

Les odeurs sont les plus ressenties par les riverains. Elles sont dues à la présence de certains composés, sans caractère dangereux mais désagréables. De ce fait, elles deviennent rapidement sources de conflits récurrents avec les exploitants. Les odeurs engendrées par une installation de stockage de déchets ménagers sont issues de quatre sources principales : les déchets « frais », enfouis quotidiennement, les biogaz diffus, la combustion du biogaz au niveau des torchères, et le bassin de récupération des lixiviats. Les centres de stockage fonctionnant en mode bioréacteur génèrent moins de nuisances.

## La circulation des véhicules professionnels

L'accroissement du trafic de véhicules professionnels pour les communes riveraines peut devenir important surtout lorsque les camions ne peuvent pas éviter la traversée des agglomérations. Sur des gros centres, jusqu'à 150 camions viennent chaque jour déverser les déchets, avec la présence d'un pic de circulation correspondant aux tournées de ramassage des ordures ménagères.

## Les envols de déchets à l'extérieur du site

On peut distinguer deux types d'envols de déchets hors de l'installation :

- Les envols issus de l'alvéole en exploitation. En raison de sa position fréquemment surélevée, le quai de vidage nécessite une protection contre les envols au moyen de filets brise-vent ou de grillages disposés en périphérie de l'aire de vidage.
- Les envols depuis les camions de collecte se rendant sur l'installation. Cette nuisance peut se produire aux abords immédiats du site mais également à des distances plus éloignées. Elle demeure néanmoins identifiée par les riverains comme étant liée à l'activité de l'installation.

## La modification du paysage

Les riverains sont également sensibles à la modification de la topographie du site de l'installation, l'éventualité de vue directe par les riverains de la zone de stockage de déchets.

## Polluants émis dans les installations de stockage de déchets non dangereux.

En France, des mesures de rejets atmosphériques dans deux sites de stockage des DMA ont été effectuées dans le cadre d'une étude coordonnée par le Réseau Santé Déchets à la fin des années 90, en ambiance générale et aux postes de travail. (Hours M, 2001).

Les composés organiques volatils mesurés (COV) sont surtout représentés par des cétones, des aldéhydes et des alcools (notamment le méthanol).

Par rapport aux niveaux observés en atmosphère urbaine, le formaldéhyde (classé cancérigène certain pour le nasopharynx et la leucémie) est retrouvé à des teneurs très inférieures, les niveaux en benzène sont équivalents voire inférieurs, alors que les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques particuliers (HAP) sont du même ordre, visiblement très liés aux mouvements des véhicules sur les sites.

Des mercaptans sont détectés à des teneurs très faibles mais suffisantes pour générer des odeurs. Enfin, les niveaux en trichloréthylène et tétrachloréthylène sont également faibles.

Par contre, par rapport aux valeurs de référence, les niveaux en poussières PM<sub>5</sub> (diamètre < 5 µm) et en microorganismes viables et cultivables (champignons et bactéries) sont parfois très élevés soit

lors de mesures ponctuelles, soit lors de prélèvements de longues durées et parfois même ponctuellement à l'extérieur du site.

Les concentrations mesurées aux postes de travail dans les deux sites sont inférieures ou très inférieures pour tous les polluants mesurés (particules, métaux, COV, HAP et aldéhydes) aux valeurs moyennes d'exposition (VME) retenues en France comme valeurs limites d'exposition pour l'environnement de travail (VLEP). Elles sont comparables ou inférieures aux concentrations environnementales du milieu urbain sauf en ce qui concerne certains métaux (chrome, nickel et surtout manganèse).

Dans le cadre de l'élaboration d'un guide méthodologique relatif à la déclaration des émissions polluantes des installations de stockage des déchets, la FNADE a réalisé des campagnes de mesures sur 8 sites de stockage des DMA (FNADE/ADEME, 2007). L'analyse des résultats montre que les flux de pentachlorophénol (PCP) et de trichlorobenzène (TCB) - polluants non soumis à déclaration EPER (European Pollutant Emission Register) - dépassent sur certains sites le seuil (10 kg/an).

En 2005, une équipe anglaise a essayé de faire un bilan des données existantes sur la présence de produits chimiques dangereux dans les lixiviats de décharges d'ordures ménagères. Le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes sont mesurés à de fortes concentrations. Cet article permet d'obtenir de nombreuses références, et une liste de plusieurs dizaines de composés chimiques couramment rencontrés dans les décharges, avec leur origine et le type de décharge dans lesquelles on les retrouve. Elle montre qu'une grande partie des composés xénobiotiques rencontrés dans les lixiviats est due aux déchets toxiques en quantité dispersée issus des ménages (Slack RJ, 2005).

## Aspects généraux sur la recherche bibliographique

Dans le cas des installations de stockage des déchets, il est nécessaire de faire la distinction entre les sites français et les sites étrangers. En effet, les pratiques d'exploitation sont totalement différentes. En France, la gestion et le type de déchets sont très spécifiques (voir classification ci-dessus), ce qui n'est pas le cas dans les pays étrangers (mélange de déchets ménagers et de déchets industriels, absence de récupération des lixiviats,...). Il en découle que l'extrapolation des résultats est délicate, voire dangereuse d'un site à l'autre, et d'un pays à l'autre.

Les centres de stockage des déchets ont généré un nombre élevé de synthèses : 11 travaux réalisés entre 2000 et 2009 ont été analysés.

La recherche bibliographique d'études individuelles sur les 5 dernières années 2005-2010 a généré 27 études individuelles d'intérêt (sur lecture du titre et résumé) mais seules 4 ont été retenues après lecture intégrale.

Dans les revues de synthèses, les auteurs font référence à 6 équipes de recherche qui ont mené des études sur des sites de stockage étrangers dont deux en Amérique du Nord (Gelberg KH, 1997 ; Goldberg MS, 1995) et les autres en Europe (Dolk H, 1998 ; Elliott P, 2001 ; Jarup L, 2002 ; Vrijheid M, 2002).

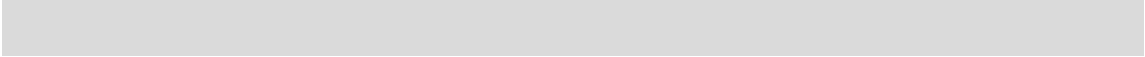
Deux des synthèses (InVS, 2004 ; Hours M, 2003) font état de l'étude française conduite par le Réseau Santé Déchets sur deux centres de stockage des déchets ménagers et assimilés (Hours M, 2001).

Trois des synthèses s'intéressent aux troubles de santé chez les travailleurs (Hours M, 2003 ; INVS, 2004 ; Porta D, 2009).

Dix synthèses analysent les études menées sur des riverains, (Vrijheid M, 2000 ; SWPHO-Pheby D, 2002 ; DEFRA, 2004 ; InVS, 2004 ; Dor, 2005 ; Mitis F, 2007 ; AIE, 2008 ; Russi MB, 2008 ; Giusti L, 2009 ; Porta D, 2009).

En ce qui concerne les études primaires, il est très difficile de trouver des études qui ne s'intéressent qu'à l'évaluation de l'impact sanitaire des sites de stockage des déchets ménagers comme en France. En effet, les études en Amérique du Nord font état de sites contenant des

déchets industriels dangereux. Une étude a été conduite en Arabie Saoudite auprès de salariés sur les symptômes ressentis sur un site sans récupération des lixiviats et recevant jusqu'à 4 fois plus de déchets qu'un site en France (Abdou MH, 2007). Une autre étude épidémiologique sur les salariés d'une décharge a été menée en Inde (Ray MR, 2005). Si on s'interroge sur le mode de gestion, il est clair que nous sommes très loin des pratiques de l'Union Européenne. Cependant, elle est très intéressante car elle va très loin dans la recherche de perturbations des paramètres de santé des salariés. Au final, 2 études européennes viennent compléter les synthèses, une au Royaume-Uni (Palmer SR, 2005) et l'autre en Italie (Martuzzi M, 2009).



# Revue bibliographique des effets sanitaires des installations de stockage des déchets ménagers.

Les études sur les professionnels sont assez rares, surtout en Europe. Par contre, la préoccupation croissante des riverains a conduit à un grand nombre d'études les concernant.

## Troubles de santé chez les travailleurs d'installations de stockage de déchets ménagers

Les études publiées qui se sont intéressées aux troubles de santé chez des travailleurs de sites de stockage de déchets sont particulièrement rares. Il semblerait que les troubles évoqués soient liés à une exposition à des poussières minérales et à des bioaérosols ainsi qu'à certains polluants chimiques.

Dans deux synthèses (InVS, 2004) et (Hours M, 2003), les résultats de l'étude coordonnée par le Réseau Santé Déchets sur deux centres de stockage des ordures ménagères sont mis en avant. Deux groupes de salariés (ceux des centres d'enfouissement technique d'ordures ménagères et un groupe non exposé) ont répondu à un questionnaire médical et ont subi une série d'examen (bilan sanguin, exploration fonctionnelle respiratoire, tests neuro-psychomoteurs). Les seuls résultats notables de l'étude montrent une existence de symptômes respiratoires (épisodes de toux ORP\*=9,59(IC<sub>95%</sub> [1,74-52,74], troubles rhino-pharyngés, états grippaux ORP=4,05-IC<sub>95%</sub>(1,10-14,90)). En revanche, il n'existe pas de perturbation de l'exploration fonctionnelle respiratoire. Une fois prise en compte les caractéristiques individuelles, les tests neuropsychologiques ne montrent pas de différence entre les deux groupes. Seuls les tests analysant la fonction cognitive (tests de Stroop) sont moins bons dans le groupe des salariés de CET. La consommation d'alcool plus importante chez ces derniers jouerait un rôle aggravant. Les résultats aux tests de dextérité manuelle (test de Purdue des deux mains notamment) vont dans le même sens. Certains troubles ponctuels (céphalées, vertiges) sont retrouvés chez les salariés des centres lors de tâches particulières (Hours M, 2001). Ces mêmes atteintes de la santé sont retrouvées sur les salariés d'une décharge en Arabie Saoudite malgré les divergences de quantité de déchets reçus et de gestion du site (pas de récupération des lixiviats notamment) (Abdou MH, 2007). Les données sont insuffisantes pour conclure.

***Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles respiratoires, dermatologiques, et neurologiques et expositions des travailleurs d'installations de stockage des déchets ménagers.***

Les trois synthèses reprennent les résultats de l'étude de Gelberg sur les employés de la décharge de Fresh Kills aux Etats-Unis recevant des déchets ménagers et industriels. Par rapport à des sujets témoins choisis parmi les autres agents du département sanitaire de la ville de New-York, les salariés du site présentent plus de symptômes dermatologiques (OR=2,07 IC<sub>95%</sub>(1,11-3,84)), neurologiques (OR=1,89-IC<sub>95%</sub>(1,08-3,32)), auditifs (OR=1,73-IC<sub>95%</sub>(1,03-2,90)), respiratoires (OR=2,14-IC<sub>95%</sub>(1,35-3,38)) et des maux de gorge (OR=2,26 IC<sub>95%</sub>(1,33-3,82)) (Gelberg KH, 1997). Dans l'enquête épidémiologique menée en Inde sur la décharge de New Delhi, où sont déposés des déchets ménagers, de nettoyage des rues, de démolition et des déchets médicaux, et où le manque d'hygiène est important (présence de chiffonniers, de bovins, de puces), les résultats (non significatifs) montrent une fréquence supérieure de symptômes respiratoires (OR=2,11-IC<sub>95%</sub>(0,77-5,79)), avec un syndrome restrictif (diminution de la capacité vitale fonctionnelle) pour 41,7% des salariés (atteinte de la fonction pulmonaire : OR=1,69- IC<sub>95%</sub>(0,68-4,11)). Les examens cytologiques des crachats montrent un excès de cellules inflammatoires, et les examens sanguins une augmentation des globules blancs (Ray MR, 2005).

***Les résultats suggèrent une possible association entre troubles respiratoires, dermatologiques, et neurologiques et expositions des travailleurs d'installations de stockage des déchets ménagers et industriels étrangers.***



## Risque de cancers

Huit synthèses analysent l'apparition de cancers quel que soit le type chez les riverains des décharges recevant des déchets ménagers et industriels à l'étranger. (Vrijheid M, 2000 ; SWPHO-Pheby D, 2002 ; Rushton L, 2003 ; DEFRA, 2004 ; Mitis F, 2007 ; AIE, 2008 ; Russi MB, 2008 ; Porta D, 2009).

Les conclusions des synthèses s'accordent à dire que les données sont insuffisantes ou peu probantes. Seule Vrijheid, dans sa revue de la littérature, fait la distinction entre les types de cancers. Elle indique que des excès de cancers de la vessie, du poumon et de l'estomac ont été observés dans plusieurs études de corrélations géographiques portant sur l'incidence des cancers ou la mortalité et mais elles ne permettent pas une collecte suffisante d'informations sur les facteurs de confusion (Vrijheid M, 2000).

Deux études sont reprises dans les synthèses.

Goldberg a mené une étude cas-témoins sur la décharge d'ordures ménagères de Miron Quarry à Montréal ayant reçu environ 36 millions de tonnes de déchets ménagers et industriels depuis 1968. Les résultats suggèrent une association possible entre le risque de développer des cancers et le fait d'habiter à proximité d'une grande décharge. Les risques de cancer du pancréas (OR= 1,4 IC<sub>99%</sub> (0,9-3,5) à 2,2 IC<sub>99%</sub> (1,0-4,6)) en fonction de la zone d'exposition, du foie (risque de 1,5 IC<sub>95%</sub> (1,19-2,01)) augmentant avec la distance) et de la prostate (OR=1,18 IC<sub>95%</sub> (1,02-1,37)), semblent augmenter dans la zone de forte exposition en amont des vents dominants ainsi que pour les personnes vivant à moins de deux kilomètres du site (Golberg MS, 1999).

La deuxième étude de très grande taille est de type écologique, menée en Grande-Bretagne sur les populations vivant dans un rayon de 2 km autour de sites d'enfouissement de déchets ménagers et dangereux. Les auteurs n'ont observé aucun excès de risque de cancer de la vessie (RR=1,01 IC<sub>99%</sub> (1,00-1,02)), du cerveau (RR=0,99 IC<sub>99%</sub> (0,98-1,01)), des voies biliaires (RR=1,00 IC<sub>99%</sub> (0,98-1,03)), des leucémies chez l'adulte (RR=0,99- IC<sub>99%</sub> (0,98-1,01)) ou chez l'enfant (RR=0,96- IC<sub>99%</sub> (0,91-1,00)) (Jarup L, 2002).

En Italie, une étude écologique récente a été menée sur les causes de mortalité autour de 227 sites dont 89 sites légaux et 138 non contrôlés, classés en fonction de leur dangerosité selon 2 critères (présence de déchets dangereux et volume de déchets stockés). Au final, les riverains ont été répartis dans 5 groupes : 8 villes sont considérées comme les plus exposées (Groupe V) par rapport au groupe de référence constitué de 104 villes (Groupe I). Ils obtiennent des résultats significatifs pour la population considérée la plus exposée (Groupe 5) et un pourcentage d'excès de risque relatif\* (ERR) pour les cancers du foie (Groupe 5 : ERR<sub>hommes G5</sub>=19,3 IC<sub>95%</sub> (1,4-40,3) / ERR<sub>femmes G5</sub>=29,1- IC<sub>95%</sub> (7,6-54,8) / Groupe 2 : ERR<sub>hommes G2</sub>=-9,2 IC<sub>95%</sub> (-19,5-2,4) / ERR<sub>femmes G2</sub>= -9,3 IC<sub>95%</sub> (20,6-3,6)). Des risques accrus ont également été trouvés pour les cancers de l'estomac (pour les deux sexes) et du poumon (chez les hommes) (Martuzzi M, 2009).

Les études de Gelberg et Jarup ne permettent pas de conclure sur une association. Cependant, les résultats statistiques très récents de Martuzzi apportent un poids supplémentaire (largement discutés lors des réunions de travail).

*Les résultats suggèrent une possible association entre risque de cancers et exposition des riverains d'installations de stockage des déchets ménagers et industriels étrangers.*

## Troubles du développement foetal et de la reproduction

Parmi les échecs de la reproduction, le risque de faible poids à la naissance est le constat le plus fréquent rapporté dans les synthèses (Vrijheid M, 2000 ; SWPHO-Pheby D, 2002 ; Mitis F, 2007 ; AIE, 2008 ; Porta D, 2009).

## Risques de petits poids à la naissance

Deux études phares sont abordées sur des sites canadiens et anglais :

La première est une étude de type cas-témoins sur des femmes vivant durant leur grossesse à proximité d'une décharge municipale de déchets mixtes (OM et déchets industriels) à Montréal. Elles ont présenté un excès de risque d'avoir des enfants de petits poids de naissance par rapport à des femmes vivant dans des zones de référence non exposées mais de caractéristiques sociodémographiques similaires (OR<sub>ajusté</sub> = 1,20 pour 1107 cas exposés, IC<sub>95%</sub> (1,04-1,39)). N'ayant pu exclure les femmes qui avaient eu des antécédents d'avortements spontanés ou celles qui avaient présenté des pathologies à risque et n'ayant pu tenir compte de la consommation de tabac ou de la prise excessive de poids, les auteurs ne peuvent conclure à un lien entre l'exposition des mères aux installations de stockage des déchets et les petits poids de naissance, d'autant que l'augmentation de risque trouvée est très modérée (Golberg MS, 1995).

La deuxième étude est de type "écologique", menée en Grande-Bretagne sur les populations vivant dans un rayon de 2 km autour de 9 565 sites d'enfouissement des déchets mixtes (OM et déchets dangereux). Les naissances survenues dans ce périmètre ont été comparées aux naissances survenues plus loin, dans des zones considérées comme non-exposées. Elliot et al. retrouvent des associations faiblement positives d'excès de petits poids de naissance (OR=1,05 IC<sub>95%</sub> (1,047-1,055)). De plus, les résultats concernant les décharges à déchets spéciaux (dangereux) ne diffèrent pas significativement de ceux obtenus sur les décharges de produits ménagers (Elliott P, 2001).

Malgré la faiblesse du lien supposé, l'effectif et le nombre de sites inclus sont importants, ce qui apporte un poids supplémentaire à la conclusion.

*Les résultats suggèrent une possible association entre risque de petits poids à la naissance et exposition des riverains d'installations de stockage des déchets ménagers et industriels étrangers.*

## Malformations congénitales

La majorité des synthèses s'accordent à dire que les résultats des études menées autour de sites étrangers contenant des mélanges de déchets sont concordants et vont vers une augmentation modérée du risque de malformations (cardiopathies, fentes faciales, défauts de fermeture du tube neural). Seuls Vrijheid et al. considèrent que les études sont encore trop peu nombreuses pour en tirer des conclusions définitives sur les relations de cause à effet (Vrijheid M, 2000).

Dans l'étude multicentrique EUROHAZCON, le risque de malformations congénitales lorsque la mère a habité à moins de 3 km de l'un des 21 sites d'enfouissement de déchets mixtes de 5 pays d'Europe est significativement supérieur à 1 (OR=1,33- IC<sub>95%</sub>(1,11-1,59)) mais il est très variable d'un site et d'un pays à l'autre. Des odds-ratio significatifs ont été trouvés pour les défauts de fermeture du tube neural (OR=1,86- IC<sub>95%</sub>(1,24-2,79)), les malformations du septum cardiaque (OR=1,49- IC<sub>95%</sub>(1,09-2,04)), et les anomalies des gros vaisseaux (OR=1,81- IC<sub>95%</sub>(1,11-3,20)). Pour les fistules trachiesophagiennes (OR=2,25 IC<sub>95%</sub>(0,96-5,26)), les malformations des voies urinaires (OR=1,96- IC<sub>95%</sub>[0,98-3,92]) et les malformations de la paroi abdominale (OR=3,19 IC<sub>95%</sub>(0,97-10,77)) les résultats sont à la limite de la significativité. Il existe une relation significativement décroissante entre la distance d'habitat par rapport aux sites et les malformations congénitales observées. Pourtant plusieurs questions restent en suspens qui ne permettent pas de généraliser les résultats à tous les sites. La mesure de la relation dose-effet est une mesure de distance et non une mesure de l'exposition réelle à un ou des produits : il s'agit donc d'une approche très indirecte qui a pu aboutir à des erreurs de classement des mères. Les auteurs rappellent l'importance des facteurs socio-économiques dans ce type d'étude (Dolk H, 1998).

Une seconde étude (sites contenant des déchets dangereux) fait suspecter un excès de risque de lésions chromosomiques chez des fœtus. Les auteurs rapportent un OR de 1,32 (IC<sub>95%</sub> (0,96-1,81)) après ajustement sur l'âge maternel. Elle ne permet pas d'affirmer le lien entre cette exposition et les lésions observées pour différentes raisons : les OR observés sont pour la plupart non

statistiquement significatifs, il n'existe pas de relation dose réponse et l'exposition a été évaluée uniquement à partir de la zone géographique d'habitation sans prendre en compte différents facteurs confondants (lieu de travail, expositions professionnelles, autres expositions environnementales) (Vrijheid M, 2002,).

Dans l'étude multi-sites d'Elliot et al. , des associations faiblement positives de quelques malformations congénitales (RR=1,01-IC<sub>99%</sub> (1,005-1,023)) sont retrouvées, indépendamment de facteurs de confusion (Elliott P, 2001).

Martuzzi et al. dans leur étude en Italie concernant 227 sites dont 89 sites légaux et 138 non contrôlés, classés en fonction de leur dangerosité selon 2 critères (présence de déchets dangereux et volume de déchets stockés). Au final, les riverains ont été répartis dans 5 groupes : 8 villes sont considérées comme les plus exposées (Groupe V) par rapport au groupe de référence constitué de 104 villes (Groupe I). Ils ont recherché l'apparition de 12 types d'anomalies. Les résultats sont significatifs pour la population résidant dans les villes classées à haut risque. L'excès de pourcentage de risque relatif (ERR\*, %) pour l'apparition de malformations du système urogénital interne est de 82,7 IC<sub>95%</sub> (25,6-155 ,7)) par rapport au groupe II (ERR=23,4 IC<sub>95%</sub> (8,5-66,4)) et celui du système nerveux central est de 83,5 IC<sub>95%</sub> (24,7-169,9) par rapport au groupe II (ERR=21,9 IC<sub>95%</sub> (10,1-65,3)) (Martuzzi M, 2009 ).

En 2005, Palmer a mené une étude écologique sur des sites recevant des déchets ménagers, commerciaux et industriels au Pays de Galle. Les résultats indiquent que le rapport du taux d'anomalies congénitales observées passe de 0,87 (IC<sub>95%</sub> (0,75-1,00)) avant l'ouverture des sites à 1,39 (IC<sub>95%</sub> (1,04-1,40)) après l'ouverture pour les riverains habitant dans un rayon de 2 à 3 km (Palmer SR, 2005 ).

*Les résultats suggèrent une possible association entre risque de malformations congénitales et exposition des riverains d'installations de stockage des déchets ménagers et industriels étrangers.*

## Symptômes divers

Une augmentation de troubles comme des maux de tête, des troubles du sommeil, des troubles respiratoires, des difficultés psychologiques et des troubles gastro-intestinaux ont été régulièrement rapportés dans les synthèses selon des études de surveillance sanitaire au voisinage de sites où existait une nette préoccupation du public. Selon les auteurs, il n'est pas possible de dire si ces troubles sont un effet direct de l'exposition aux polluants, le résultat du stress, des craintes ou l'effet de biais de déclaration comme cela existe chez des personnes exposées (Vrijheid M, 2000), (Dor, 2005), (Mitis F, 2007). Selon l'INVS, les riverains de certains sites pourraient souffrir des effets irritatifs de certains gaz émis, en particulier lors de pics de pollution (INVS, 2004). Les données sont insuffisantes.

*Il est impossible de conclure sur l'association entre troubles respiratoires et symptômes divers et exposition des riverains d'installations de stockage des déchets ménagers.*

## Conclusion

La majorité des études ont été menées sur des sites d'autres pays que la France recevant des déchets ménagers ET des déchets dangereux. L'extrapolation des résultats à des sites français devient hasardeuse, d'autant que dans les études menées sur des sites recevant des déchets ménagers et industriels, nous n'avons pas connaissance de la nature des déchets stockés, ni même des pratiques d'exploitation. Il en découle que les résultats ne sont pas représentatifs de la situation française.

Chez les travailleurs d'installations de stockage des déchets mixtes, les études montrent la possibilité d'effets sur la santé non spécifiques comme des troubles respiratoires, dermatologiques, et neurologiques, troubles qui ne sont pas concluants chez les riverains car ils sont trop subjectifs. En effet, l'anxiété et la dépression seraient plutôt à mettre sur le compte de l'inquiétude des riverains que sur un effet propre des polluants émis par les installations.

Autour de sites étrangers recevant des déchets dangereux, malgré les limites liées aux évaluations des expositions, il existe la possibilité de survenue de malformations congénitales et de troubles de développement comme un excès de petits poids à la naissance. En ce qui concerne les cancers, il est encore impossible de conclure aujourd'hui car les données sont insuffisantes.

Installation de stockage des déchets <sup>1</sup>				
Pathologies	Niveau de preuve Professionnels		Niveau de preuve Riverains	
	uniquement déchets ménagers	Déchets ménagers et industriels à l'étranger	uniquement déchets ménagers	Déchets ménagers et industriels à l'étranger
Tous cancers	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible
Troubles du développement foetal : petits poids à la naissance	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible
Malformations congénitales	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible
Troubles respiratoires	Conclusion impossible	Possible	Pas de données	Conclusion impossible
Symptômes généraux (gastro-intestinaux, dermatologiques, oculaires, neurologiques)	Conclusion impossible	Possible	Pas de données <sup>b</sup>	Conclusion impossible

*Tableau 5 : Proposition d'application d'un « niveau de preuve » sur les effets sanitaires des installations de stockage des déchets mixtes sur les riverains et les professionnels.*

En France, il existe trois types d'installations de stockage des déchets. Celles qui nous intéressent ici sont les ISDnD qui reçoivent les déchets non dangereux comme les DMA. Mais il n'existe que très peu d'études sur ces sites.

Par contre, les études publiées dans la littérature internationale, concernent des sites recevant des mélanges de déchets ménagers et toxiques et où les pratiques de gestion ne sont pas comparables. C'est pourquoi il est très important de faire la distinction.

# ACCIDENTS DU TRAVAIL CHEZ LES PROFESSIONNELS DU TRAITEMENT DES DECHETS

La problématique des accidents du travail parmi les professionnels de la filière de collecte et traitement des déchets est très peu abordée dans les études publiées et identifiées par la recherche bibliographique du présent rapport. Pour ces raisons, une analyse des données de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS) a été réalisée afin de disposer de quelques éléments permettant de quantifier la fréquence de ces accidents.

## Présentation des indicateurs

A partir des statistiques nationales d'accidents du travail publiées par la CNAMTS pour l'année 2008 (*cf. encadré*), l'analyse porte sur trois filières d'activité de traitements des déchets, les activités 900BA (enlèvements des ordures ménagères avec personnel de collecte et des déchets industriels et commerciaux banals), 900BC (entreprise de traitement des ordures ménagères et des déchets industriels et commerciaux banals) et 900BD (usine d'incinération des boues, des ordures ménagères), pour lesquelles sont observés les accidents avec arrêts selon la nature des lésions et selon les éléments matériels ayant provoqué l'accident.

Pour chaque filière sont calculés deux indicateurs :

- L'indice de fréquence des accidents avec arrêt : c'est le nombre d'accidents pour 1 000 salariés,
- Le taux de fréquence des accidents avec arrêt : c'est le nombre d'accidents par million d'heures travaillées.

En 2008, les références concernant les salariés de l'ensemble des branches d'activité sont respectivement de 38,0 pour l'indice de fréquence et de 24,7 pour le taux de fréquence des accidents.

## Les données sur les accidents du travail

La CNAMTS publie chaque année les statistiques nationales des accidents du travail (AT) concernant les travailleurs du régime général de la Sécurité Sociale (secteur privé). Ces statistiques sont établies à partir des déclarations d'accident du travail (DAT), transmises à la CPAM puis regroupées par CRAM et analysées au niveau national par la CNAMTS. Les statistiques sont présentées par Comités Techniques Nationaux (CTN), représentant les 9 grandes branches d'activités, puis par numéro de risque (activité) de chaque CTN. Le numéro de risque attribué par la Sécurité Sociale est dérivé du numéro de nomenclature d'activité INSEE. Les activités liées au traitement des déchets font partie du CTN C, activités 900BA, 900BC, 900BD (l'activité 900BB « entreprises de nettoyage, d'arrosage, de balayage, entreprises d'enlèvement d'ordures ménagères sans personnel de chargement » n'a pas été retenue dans cette analyse).

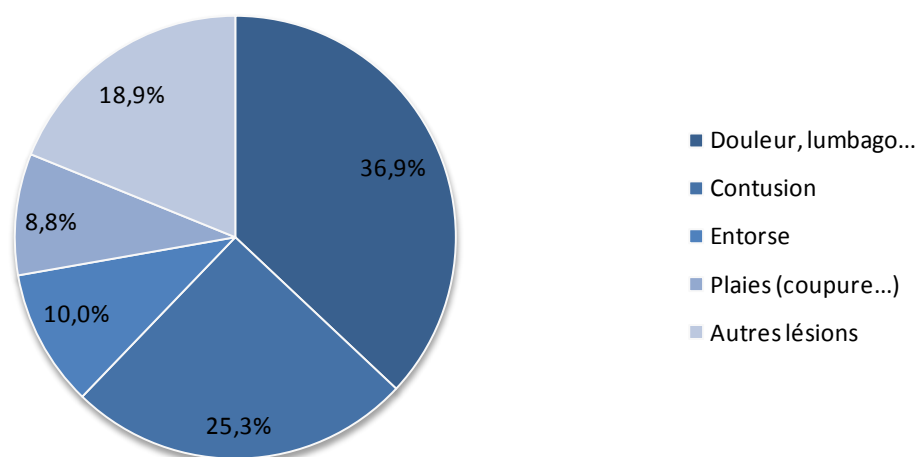
Les données présentées sont des statistiques dites "technologiques", qui dénombrent les accidents de travail sur la base de la date de premier règlement, c'est-à-dire la date à laquelle a été effectué le premier règlement d'une prestation en espèces : indemnités journalières, indemnités en capital ou rentes. Il est rappelé que les seuls accidents du travail dont il est tenu compte dans les statistiques technologiques, sont les accidents ayant entraîné une interruption de travail d'un jour

complet en sus du jour au cours duquel l'accident est survenu et ayant donné lieu à une réparation sous forme d'un premier paiement d'indemnité journalière. Les résultats ne comprennent ni les maladies professionnelles, ni les accidents du trajet (CNAMTS, 2009).

## Filière 900BA : enlèvements des ordures ménagères avec personnel de collecte et des déchets industriels et commerciaux banals (900BA)

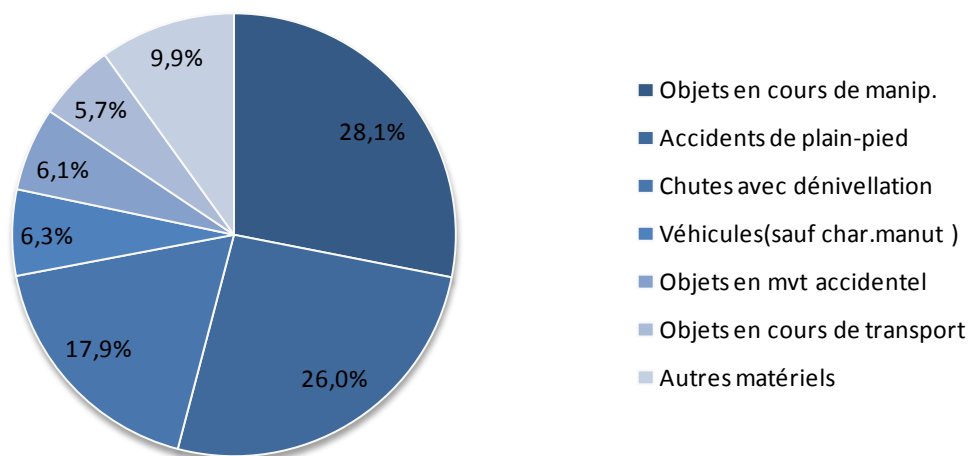
Cette filière recense en 2008, pour l'ensemble de la France, 2 977 accidents avec arrêts soit 79,4 accidents pour 1 000 salariés et 50,4 accidents pour un million d'heures travaillées. Les arrêts de travail les plus fréquents dans cette filière d'activité sont occasionnés principalement par trois types de lésions : les douleurs et lumbagos représentant 36,9% des accidents avec arrêts de travail (soit 1 100 accidents), les contusions : 25,3 % (soit 753 accidents) et les entorses : 10,0% (soit 298 accidents). De plus, les plaies représentent 8,8% des accidents avec arrêts de travail. En ce qui concerne les autres types de lésions, elles représentent chacune moins de 6 % des accidents avec arrêts de travail.

Figure 1 : Répartition des accidents du travail avec arrêts selon le type de lésions - Filière 900BA - Année 2008



Les accidents les plus fréquents qui donnent suite à des arrêts de travail sont dus principalement à des objets en cours de manipulation (pour 836 accidents soit 28,1% des accidents entraînant des arrêts de travail), à des accidents de plain pied (pour 774 accidents soit 26,0%) et à des chutes avec dénivellation (pour 534 accidents soit 17,9%). De plus, environ 6% des accidents sont entraînés par des objets en cours de transport, des objets en mouvement accidentels et des véhicules (camions de ramassage d'ordures ménagères notamment).

Figure 2 : Répartition des accidents du travail avec arrêts selon la cause de l'accident - Filière 900BA - Année 2008

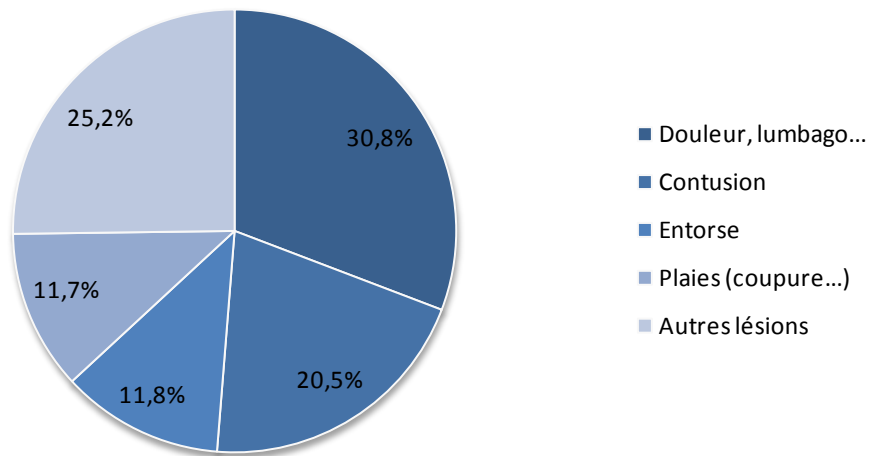


## Filière 900BC : entreprise de traitement des ordures ménagères et des déchets industriels et commerciaux banals

Cette filière recense en 2008, pour l'ensemble de la France, 591 accidents avec arrêts soit 75,75 accidents pour 1 000 salariés et 47,24 accidents pour un million d'heures travaillées. Les arrêts de travail les plus fréquents dans cette filière d'activité sont occasionnés principalement par quatre types de lésions : les douleurs et lumbagos représentant 30,8% des accidents avec arrêts de travail (soit 182 accidents), les contusions : 20,5 % (soit 121 accidents), les entorses : 11,8% (soit 70 accidents) et les plaies : 11,7% (soit 69 accidents). En ce qui concerne les autres types de lésions, elles représentent chacune moins de 5,2% des accidents avec arrêts de travail.

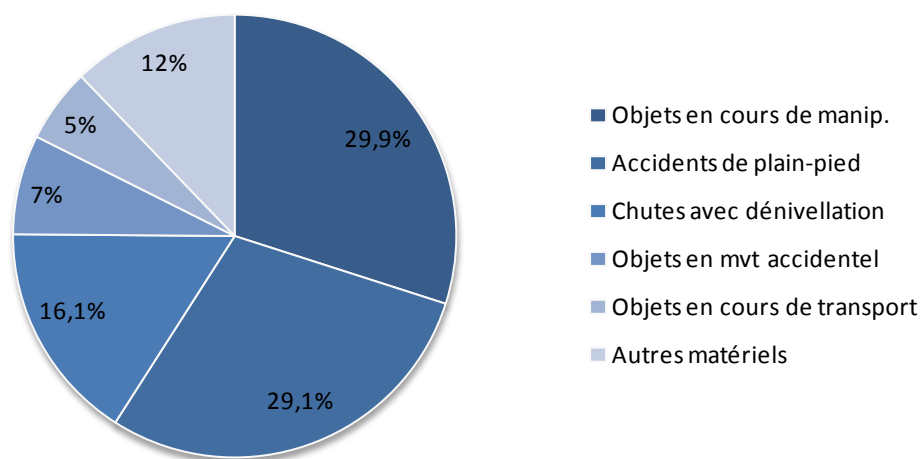


Figure 3 : Répartition des accidents du travail avec arrêts selon le type de lésions - Filière 900BC - Année 2008



Les accidents les plus fréquents qui donnent suite à des arrêts de travail sont dus principalement à des objets en cours de manipulation (pour 177 accidents soit 29,9% des accidents entraînant des arrêts de travail), à des accidents de plain pied (pour 172 accidents soit 29,1%) et à des chutes avec dénivellation (pour 95 accidents soit 16,1%). De plus, 5 à 7% des accidents sont entraînés par des objets en cours de transport et des objets en mouvement accidentels.

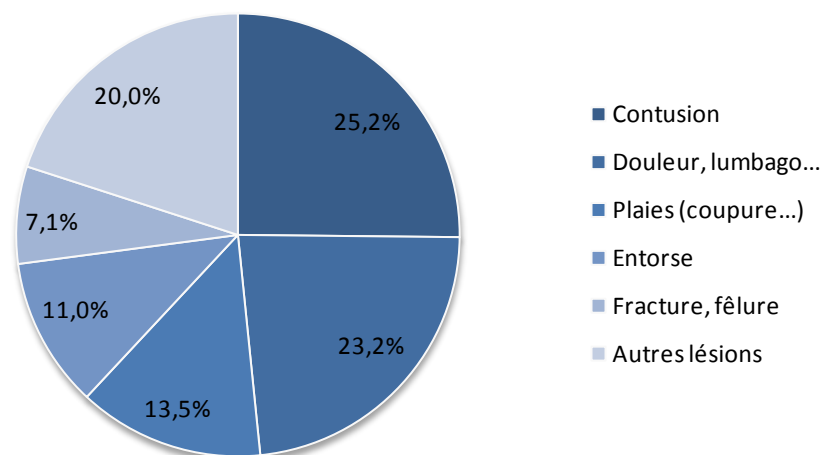
Figure 4 : Répartition des accidents du travail avec arrêts selon la cause de l'accident - Filière 900BC - Année 2008



## Filière 900BD : Usine d'incinération des boues, des ordures ménagères

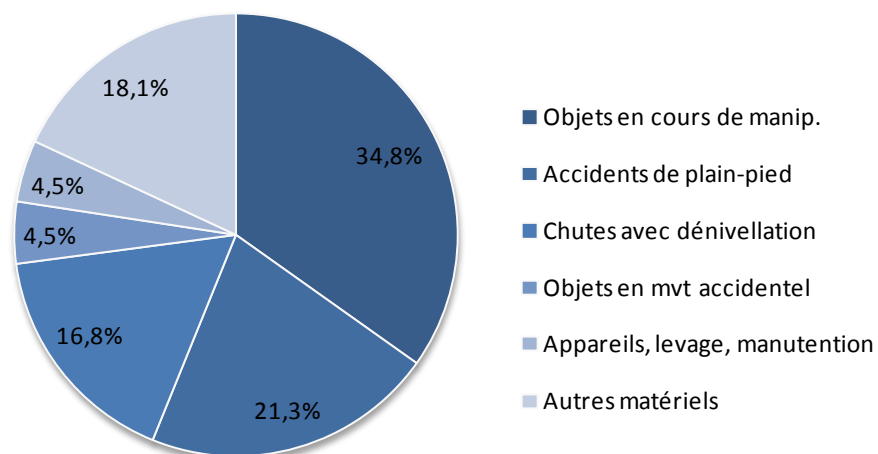
Cette filière recense en 2008, pour l'ensemble de la France, 155 accidents avec arrêts soit 42,3 accidents avec arrêts pour 1 000 salariés et 26,7 accidents pour un million d'heures travaillées. Comme précédemment, les arrêts de travail les plus fréquents dans cette filière d'activité sont occasionnés principalement par quatre types de lésions : les contusions représentant 25,2 % des accidents avec arrêts de travail (soit 39 accidents), les douleurs et les lumbagos : 23,2% (soit 36 accidents), les plaies : 13,5 % (soit 21 accidents) et les entorses : 11,0 % (soit 17 accidents). De plus les fractures et fêlures représentent 7,1 % des accidents avec arrêts de travail. En ce qui concerne les autres types de lésions, elles représentent moins de 6,5% des accidents avec arrêts de travail.

Figure 5 : Répartition des accidents du travail avec arrêts selon le type de lésions - Filière 900BD - Année 2008



Les accidents les plus fréquents donnant suite à des arrêts de travail sont dus principalement à des objets en cours de manipulation (pour 54 accidents soit 34,8% des accidents entraînant des arrêts de travail), à des accidents de plain pied (pour 33 accidents soit 21,3%) et à des chutes avec dénivellation (pour 26 accidents soit 16,8%). De plus, 4,5% des accidents sont entraînés par des objets en mouvement accidentels ou par des appareils, des levages ou des manutentions.

Figure 6 : Répartition des accidents du travail avec arrêts selon la cause de l'accident - Filière 900BD - Année 2008



# RÉSULTATS DES DONNÉES SUR LES ACCIDENTS DU TRAVAIL

En comparaison avec l'ensemble des neuf grandes branches d'activité (*les 9 CTN, cf. encadré*), le nombre d'accidents pour 1 000 salariés est plus élevé dans les trois filières d'activité étudiées puisqu'il est de 38,0 pour l'ensemble des CTN contre 79,4 (activité 900BA), 75,8 (activité 900BC) et 42,3 (activité 900BD). Il en est de même pour le nombre d'accidents par million d'heures travaillées qui est de 24,7 pour l'ensemble des CTN contre 50,4 (activité 900BA), 47,2 (activité 900BC) et 26,7 (activité 900BD).

Quelle que soit la filière d'activité de traitement des déchets, les douleurs/lumbagos et les contusions représentent toujours la plus grande part des accidents de travail avec arrêts. En ce qui concerne les éléments matériels, les accidents d'objets en cours de manipulation, les accidents de plain pied ainsi que les chutes avec dénivelation sont respectivement les accidents qui génèrent le plus d'arrêts de travail.

Quelles que soient les filières présentées ci-après, les ouvriers représentent la catégorie professionnelle la plus touchée par des accidents avec arrêts de travail. Il faut cependant noter que c'est la catégorie socioprofessionnelle la plus représentée dans ces filières d'activité.

L'analyse des données issues des statistiques nationales d'accidents du travail de la CNAMTS pour trois filières d'activité de traitements des déchets (enlèvements des ordures ménagères avec personnel de collecte et des déchets industriels et commerciaux banals (900BA), entreprise de traitement des ordures ménagères et des déchets industriels et commerciaux banals (900BC) et usine d'incinération des boues, des ordures ménagères (900BD)), est cohérente avec les conclusions de la synthèse des données de la littérature, présentées dans les chapitres précédents. Deux rapports de synthèse ont analysé la survenue des accidents du travail chez les professionnels des déchets de la collecte des déchets (POULSEN1995, ORSPEC2001) et du tri des déchets (ORSPEC2001). Bien que globalement peu d'études se soient intéressées aux problèmes des accidents de travail et maladies professionnelles chez les travailleurs dans les filières de traitement des déchets, les trois rapports de synthèse concluent que les données disponibles sont en faveur d'un excès de risque.

***Les résultats montrent une association convaincante entre accidents du travail des professionnels des filières de gestion des DMA.***

**Figure 7 :** Accidents avec arrêts de travail selon la nature de la lésion pour chaque filière d'activité étudiée et l'ensemble des CTN

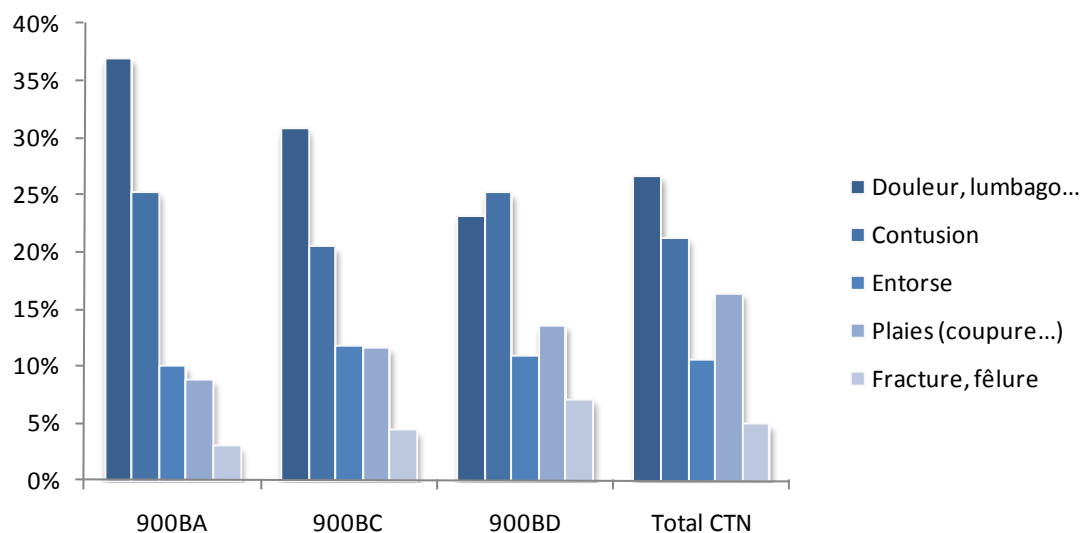
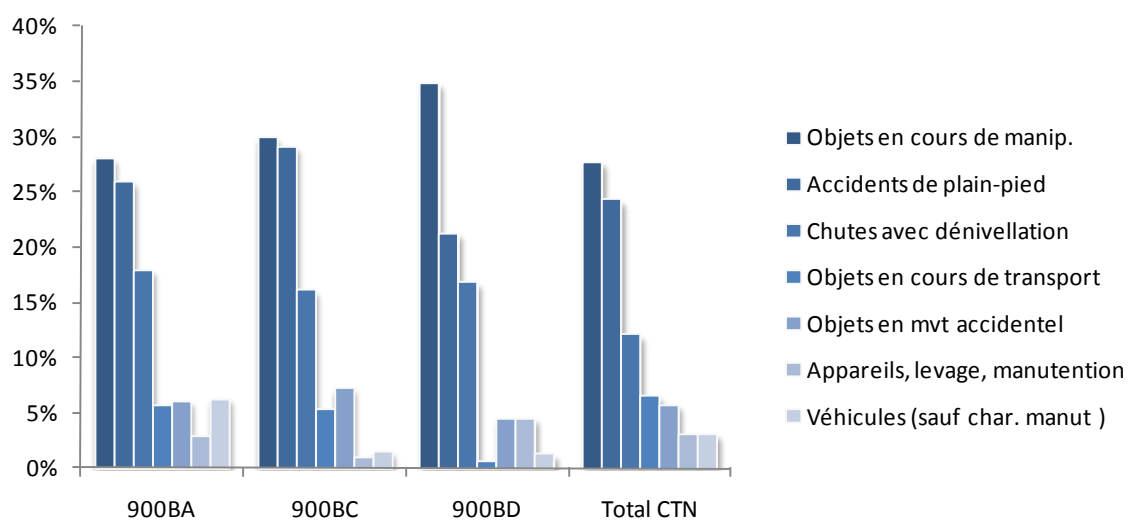


Figure 8 : Accidents avec arrêts de travail selon l'élément matériel pour chaque filière d'activité étudiée et l'ensemble des CTN





# SYNTHÈSE DES RÉSULTATS- DISCUSSION - PERSPECTIVES

## Synthèse des résultats

Les divers modes de gestion des déchets ménagers et assimilés conduisent à rejeter dans l'environnement des agents potentiellement dangereux qui suscitent de multiples interrogations sur les risques sanitaires qu'ils pourraient engendrer.

Ce travail avait pour objectif principal de proposer une synthèse des connaissances nationales et internationales disponibles, sur les impacts sanitaires de certains modes de gestion des déchets ménagers (collecte, tri, compostage, incinération, stockage), s'appuyant sur les données de la littérature. Ces études ont souvent été menées autour et dans des installations parfois techniquement anciennes, ou ne respectant pas les réglementations, aujourd'hui en vigueur en France.

Cette revue s'intéresse aux effets observés tant chez les employés de ces installations que dans les populations qui vivent à proximité.

Le bilan des études prises en compte montre que les données disponibles ne sont pas également réparties selon les modes de gestion des déchets ménagers étudiés, ou les populations ciblées. En effet, les études menées sur l'impact des usines d'incinération d'ordures ménagères sont plus nombreuses que celles concernant les installations de stockage, les plateformes de compostage, la collecte et le tri. Sur un plan géographique, les études réalisées sur des installations françaises sont relativement rares.

Concernant la collecte et le tri, seuls les salariés sont concernés. Même si ce sont deux modes de gestion très différents, les études les ont souvent regroupés. De ce fait, il n'a pas été possible de faire de distinction. De plus, elles ont été menées au Danemark, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni et pour la plupart au milieu des années 90.

Les études sur les risques sanitaires liés au compostage concernent surtout les professionnels. Les travaux de recherche sur la méthanisation, traitement récent, sont encore rares.

L'incinération a fait l'objet de nombreuses études depuis plus de dix ans. En France, une équipe de chercheurs en santé au travail a conduit des études sur les salariés de différentes usines (trois publications analysées). Sur les populations riveraines, trois équipes ont menées des études visant à rechercher la fréquence de cancers, de lymphomes et de malformations congénitales (huit publications incluses dans ce rapport). Ces études ont porté sur des installations présentant un système de traitement des fumées des années 90.

Les études sur les installations de stockage des déchets ménagers comportent des lacunes importantes. Une seule a été menée en France sur les professionnels. Les autres ont été menées à l'étranger et relatent la présence de déchets industriels dangereux non présents dans les déchets ménagers en France. De plus, dans ces centres, la nature des déchets stockés et les modes de gestion ne sont pas toujours renseignés.

De l'analyse de ces études, il ressort que les effets sanitaires étudiés chez les salariés et chez les riverains ne sont pas du même ordre.

Pour les professionnels de la collecte et du tri, les troubles majeurs identifiés sont les atteintes musculo-squelettiques liés à la manutention ou aux gestes répétitifs. Dans certains pays (Grèce et Brésil), ils sont exposés à un risque faible mais réel de maladies infectieuses (cas avérés d'hépatite B), lié à la présence éventuelle dans les déchets d'objets piquants-tranchants souillés par du sang.

Toutefois, en France, ces risques restent mineurs car les déchets médicaux suivent depuis 1997 un circuit de collecte spécifique. Par ailleurs, la vaccination des salariés contre l'hépatite B est recommandée.

Les salariés de la collecte, du tri et du compostage présentent plus de troubles respiratoires aigus. Cet excès de risque serait également possible pour le personnel d'incinérateurs. Les employés au ramassage des ordures souffrent vraisemblablement plus souvent de troubles gastro-intestinaux. Ceux des centres de stockage et des plateformes de compostage se plaignent généralement de troubles cutanés, oculaires et divers (nausées, maux de tête). Enfin, la fréquence des accidents du travail ayant entraîné des arrêts est plus importante pour les salariés chargés de la collecte, du traitement et de l'incinération des déchets ménagers, comparés à l'ensemble des neuf grandes branches d'activités ou Comités Techniques Nationaux (CTN).

Les rares données disponibles à l'étranger concernant les salariés d'incinérateurs n'ont pas permis d'apporter de conclusions pour les cancers, et les troubles de la reproduction.

En ce qui concerne l'incinération, les niveaux de risques apparaissent très liés aux niveaux de performances des installations (émissions de métaux lourds et de substances organiques) et aucune des études, qui rapportent un risque, n'a été réalisée sur des installations conformes aux normes européennes actuellement en vigueur. De même pour les centres de stockage, les niveaux de polluants sont dépendants de la nature des déchets enfouis, ainsi que des pratiques d'exploitation. Pour la population vivant autour de centres de stockage en présence de déchets dangereux en Europe et en Amérique du Nord et à proximité d'incinérateurs d'ordures ménagères avec un système de traitement des fumées des années 90, des études d'envergure se sont notamment intéressées aux cancers, aux malformations congénitales et aux troubles du développement foetal.

Il ressort de la revue de ces études chez ces riverains, une possible augmentation de la fréquence de certains cancers chez la femme (cancer tous types confondus et cancer du sein) et des cancers du poumon, gastro-intestinaux, et du foie, chez les deux sexes. Les résultats évoquent également un probable excès de risque de lymphomes non-hodgkiniens et de sarcomes des tissus mous. Des malformations congénitales seraient possibles chez les enfants de mères exposées à ces usines ainsi qu'à proximité de centres de stockage de déchets à l'étranger. Pour ces derniers, situés en Grande-Bretagne et au Canada, les nouveau-nés présenteraient un plus petit poids à la naissance. Des troubles respiratoires aigus et divers tels que nausées et maux de tête sont rapportés par des riverains de plateformes de compostage en Allemagne.

En conclusion, on constate que les pathologies identifiées dans la population générale au voisinage d'unités d'incinération, sont des cancers et des troubles de la reproduction, pathologies qui n'ont pas été étudiées ou mises en évidence chez les salariés. Chez les professionnels, en dehors des atteintes musculo-squelettiques, les problèmes potentiels identifiés sont d'ordre respiratoire, gastro-intestinal et cutané, associés à l'inhalation de bioaérosols et au contact direct avec des déchets contenant certaines substances chimiques.



## Discussion

Ce rapport comportait trois objectifs.

- Elaborer une première approche transversale des connaissances nationales et internationales des effets sanitaires de certains modes de gestion des déchets ménagers et assimilés, issues des données épidémiologiques disponibles ;
- Mettre à disposition une information conforme aux données actuelles de la science ;
- Identifier les domaines où les données scientifiques font défaut.

La présente revue bibliographique n'a pas pour ambition de faire une synthèse définitive de l'état des connaissances actuelles sur l'impact sanitaire de l'activité de gestion des déchets, elle constitue une synthèse transversale des travaux épidémiologiques conduits pour quatre modes de gestion des déchets ménagers.

La méthode repose au départ sur une revue bibliographique des rapports de synthèse disponibles sur le sujet, complétée par une analyse des études individuelles récentes non intégrées dans ceux-ci. Devant la multitude d'informations disponibles dans ce domaine, les rapports de synthèse permettent de condenser les connaissances publiées et d'identifier les domaines de convergence et de divergence des données scientifiques disponibles. Des règles pour l'élaboration et la publication d'un rapport de synthèse existent mais ne sont pas toujours appliquées par les auteurs. De même, les critères d'inclusion et d'exclusion des études individuelles ne sont pas toujours rapportés dans ces rapports. Le choix de la langue est souvent restreint à l'anglais, et enfin, une surreprésentation des études ayant des résultats statistiquement significatifs est fréquente. De ce fait, l'élaboration d'une synthèse, à partir de rapports de synthèse existants, peut amplifier les biais de sélection des études.

Nous avons revu les rapports de synthèse selon des critères prédéfinis, afin de sélectionner les rapports décrivant de façon transparente et explicite le groupe de travail et les différentes étapes de leur élaboration. Ensuite, nous avons analysé l'ensemble des études individuelles publiées depuis 2005 ainsi que les études individuelles jugées importantes, citées dans plusieurs rapports de synthèse et/ou réalisées en France. L'analyse des études plus récentes aurait dû nous permettre d'actualiser les données et conclusions. Mais, celles-ci, hormis pour la filière d'incinération, sont peu nombreuses et souvent réalisées en dehors du contexte européen. L'élaboration d'une grille de « niveaux de preuve » basée sur une hiérarchisation des résultats de chaque étude, en soulignant le poids de certaines, nous a permis d'apporter les conclusions pour chacune des pathologies concernées. Cette approche constitue un supplément à cette vision transversale de la littérature.

Si cette approche permet d'identifier les données convergentes et divergentes pour les différentes questions couvertes, la comparabilité des résultats est limitée. En effet, en Epidémiologie, la validité des résultats dépend principalement du type d'étude et de sa puissance statistique, ainsi que de la maîtrise des biais potentiels.

D'autres limites sont propres à l'ensemble des activités de gestion des DMA étudiées. Le manque de données sur la caractérisation des émissions et des expositions conduit parfois à des résultats contradictoires ou trop peu concluants. De même, pour les études étrangères, la grande diversité des installations, des quantités et des types de déchets traités (présence de déchets dangereux dans les centres de stockage par exemple) mais aussi des techniques de gestion et des rejets qui leur sont associés, rendent difficiles l'extrapolation des résultats à la situation française. Comme le montre la synthèse des résultats, certains domaines sont encore peu explorés, d'où des données sanitaires trop rares pour apporter une conclusion.

Enfin, les délais d'apparition de certaines pathologies comme les cancers, peuvent atteindre plusieurs années, voire des dizaines d'années, depuis le début de l'exposition. Ces paramètres temporels impliquent que les études disponibles aujourd'hui portent sur des installations ayant

fonctionné dans le passé. En effet, pour certaines filières, comme l'incinération, l'exposition aux émissions atmosphériques dans les années 1970-1980 a sans doute, d'après les travaux menés par l'Institut de Veille Sanitaire, augmenté la fréquence de certains cancers, mais il est impossible de transposer ces résultats à la période actuelle (Fabre P, 2008).

Enfin, dans le champ de la santé environnementale, les risques sanitaires s'inscrivent dans le domaine des risques faibles et des expositions multiples, pour lesquelles il n'existe souvent pas d'effets spécifiques. Ainsi, établir le caractère causal d'une association est un processus délicat qui nécessite des méthodes et raisonnements complexes pour obtenir un faisceau d'arguments convergents. Dans ce processus, chaque nouvelle connaissance, dans le domaine de la métrologie, de la toxicologie, de la biologie, et de l'épidémiologie constitue autant d'avancées complémentaires.

Toutefois, un aspect particulier du bien-fondé des méthodes de réflexion scientifique est la manière dont les conclusions sont extraites de l'observation, ou la façon dont on décide si une hypothèse est suffisamment étayée par les données pour être acceptée comme réelle. D'après Kriebel (Kriebel, 2009), les résultats des études pèsent plus ou moins fortement en fonction des préjugés du lecteur. A titre d'exemple, les inquiétudes des populations, souvent relayées par les médias, conduisent généralement à mettre en œuvre des investigations épidémiologiques et environnementales dans l'urgence à la demande pressante des pouvoirs publics. Bien souvent, malgré l'importance des ressources humaines et financières engagées, quand les résultats sont négatifs ou la force de l'association entre exposition et effet sanitaire peu probante, la population demeure dubitative et interrogative sur les risques réellement encourus. Leur perception n'est pas toujours proportionnelle à l'ampleur des risques et dépend généralement aussi des représentations qui y sont associées. Ce phénomène est fréquent et d'autant plus important lorsque les risques sont moins bien connus. Ce paradoxe peut être expliqué si l'on réalise que ce qui fait peur n'est souvent pas l'ampleur du risque mais d'avantage l'incertitude sur l'existence d'un risque et ce d'autant plus si l'exposition est subie, invisible et indécélable par tout un chacun (Dab, 2007). Ainsi, les risques acceptés seraient donc avant tout des risques quantifiés et gérés (André, 2003), (Salomon D, 2005).

En suggérant une association entre des installations de gestion des déchets ménagers et certains effets sanitaires observés sur les riverains et les professionnels, les résultats des diverses études analysées dans cette revue bibliographique confirment l'utilité des mesures de réduction et de contrôle des émissions de polluants, dont certaines ont déjà été imposées aux UIOM à la fin des années 1990.

Concernant les centres de stockage, la réglementation de 1997 a exigé le contrôle des déchets entrants. Parfois les ordures ménagères contiennent certains déchets toxiques en petites quantités (solvants, peintures, colles, vernis, produits phytosanitaires, piles, ampoules usagées...). Une meilleure sensibilisation de la population au risque généré par son propre comportement devrait permettre de réduire ces risques.

Pour les professionnels, des mesures de formations et de préventions adaptées afin de garantir leur sécurité et leur protection sont en principe mises en place par les employeurs.

## Perspectives

Que l'on ait recours au compostage, à la méthanisation, à l'incinération ou à la mise en décharge, aucun mode de gestion des déchets ménagers n'est exempt de risque, aussi faible soit-il, pour l'environnement et la santé. En matière de santé publique, il est important de préciser qu'aujourd'hui nous ne disposons pas de moyens pour trancher sur un mode de gestion des déchets ménagers en particulier. Aussi, tout en favorisant la réduction de la production des déchets à la source, il semble intéressant de poursuivre voire d'élargir l'évaluation des risques environnementaux et sanitaires des différents modes de gestion. En effet, pour que les pouvoirs publics puissent mettre en œuvre des mesures visant à réduire les expositions responsables de pathologies, il est important de leur fournir des données validées.

Les salariés de la gestion des déchets ménagers et assimilés sont régulièrement exposés à divers polluants chimiques et biologiques. Les voies aériennes et cutanées restent les voies principales d'exposition. La priorité des recherches en santé au travail doit être donnée à la réalisation d'enquêtes prospectives avec le souci d'une meilleure caractérisation des expositions notamment à travers des mesures objectives.

De nouvelles études portant sur plusieurs sites apporteraient une plus grande puissance et des connaissances plus générales sur les effets sanitaires. Il faudrait cependant, dans un premier temps, tenter de caractériser les expositions liées à ces sites d'après leurs données propres (composition, quantité de déchets reçus, modes de gestion...).

Les recherches utilisant des marqueurs biologiques mériteraient d'être poursuivies. Ces marqueurs permettraient de suivre une exposition à certains polluants comme les dioxines et les métaux. La mise en place d'études comme les séries chronologiques d'exposition qui sont utilisées pour la pollution de l'air, ainsi que la prise en compte des données toxicologiques permettraient d'obtenir une meilleure interprétation du lien de causalité.

Les cancers sont des pathologies multifactorielles qui restent les plus étudiées dans le domaine de l'environnement. Selon une étude de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS, 2003), 5 à 10 % des cancers seraient liés à des facteurs environnementaux pour la population générale. Toujours selon l'InVS, 4 à 8% des cancers ont une origine professionnelle.

Mais il faut bien tenir compte du constant décalage qui existe entre l'apparition de la pathologie et l'exposition. Ainsi, sur les UIOM mises aux normes depuis 2002, il pourrait être intéressant d'initier, chez les professionnels, la mise en place d'études prospectives longitudinales. Par contre, chez les riverains, il convient de rester prudent et de ne pas tirer de conclusions définitives avant que des études complémentaires permettent de mieux documenter les niveaux d'exposition, voire d'imprégnation de la population.

A ce jour, la caractérisation des risques sur la santé est incomplète. Les résultats incitent à encourager des travaux de recherche pour établir les liens de causalité entre expositions et pathologies, en validant les associations statistiques suggérées dans certaines études, et en caractérisant mieux les expositions. Il n'en demeure pas moins qu'en milieu professionnel le nombre de salariés est faible, ce qui limite les possibilités d'étudier des pathologies rares. En population générale, la caractérisation des expositions reste complexe à réaliser, du fait notamment des expositions multiples et de la difficulté de prendre en compte, dans les analyses, les facteurs de risque individuels, associés souvent à un risque plus important que les facteurs environnementaux.

Enfin, le manque de certaines données peut être lié au fait qu'intuitivement on pense que certains effets sanitaires sont inexistantes ou trop difficiles à mettre en évidence. En effet, pour apprécier l'ampleur d'un problème en santé publique et discuter de sa priorité relative, il faut tenir compte de la valeur du risque relatif associé à l'exposition, du risque de base dans la population et de la fréquence de l'exposition au facteur de risque considéré (Gérin, 2003).

Des enjeux sanitaires, liés aux plaintes récurrentes de la population riveraine concernant les odeurs et le bruit doivent être considérés. Les odeurs constituent une préoccupation pour les riverains qui,

souvent, les associent à une notion de toxicité. Cependant, même si les niveaux de concentration en polluants odorants n'induisent aucun effet direct sur la santé par un mécanisme toxique, selon l'état des connaissances actuelles, le mal-être qu'elles génèrent peut avoir un impact psychologique négatif lorsqu'ils sont jugés excessifs par la population riveraine. Les odeurs peuvent entraîner des troubles identiques à ceux observés chez des personnes en situation de stress, à savoir des troubles psychiques (dépression, agressivité...) et somatiques (nausées, gorge sèche...). Il serait intéressant de mener des études sur la qualité de vie des populations riveraines et d'étudier plus particulièrement ces troubles.

Parallèlement, des bruits liés à certaines installations perturbent les riverains dans leur vie quotidienne (liées par exemple au transit des camions). Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, différentes mesures ont été prises afin de lutter contre le bruit de certaines infrastructures avec notamment la mise en place d'observatoires et de cartographie du bruit qu'il serait intéressant de réaliser autour d'installations plus spécifiques et d'étudier l'impact sur les populations riveraines.

Ce travail représente une première étape qui encourage la réalisation d'un travail plus approfondi de revues des études individuelles, notamment sur des questions pour lesquelles les études identifiées sont contradictoires. Pour cela, il serait pertinent de prendre en compte les études de caractérisation des émissions et des expositions, ainsi que les diverses connaissances toxicologiques disponibles. En ce qui concerne les filières non investiguées dans le présent rapport, par exemple le recyclage, il faudrait d'abord prioriser celles pour lesquelles il serait intéressant de mener ce type de revue bibliographique.

Enfin, les conclusions du présent rapport peuvent évoluer avec de nouvelles données scientifiques nécessitant l'actualisation de ce travail. Il pourrait être pertinent de mettre en place une veille prospective des nouvelles études publiées.

Tableau 6 -  
Synthèse globale

Pathologies	Collecte et tri		Installations de stockage a) en France b) à l'étranger		Usines d'incinération ancienne génération		Plateformes de compostage	
	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains autour de sites étrangers	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains	Niveau de preuve Professionnels	Niveau de preuve Riverains
Tous types cancers	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Possible chez la femme	Pas de données	Pas de données
Cancer poumon	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible	Possible	Pas de données	Pas de données
Cancer gastro-intestinal	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible	Possible	Pas de données	Pas de données
Cancer foie	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible	Pas de données	Pas de données
<b>Cancer</b> Sein chez la femme	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible	Pas de données	Pas de données
Leucémies aiguës et chroniques (LLC)	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données
Lymphome Non Hodgkinien (LNH)	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Probable	Pas de données	Pas de données
Sarcome des Tissus Mous (STM)	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Probable	Pas de données	Pas de données
Troubles du développement fœtal	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible pour petits poids naissance <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Malformations congénitales	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible <sup>b</sup>	Pas de données	Possible	Pas de données	Pas de données
Troubles de la reproduction	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Possible	Pas de données	Pas de données
Troubles respiratoires aigus	Convaincant	Pas de données	Conclusion impossible <sup>a</sup>	Possible <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Possible	Conclusion impossible	Convaincant
Troubles respiratoires chroniques	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible
Troubles cardiovasculaires	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données
Symptômes divers/subjectifs	Pas de données	Pas de données	Conclusion impossible <sup>a</sup>	Possible <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Troubles dermatologiques	Conclusion impossible	Pas de données	Conclusion impossible <sup>a</sup>	Possible <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Possible
Troubles gastro-intestinaux	Probable	Pas de données	Conclusion impossible <sup>a</sup>	Possible <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Possible
Troubles musculosquelettiques	Convaincant	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Maladies infectieuses	Convaincant	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Troubles oculaires	Conclusion impossible	Pas de données	Conclusion impossible <sup>a</sup>	Possible <sup>b</sup>	Conclusion impossible	Pas de données	Pas de données	Possible

# BIBLIOGRAPHIE

**Abdou MH.** Health impacts on workers in landfill in Jeddah City, Saudi Arabia. *J Egypt Public Health Assoc.* 2007, Vol. 82(3-4):319-29.

**ADEME,** Synthèse des résultats du second état d'avancement de mise en conformité des UIOM. 2005.

**AGREE Collaboration.** Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation Instrument, 2002.

**AIE, Associazione Italiana di Epidemiologia.** Waste processing and health. A position document of the Italian Association of Epidemiology. 2008, Vol. 44(3):301-6.

**AMORCE.** « Les Installations de Stockage de Déchets ». *Série Technique N° 22.* 2007.

**Andre P., Vaillancourt J-G., Plante S. et al.** L'apport des sciences sociales en santé environnementale. *Environnement et santé publique.* Éditions Tec & Doc, 2003.

**ASTEE [Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement], Renault C. Morice E., Delery L. et Deportes I.** Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation. 2006.

**Beffa T, Staib F, Lott Fischer J.** Mycological control and surveillance of biological waste and compost. *Medical Mycology.* 1998, Vol. 36 (suppl. 1) : 137-145.

**Biggeri A, Barbone F, Lagazio C, Bovenzi M, Stanta G.** Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy: spatial analysis of risk as a function of distance from sources. *Environ Health Perspect.* 1996, 104:750-754.

**Bünger J, Antlauf-Lammers M, Schulz TG.** Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. *Occup. Environ. Med.* 2000, Vol. 57 : 458-464.

**Calvez, M.** Les signalements profanes de clusters de cancers : épidémiologie populaire et expertise en santé environnementale. *Sciences sociales et santé.* 2009, Vol. 27, n°2.

**Charbotel B, Hours M, Perdrix A, Anzivino-Viricel L, Bergeret A.** Respiratory function among waste incinerator workers. *Int Arch occup Environ Health* ( 2005) 78:65-70.

**CNAMTS, Direction des Risques Professionnels.** Risque AT 2008 : statistiques « technologiques » du CTN C par numéros de risques - Industries des transports, de l'eau, du gaz, de l'électricité, du livre et de la communication. 2009.

**Cook DJ, Guyatt GH, Laupacis A, Sackett DL, Goldberg RJ.** Clinical recommendations using levels of evidence for anithtombotoc agents. *Chest* . 1995, Vol. 108(4Suppl):227S-30S.

**Cordier S, Chevrier C, Robert-Gnansia E, Lorente C, Brula P, Hours M.** Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators. *Occup Environ Med* . 2004, 61:8-15.

**Cordier S, Lehébel A, Amar E, Anzivino-Viricel L, Hours M, Robert-Gnansia E.** Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects. *Occup Environ Med.* 2010, 67:493-499.

**Da Silva MC, Fassa AG, Kriebel D.** Musculoskeletal pain in ragpickers in a southern city in Brazil. *Am J ind med.* 2006, Vol. 49, n°5,327-336.

**Da silva MC, Fassa AG, Siqueira CE et al.** World at work: Brazilian ragpickers. *Occup Environ Med.* 2005, Vol. 62:736-740.

Dab, W. Santé et environnement. Paris :PUF, coll « Que sais-je ? » n°3771, 2007.

DEFRA [Department for environment Food and Rural Affairs]. Review of Environmental and Health effects of waste management: municipal solid waste and similar wastes. 2004, Vol. 420 p.

Deloraine A, Hedreville L, Arthus C. Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bioaérosols générés par le compostage des déchets. s.l. : Centre Alpin de Recherche Epidémiologique Prévention Sanitaire (CAREPS) et Agence de l'énergie et de la maîtrise de l'environnement (ADEME),2002.

Déportes I, Brunet H, Aupetitgendre M, Cauchi A, Gay G, Denys S, Déléry L. *Base scientifique de l'évaluation des risques sanitaires relatifs aux agents pathogènes*. s.l. : (ADEME INERIS), 2007.

Deportes I, Krivobok S, Seigle-Murandi F, Zmirou D. Aflatoxins in municipal solid wastes compost? A first answer. *Journal of agricultural and food chemistry*. 1997, Vol. 45(7) : 2788-2792.

Dolk H, Vrijheid M, Armstrong B, et al. Risk of congenital anomalies near hazardous-waste landfill sites in Europe: the EUROHAZCON study. *Lancet*. 1998, Vol. 352, 423-427.

Domingo JL, Nadal M. Domestic waste composting facilities: a review of human health risks. *Environln*. 2009, Vol. 35(2):382-9.

Dor F. Risques sanitaires et gestion des déchets. Sécurité sanitaire et gestion des déchets. *Techniques sciences méthodes*. 2005, Vol. 215, 7-8:52-9.

Dounias G., Kypraiou E., Rachiotis G., Tsovilli E., Kostopoulos S. Prevalence of hepatitis B virus markers in municipal solid waste workers in Keratsini (Greece). *Occupational Medicine*. 2005, Vol. 55, 1, p 60-63.

Dounias G., Rachiotis G. Prevalence of hepatitis A virus infection among municipal solid-waste workers. *Int J Clin Pract* . 2006, Vol. 60,11,1432-1436.

Douwes J, Mclean D, Van Der Maarl E, Heederik D, Pearce N. Worker exposures to airborne dust, endotoxin and beta(1,3)-glucan in two New Zealand sawmills. . *Am. J. Ind. Med*. 2000, Vol. 38(4) : 426-30.

Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L. Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria north west England, 1956-93. *J Epidemiol Community Health* . 2003 57:456-461.

Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I, Jolley D, Walls P, Beresford and Grundy C. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *British Journal of Cancer* . 1996, Vol. 73, 702-710.

Elliott P, Briggs D, Morris S, de Hoogh C. Risk of adverse birth outcomes near landfill sites. . *Br. med.J*. 2001, Vol. 323 (7325), 363-368.

Elliott P, Eaton N, Shaddick G, Carter R. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: histopathological and case-note review of primary liver cancercases. *Br J Cancer* . 2000, 82:1103-1106.

Fabre P, Daniau C, Gorla S, De Crouy-Chanel P, Empereur-Bissonnet P. Etude d'incidence des cancers à proximité des usines d'incinération d'ordures ménagères. *Rapport d'étude Institut de Veille Sanitaire*. 2008.

Ferreira JA, Tambellini AT, Pessoa Da Silva CL, Guimaraes M. Hepatitis B morbidity in municipal and hospital waste collection workers in the city of Rio de Janeiro. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1999, Vol. 20:591-592.

Fervers B, Hardy J, Blanc-Vincent MP, Theobald S, Bataillard A, Farsi F, Gory G, Debuiche S, Guillo S, Renaud-Salis JL, Pinkerton R, Bey P, Philip T. SOR: project methodology. *Br J Cancer*. 2001, Vol. May; 84 Suppl 2:8-16.

Fisher G, Müller T, Schwalbe R, Ostrowski R, DottW. Exposure to airborne fungi, MVOC and mycotoxins in biowastehandling facilities. . *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2000, Vol. 203 : 97-104.

Floret N, Mauny F, Challier B, Arveux P, Cahn JY, Viel JF. Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non- Hodgkin lymphoma. *Epidemiology* . 2003, 14:392-398.

FNADE/ADEME. Guide méthodologique relatif à la déclaration des émissions polluantes des installations de stockage de déchets. 2007.

Gelberg KH. Health study of New York City department of sanitation Landfill employees. . *JOEM*. 1997, Vol. 39, 11, 1103-1110.

Gerin M., Gosselin P., Cordier S. et al. Environnement et santé publique. Fondements et pratiques. s.l. : Éditions Tec & Doc, Edisem, 2003.

Giusti L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Manag*. 2009, Vol. 29(8):2227-39.

Gladding T, Thorn J, Stott D. Organic dust exposure and work-related effects among recycling workers. *Am j Ind med*. 2003, 43:584-591.

Gladding TL, Thorn J, Smith R. *Air quality and worker health effects in materials recovery facilities in England and Wales*. Sardinia Caligari : s.n., 2003. paper n°66.

Golberg MS, Goulet L, Riberdy H, Bonvalot Y. Low birth weight and preterm births among infants born to women living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec. *Environ. Res*. 1995, Vol. 69, 37-50.

Golberg MS, Siemiatycki J, Dewar R, Desy M, Riberdy H. Risks of developing cancer relative to living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec, Canada. *Arch. environ. Health*. 1999, Vol. 54, (4), 291-296.

Goldberg MS, Goulet L, Riberdy H. Incidence of cancer among persons living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec. *Arch. environ. Health*. 1995, Vol. 50, 416-424.

Gostelow P, Parsons SA, Stuetz RM. Odour measurements for sewage treatment works. *Water Res*. 2001, Vol. 35(3):579-97.

Gustavson, P. Mortality among workers at a municipal waste incinerator. *Am J Ind Med*. 15(3): 245-53, 1989.

Heldal KK, Halstensen AS, Thorn J, Djupesland P, Wouters I, Eduard W, Haltensen TS. Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occup. environ. Med*. 2003, Vol. 60, 444-450 .

Herr CEW, Zur Nieden, Jankofsky M, Stilianakis NI, Boedeker RH, Eikmann TF. Effects of bioaerosols polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occup Environ Med*. 2003, Vol. 60: 336-342.

Hill AB, The environment and Disease: Association or causation. Section of occupation of medicine 1965, Vol 58, 295-300.

Hours M, Anzivino L, Asta J., Berny P., Billeret M., Maitre A., Parat S., Stoklov M., Sarrasin B., Keck G., Perrodin Y. Etude des polluants atmosphériques émis dans deux centres de stockage des ordures ménagères. *Déchets Sci. Tech*. 2001, Vol. 24;38-42.



Hours M, Anzivino-Viricel L, Maitre A, Perdrix A, Perrodin Y, Charbotel B, Bergeret A. Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2003,76:467-472.

Hu SW, Shy CM. Health effects of waste incineration: a review of epidemiologic studies. *J Air Waste Manage Assoc*. 2001, Vol. 5(7):1100-9.

Inserm, Département information scientifique et communication. Décembre 2009.  
<http://www.inserm.fr/espace-journalistes>. [En ligne] Repères en épidémiologie, Décembre 2009.

InVS. *Evolution de l'incidence et de la mortalité par cancer en France de 1978 à 2000*. InVS, 2003.

InVS. *Guide méthodologique pour l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses*, InVS, 2005.

InVS, ADEME, ASTEE, SFSP, INERIS, AFSSE, BRGM, RSD. Stockage des déchets et santé publique : synthèse et recommandations. InVS. 2004.

InVS. Incinérateurs et Santé. Guide pour la conduite à tenir lors de la demande locale d'investigations sanitaires autour d'une UIOM, InVS, 2004

Ivens UI, Breum NO, Ebbehoj N, Nielsen BH, Poulsen OM, Wurtz H. Exposure-response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. *Scand. J. Work Environ. Health*. 1999, Vol. 25, (3), 238-245.

Ivens UI, Ebbeho JN, Poulsen OM, Skovt. Season, equipment, and job function related to gastrointestinal problems in waste collectors. *Occup Environ Med* . 1997, Vol. Dec; 54(12):861-7.

Jarup L, Briggs D, De Hoogh C, Morris S, Hurt C, et al. Cancer risks in populations living near landfill sites in Great Britain. *Br. J. Cancer*. 2002, Vol. 86 (11), 1732-1736.

Johanning, E. An overview of waste management in the United States and recent research activities about composting related occupational health risk. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*. 1999, Vol. 104:127-40.

Knox.EG. Childhood cancers, birthplaces, incinerators and landfill sites. *International Journal Epidemiology*.2000, 29 : 391-397

Krajewski JA, Tarkowsky S, Cyprowsky M, Szarapinska-Kwaszewska J, Dudkiewsky B. Occupational exposure to organic dust associated with municipal waste collection and management. *Int. J. occup. Med. environ. Health*. 2002, 15, 289-301.

Kriebel D. Incinerators, birth defects and the legacy of Thomas Bayes. *Occup Environ Med*. 2010 Jul; 67(7):433-4

Kuijjer P-F, Van der beek A-J., Van Dieen J-H, Visser B, Frings-Dresen M-H. Effect of job rotation on need for recovery, musculoskeletal complaints, and sick leave due to musculoskeletal complaints: A prospective study among refuse collectors. *American journal of industrial medicine*. 2005, Vol. 47, 5, p394-402.

Labarere J. Interprétation d'une enquête épidémiologique : type d'enquête, notion de biais, causalité, 2004

Lloyd OM, Lloyd MM, Williams FMR, Lawson A. Twinning in human populations and in cattle exposed to air pollution from incinerators. *Br J Ind Med*. 1998, 45; 456-46.

Maitre A, Collot-Fertey D, Anzivino L, Marques M, Hours M, Stoklov M. Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds. *Occup. Environ. Med*. 2003, 60, 563-569.

- Malmros P, Sigsgaard T and Bach. Occupational health problems due to garbage sorting. *Waste manage Res.* 1992, Vol. 10:227-234.
- Martuzzi M, Mitis F, Bianchi F, Minichilli F, Comba P, Fazzo L. Cancer mortality and congenital anomalies in a region of Italy with intense environmental pressure due to waste. *Occup Environ Med.* 2009 , Vol. Nov; 66(11):725-32.
- MEDDAT [Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, de l'Aménagement du Territoire]. *Les incinérateurs d'ordures ménagères: quels risques ? quelles politiques?* 2004.
- Mitis F, Martuzzi M. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of WHO workshop. *WHO [ World Health Organisation].* 2007.
- Mohan AK, Degnan D, Feigley CE, Shy CM, Hornung CA, Mustafa T, Macera CA,. Comparison of respiratory symptoms among community residents near waste disposal incinerators. *Health Res Int J Environ.* 2000, Vol. 10:63-74,.
- Momas I., Caillard J.F., Lesaffre B. *Plan National Santé Environnement.* s.l. : La Documentation Française, 2004.
- Nadal M, Inza I, Schuhmacher M, Figueras MJ, Domingo JL. Health risks of the occupational exposure to microbiological and chemical pollutants in a municipal waste organic fraction treatment plant. *Int J Hyg Environ Health.* 2009, Vol. 212(6):661-9.
- NCR, [National Council Research US]. Waste incineration and public health. Committee on Health Effects of Waste. 2000.
- Nedellec V, Mosqueron L. Recensement des agents émis lors des déversements d'ordures ménagères en situation professionnelle et identification des dangers par inhalation. *risque santé.* 2002, Vol. 1(3):164-78.
- Nielsen EM, Breum NO, Nielsen BH, Wurtz H, Poulsen OM, Midtgaard U. Bioaerosol exposure in waste collection: a comparative study on the significance of collection equipment, type of waste and seasonal variation. *Appl. occup. hyg.* 1997, 41,325-344.
- ORSIdF [Observatoire Régional de la Santé d'Ile-de-France]. Le traitement des déchets ménagers et assimilés en Ile de France. Considérations environnementales et sanitaires . 2007.
- Palmer SR, Dunstan FD, Fielder H, et al. Risk of congenital anomalies after the opening of landfill sites. *Environ Health Perspect.* 2005 , Vol. 113:1362-5.
- Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forestiere F. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with waste management of solid waste. *Environ. Health.* 2009, Vol. 8:60.
- Poulsen OM, Breum NO, Ebbeho, Hansen AM, Ivens UI, Van Lelieveld D, Malmros P, Matthiasen L, Nielsen BH, Nielsen EM, et al. Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environ* . 1995a, Vol. Aug 18;170(1-2):1-19.
- Poulsen OM, Breum NO, Ebbeho, Hansen AM, Ivens UI, Van Lelieveld D, Malmros P, Matthiasen L, Nielsen BH, Nielsen EM et al. Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environ.* 1995b, Vol. May 19;168(1):33-56.
- Rapiti E, Sperati A, Fano V, Dell'Orco V, Forastiere F. Mortality amongst workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective cohort study. *Am J Ind Med* . 1997, 31:659-61.
- Ray MR, Roychoudhury S, Mukherjee G, Roy S, Lahiri T. Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at an open landfill site in Delhi. *Int J Hyg Environ Health.* . 2005 , Vol. 208(4):255-62.

RECORD [Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets]. Etat des connaissances sur les microorganismes dans la filière déchet. *Réseau coopératif de recherche sur les déchets (RECORD)*. 2003.

Reinthal FF, Haas D, Feierl G, Schlacher R, Pichler-Semmemrock FP, Kock M, Wust G, Feenstra O. Comparative investigations of airborne culturable microorganisms in selected waste treatment facilities. *Zent. bl. Hyg. Umweltmed.* 1998/1999, 202, 1-17.

Rosenberg N. Affections respiratoires professionnelles non infectieuses dues aux agents biologiques. Secteur des déchets : collecte, tri et valorisation. *Institut national de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents de travail et les maladies professionnelles (INRS)*. 2007, Vol. 110 - DMT Fiche 39.

Russi MB, Borak JB, Cullen MR. An examination of cancer epidemiology studies among populations living close to toxic waste sites. *Environ Health.* 2008, Vol. 7:32.

Rydhastroem, H. No obvious special clustering of twin births in Sweden Between 1973 and 1990. *Environ Res ;* . 1998, 76:27-31.

Rylander R. Evaluation of the risk of endotoxin exposure. *Int J Occup Env Health.* 1997, Vol. 3:s32-s36.

Saillard C, Breton I, Chabaud F, Bouffard B. Les risques liés au traitement des ordures ménagères pour les professionnels et les populations riveraines. Observatoire régional de la santé Poitou-Charentes, 2001.

Saint-Ouen M, Camard JP, Host S, Gremy I. Données épidémiologiques récentes sur les effets sanitaires des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés. Observatoire Régional de la Santé Ile de France, *Environnement, risques et santé.* 2008, Vol. 35., 7(1):27-.

Salomon, D. La dynamique sociale des mobilisations : l'exemple des antennes-relais de téléphonie mobile. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire.* 2005, Vol. 49-50.

Schlosser O, Halyard A, Cartnick K, Yañez A, Catalán V, Quang ZD. Bioaerosol in composting facilities: occupational health risk assessment. *Water Environ Res.* 2009, Vol. 81(9):866-77.

Schlosser O, Huyard A. Les bioaérosols en plateforme de compostage : exposition et risque professionnel. *Environnement, risques et santé.* 2008, Vol. 7(1):37- 45.

Shy CM, Degnan D, Fox DL, Mukerjee S, Hazucha MJ, Boehlecke BA, Rothenbacher D, Briggs PM, Devlin RB, Wallace DD, Stevens RK, Bromberg PA. Do waste incinerators induce adverse respiratory effects? An air quality and epidemiological study of six communities. *Environ Health Perspect* . 1995,103:714-724,.

Sigsgaard T, Abel A, Donbaek L., Malmros P. Lung fonction changes among recycling workers exposed to organic dust. *American Journal of Industrial Medicine.* 1994, Vol. 25:69-72.

Sigsgaard T, Hansen J, Malmros P. Biomonitoring and work related symptoms among garbage handling workers. *Ann Agric Environ Med.* 1997, Vol. 4:107-112.

Slack RJ, Gronow JR., Voulvoulis N. Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. *Sci. total Environ.* 2005, Vol. 337, 119-137.

Stagg S, Bowry A, Kelsey A, Crook B. *Bioaerosol emissions from waste composting and the potential for workers' exposure* . s.l. : Health and Safety laboratory RR 786 Research Report, 2010.

SWPHO [South West Public Health Observatory], Pheby D, Grey M, Giusti L, Saffron L. Waste management and public Health: the state of the evidence. A review of the epidemiological research on the impact of waste management activities on health. *South West Public Health Observatory (SWPHO)*. 2002.

Takata T. Survey on the health effects of chronic exposure to dioxins and its accumulation on workers of a municipal solid waste incinerator, rural part of Osaka Prefecture, and the results of extended survey afterwards. *Ind Health*. 2003.

Tolvanen OK, Haenninen KI, Veijanen A, Villberg K. Occupational hygiene in biowaste composting. *Waste Manag. Res.* 1998, Vol. 16(6) : 525-540.

Tolvanen, OK. Exposure to bioaerosols and noise at a Finnish dry waste treatment plant. *Waste Manag Res.* 2004, Vol. 22(5):346-57.

Viel JF, Arveux P, Baverel J, Cahn JY. Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *Am J Epidemiol.* 2000 Jul 1;152(1):13-9.

Viel JF, Clement MC, Hägi M, Grandjean S, Challier B, Danzon A. Dioxin emissions from a municipal solid waste incinerator and risk of invasive breast cancer: a population-based cases control study with GIS-derived exposure. *Environ Health* . 2008 7:4.

Viel JF, Daniau C, Gorla S, Fabre P, de Crouy-Chanel P, Sauleau EA, Empereur-Bissonnet P. Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environ Health*. 2008, 7:51.

Viel JF, Floret N, Deconinck E, Focant JF, De Payw E, Cahn JY. Increased risk of non-Hodgkin lymphoma and serum organochlorine concentrations among neighbors of a municipal solid waste incinerator. *Environnement international.* 2011, Vol. 37 449-453

Vinceti M, Malagoli C, Teggi S et al. Adverse pregnancy outcomes in a population exposed to the emissions of a municipal waste incinerator. *Sci Total Environ* 2008, 15;407(1):116- 21.

Vinceti M, Malagoli C, Fabbi S et al. Risk of congenital anomalies around a municipal solid waste incinerator: a GISbased case-control study. *Int J Health Geogr* 2009, Feb 10;8:8.

Vrijheid M. Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environ Health Perspect.* 2000, Vol. 12, 108(Suppl 1):101.

Vrijheid M, Dolk H, Armstrong B, Abransky L, Bianchi F, Fazarinc I, Garne E, Ide R, Nelen V, Robert T E, Scott JE, Stone D, Tenconi R. Chromosomal congenital anomalies and residence near hazardous waste landfill sites. *Lancet.* 2002, Vol. 359 (93).

WCRF/AICR [World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research]. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. Washington DC: AICR, 2007.

Wong C, Jonathan W. Effects of lime addition on sewage sludge composting process. *Water Research.* 2000, Vol. 34(15) : 3691- 3698.

Wouters Im, Hilhorst SK, Kleppe P, Doekes G, douwes J, Peretz C. Upper airway inflammation and respiratory symptoms in domestic waste collectors. *Occup. Environ Med.* 2002, Vol. 59(2) 106-112.

Wouters IM, Spaan S, Douwes J, Doekes G, Hederik D. Overview of personal occupational exposure levels to inhalable dust, endotoxin,  $\beta$ (1-3)-glucan and fungal extracellular polysaccharides in the waste management chain. *Ann. occup. Hyg.* 2006, Vol. 50, (1), 39-53.

Yogesh SD, Zodpey SP. Respiratory morbidity among street sweepers working at Hanumannagar Zone of Nagpur Municipal Corporation, Maharashtra. *Indian J Public Health.* 2008, Vol. Jul-Sep;52(3):147-9.

Zambon P, Ricci P, Bovo E, Casula A, Gattolin M, Fiore AR, Chiuosi F, Guzzinati S. Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environ Health* .2007, Jul16; 6-19.

Zmirou D., Deloraine A., Dab W., Isnard H. 1995. Uncertainty, expertise and decision making: the lessons from the Montchanin landfill. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*. 1995, Vol. vol.43, n°6.

## Ressources complémentaires consultées sur internet

ADEME, « Les déchets en France, chiffres clés. 2009 » :

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12549>.

ADEME, Fiche pratique. Les études épidémiologiques :

<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=D03F47BE5F6EADFB5B0F0AAE99C3142E1159449707843>

ADEME / CAREPS, « Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bioaérosols générés par le compostage des déchets » :

[http://www1.environnement.gouv.fr/article.php3?id\\_article=2683](http://www1.environnement.gouv.fr/article.php3?id_article=2683)

Assurance maladie, « Risque AT 2008 : statistiques "technologiques" du CTNC C par numéros de risques », Direction des risques professionnels, 2009 :

[http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/atmp\\_media/RISQUE\\_AT\\_2008\\_STATS\\_CTN\\_C\\_PAR\\_NUMEROS\\_DE\\_RISQUES.pdf](http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/atmp_media/RISQUE_AT_2008_STATS_CTN_C_PAR_NUMEROS_DE_RISQUES.pdf)

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), "Research: review of the environmental and health effects of waste management" (en anglais) :

<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/research/health/>

INPES (Institut national de prévention et d'éducation pour la Santé) : <http://www.inpes.fr>

InVS, « Stockage des déchets et santé publique » :

<http://www.invs.sante.fr/publications/2005/dechets/index.html>

# GLOSSAIRE

## **Allergène**

Substance capable de provoquer une réponse allergique, étrangère à l'organisme récepteur. Certains peuvent être d'origine chimique.

## **Andain**

Mise en tas longs et hauts des déchets afin de faciliter leur retournement donc leur décomposition dans un processus de compostage.

## **Biais**

L'erreur constituant le biais n'est pas aléatoire. Le biais peut accroître ou «créer» une différence. De plus, le biais peut réduire ou «annihiler» une différence. On en dénombre 3 : biais de sélection, biais de classement ou information, biais de confusion.

## **Bioaérosols**

Agents biologiques (virus, bactéries, champignons microscopiques...) dispersés dans l'air.

## **Biogaz**

Gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène. Il est produit dans les installations de stockage des déchets ou dans les méthaniseurs. Afin d'éviter de contribuer à l'effet de serre et au dégagement de nuisances olfactives, il est souvent brûlé au moyen d'une torchère. Il peut également être valorisé sous forme d'énergie de substitution à l'énergie fossile.

## **Budget espace-temps (BET)**

Description des activités d'une personne et du temps moyen passé pour chaque activité, utilisé pour estimer l'exposition à un agent infectieux ou toxique.

## **COV (composé organique volatil)**

Molécules organiques, à l'état de vapeur à la température et à la pression ambiantes.

## **Cytokines inflammatoires**

Protéines (dont interleukines 6 et 8, interleukine 1b, TNFa) fabriquées par des cellules immunocompétentes (les lymphocytes T et les macrophages notamment) favorisant l'inflammation.

## **DJA**

Ce sigle signifie la Dose Journalière maximum Admissible qui représente la dose d'une substance que l'on peut ingérer quotidiennement pendant toute une vie, sans risque d'effets nuisibles.

## **Endotoxines**

Constituants lipopolysaccharidiques (LPS) de la paroi de bactéries Gram négatif qui sont libérés lors de la destruction/mort de celles-ci (lyse bactérienne). La partie lipidique des LPS correspond à l'endotoxine alors que la partie glucidique (polysaccharidique) est responsable de la spécificité antigénique de la bactérie.

## **Epidémiologie**

Étude de la fréquence et la répartition des maladies dans le temps et dans l'espace, ainsi que le rôle des facteurs qui déterminent cette fréquence et cette répartition au sein de populations humaines (Définition O.M.S.)

## **Etudes analytiques**

Elles visent à examiner des associations entre exposition et un effet sur la société et comparent des groupes en fonction de la problématique de départ.

**Etudes cas -témoins**

Elles permettent de comparer la fréquence d'exposition antérieure à un facteur de risque avec un groupe cas (atteint de maladie) et un groupe témoins (indemne de maladie).

**Etudes descriptives**

Elles permettent de mesurer la fréquence d'une pathologie ou d'une exposition dans une population.

**Études longitudinales**

Elles couvrent une période de temps donnée. Les études longitudinales consistent à suivre au cours du temps une population pour s'intéresser à un événement ou à rechercher dans le passé une exposition à un facteur. Ces études revêtent un intérêt descriptif, étiologique ou évaluatif. Elles peuvent être longues si on s'intéresse à un événement dont le délai de survenue est important.

**Études transversales**

Elles consistent à mesurer à un moment donné la fréquence d'une maladie ou d'un facteur, par exemple le nombre de cas d'infections urinaires parmi les femmes hospitalisées à une date donnée. Leur intérêt est essentiellement descriptif. Elles ont l'avantage d'être faciles à réaliser et peu onéreuses. On peut réaliser des études transversales répétées qui permettent d'avoir une idée de l'évolution dans le temps d'un phénomène.

**Excès de risque (ou risque attribuable)**

Différence entre l'incidence chez les exposés et le non exposés. L'excès de risque exprime l'augmentation de l'incidence de la maladie due à la présence du facteur.

**Excès de risque individuel (ERI)**

Il s'agit du produit de l'ERU et de la dose reçue par une population ou un individu. D'un point de vue théorique, c'est la probabilité supplémentaire d'observer un effet néfaste lié à la substance ou à l'agent étudié.

**Formaldéhyde**

Aldéhyde contenant un seul atome de carbone, (CH<sub>2</sub>O), incolore, dégageant une odeur âcre à la température ambiante. Le formaldéhyde est un irritant puissant des muqueuses. Depuis juin 2004, il est classé dans la catégorie "cancérogène certain" par le Centre International de Recherche contre le Cancer (Circ).

**Fraction étiologique**

Proportion de cas de la maladie attribués au facteur parmi les sujets exposés.

**Glucane**

Polymère de glucose de très haut poids moléculaire, à chaînes plus ou moins ramifiées, produit à partir du saccharose par certaines bactéries.

**(1-3)glucanes**

Composants de la paroi cellulaire des moisissures, agissant comme un puissant agent inflammatoire.

**IgE (immunoglobulines E)**

Classe d'immunoglobulines le plus souvent responsables des réactions allergiques.

**IgG (immunoglobulines G)**

Classe d'immunoglobulines la plus abondante, jouant un rôle essentiel dans la défense contre l'infection. Les IgG sont produites lors d'un contact prolongé ou d'un second contact avec une substance étrangère à l'organisme.

**IgM (immunoglobulines M)**

Classe d'immunoglobulines sécrétées lors du premier contact de l'organisme avec une substance étrangère.

**Incidence**

Taux qui mesure le nombre de malades apparus dans une population au cours d'une période donnée. Elle exprime une morbidité et mesure le risque d'être atteint d'une pathologie donnée.

**Intervalle de confiance (IC)**

Il donne la fourchette dans laquelle la valeur réelle se situe avec une certaine probabilité (IC à 95%). Plus l'intervalle de confiance est large plus l'incertitude sur la vraie valeur est grande.

**Lixiviat**

Liquide chargé bactériologiquement et chimiquement par la dégradation des déchets lors de la circulation des eaux dans les déchets, contenu dans une décharge et/ou extrait.

**Lixiviation**

Sens littéral : extraction d'un ou plusieurs éléments sous l'action d'un solvant.

Usage courant : par extension on appelle lixiviation toute opération consistant à soumettre une matrice (solide, pâteuse, pulvérulente, etc.) à l'action d'un solvant, en général de l'eau. On appelle lixiviat la solution obtenue par lixiviation dans le milieu réel (ex : une décharge). La solution obtenue après lixiviation d'un déchet ou d'un matériau au laboratoire est appelée un « éluat ».

**Mâchefer**

Résidus solides relativement grossiers issus de l'incinération de déchets que l'on extrait à la base du four et qui subissent différentes étapes de refroidissement et de traitement (filtration et/ou neutralisation). Une fois stabilisés, les mâchefers peuvent être utilisés en sous-couche routière notamment

**mCOV**

Composés organiques volatils d'origine microbienne (métabolites).

**Métaux lourds**

Métaux dont la densité est supérieure à 4,5. Ce sont des éléments polluants et toxiques surtout sous forme de composés organiques se concentrant dans la chaîne alimentaire. Il s'agit du plomb, du mercure, de l'arsenic, du cadmium, du zinc, du cuivre, du chrome et du nickel.

**Mycotoxines**

Composés toxiques produits par des moisissures (métabolites).

**OR - Odd Ratio**

Mesure d'effet relatif calculée comme un rapport « d'odds » (ou cote). C'est le rapport de deux probabilités complémentaires : la probabilité P de survenue d'un événement (« risque ») divisée par la probabilité (1-P) que cet événement ne survienne pas « non risque ».

**ORPOdd Ratio de Prévalence**

Dans une étude transversale, il s'agit de l'odds-ratio permettant d'évaluer le risque d'avoir eu un état pathologique donné (prévalence) pendant la période analysée si on fait partie, dans le groupe étudié de ceux qui possèdent une certaine caractéristique par rapport à ceux qui ne la possèdent pas (par exemple : dans un groupe donné avoir des troubles mentaux quand on est une femme par rapport aux hommes).

**Prévalence**

Taux qui représente le nombre de malades dans une population donnée et à un instant  $t$  précis.

**Risque relatif (RR)**

Il correspond au rapport du risque d'apparition de la maladie étudiée dans le groupe d'individus exposés au facteur de risque par le risque d'apparition de cette même maladie dans le groupe témoin.

**SMR (Rapport standardisé de mortalité) ou le SIR (rapport standardisé d'incidence)**

Il représente le rapport entre le nombre de décès (cas) observés dans la cohorte et le nombre de décès (cas) attendus :  $SMR = \text{Obs} / \text{att}$ . Ce nombre attendu est calculé en appliquant les taux de



mortalité (incidence) de la population de référence à la cohorte en tenant compte de l'âge, de la période de suivi et du sexe.

#### **Unité Formant Colonie (UFC)**

Unité utilisée pour dénombrer les cellules, bactéries ou parasites viables, en laboratoire. Le nombre de cellules viables donnant chacune naissance, dans l'échantillon, à une colonie est ainsi déterminé.

#### **Valeur Toxicologique de Référence (VTR)**

Il s'agit d'une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil), ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil).

## ABRÉVIATIONS

### ...des organismes cités :

ADEME = Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie  
AFSSA = Agence Française de la Sécurité Sanitaire des Aliments  
AFSSE = Agence Française de la Sécurité Sanitaire de l'Environnement  
AFSSET = Agence Française de la Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail  
ASTEE = Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement  
CAREPS = Centre Rhône-Alpes d'Épidémiologie et de Prévention Sanitaire  
CIRC = Centre International de Recherche sur le Cancer  
DDASS = Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales  
DDE = Direction Départementale de l'Équipement (au 1er janvier 2009, fusion avec les DDAF)  
DRIRE = Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement  
ENSP = École Nationale de la Santé Publique  
INERIS = Institut National de l'Environnement industriel et des Risques  
InVS = Institut de Veille Sanitaire  
ISD = Info Santé Déchets  
MEEDDAT = Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (anciennement MEDD)  
OMS = Organisation Mondiale de la Santé  
ORS = Observatoire Régional de Santé  
RECORD = Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets  
RSD = Réseau Santé Déchets  
SFSP = Société Française de Santé Publique

### ...du domaine de la santé environnementale

CAA = Concentration Admissible dans l'Air  
DJA = Dose Journalière Admissible  
DMJ = Dose Moyenne Journalière  
EQRS = Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires  
ERI = Excès de Risque Individuel  
ERU = Excès de Risque Unitaire

OR = Odd Ratio  
PNSE = Plan National Santé-Environnement  
RD = Ratio de Danger  
RR = Risque Relatif  
VTR = Valeur Toxicologique de Référence

## ...du domaine des déchets (traitement, produits, réglementation...) :

DMA = Déchets Ménagers et Assimilés  
EEPED = Évaluation Environnementale des Plans d'Élimination des Déchets  
FFOM = Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères  
ICPE = Installations Classées pour la Protection de l'Environnement  
ISDD = Installations de Stockage de Déchets Dangereux  
ISDND = Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux  
MIOM = Mâchefers d'Incinération des Ordures Ménagères  
MPS = Matières Premières Secondaires  
NIMBY = Not In My Back Yard  
NIMEY = Not In My Election Year  
OM(R) = Ordures Ménagères (Résiduelles)  
PTMB = Pré-Traitement Mécano-Biologique  
REFIOM = Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères  
STEP = STations d'Épuration  
UIOM = Unités d'Incinération des Ordures Ménagères  
VLE = Valeur Limite à l'Émission

## ... des polluants cités :

AGV = Acides Gras Volatils  
CH<sub>4</sub> = méthane  
CO = Monoxyde de Carbone  
CO<sub>2</sub> = Dioxyde de Carbone  
COV = Composés Organiques Volatils  
COVNM = Composés Organiques Volatils Non Méthaniques  
CTO = Composés Traces Organiques  
ETM = Éléments Traces Métalliques (Cu = Cuivre ; Cd = Cadmium ; Hg = Mercure ; Ni = Nickel ; Pb = Plomb...)  
HAP(H) = Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (Halogénés)  
HCl = acide chlorhydrique  
HF = acide fluorhydrique  
H<sub>2</sub>S = acide sulfurique  
MO = Matière Organique  
NH<sub>3</sub> = ammoniac  
NOX = Oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub> principalement)  
N<sub>2</sub>O = protoxyde d'azote  
PCB = PolyChloroBiphényles  
PCDD = PolyChloroDibenzoDioxines  
PCDF = PolyChloroDibenzoFuranes  
POP = Polluants Organiques Persistants  
SOX = Oxydes de Soufre (SO<sub>2</sub> principalement)