



anses

# **Risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans la prise en charge des ordures ménagères**

Avis de l'Anses  
Rapport d'expertise collective

Mars 2026



Le directeur général

Maisons-Alfort, le 30 mars 2026

## **AVIS**

### **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail**

**relatif aux « Risques sanitaires pour les professionnels de la prise en charge  
des ordures ménagères en France.  
Panorama des activités et focus sur l'étape de tri sélectif »**

---

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.*

*L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.*

*Elle contribue également à assurer la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux, l'évaluation des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des aliments et, en évaluant l'impact des produits réglementés, la protection de l'environnement.*

*Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du Code de la santé publique).*

*Ses avis sont publiés sur son site internet.*

---

L'Anses s'est autosaisie le 18 juin 2021 pour la réalisation de l'expertise suivante : Evaluation des risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de collecte, tri et traitement des ordures ménagères.

## **1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE**

### **1.1. Contexte et objet de l'autosaisine**

L'Anses s'est autosaisie en 2016 dans le but d'investiguer les risques sanitaires pour les professionnels du secteur de la prise en charge des déchets en France.

Dans un premier rapport d'expertise publié en 2019 (autosaisine n°2016-SA-0137), l'Agence dresse un panorama général du secteur des déchets au niveau national (organisation des activités, encadrement réglementaire, santé des travailleurs, dynamiques socio-économiques...) et propose un regroupement des différentes filières de gestion des déchets selon les risques sanitaires pour les travailleurs et notamment le niveau de connaissance sur les risques. Outre le constat global d'un manque de données sur les risques sanitaires pour

les professionnels du secteur, cette première expertise a identifié la filière « Emballages ménagers » (papiers-cartons, plastiques, métaux et verre) en tant que filière à risques potentiels élevés et a soulevé plusieurs sujets à approfondir en termes de santé/sécurité des travailleurs tels que le développement du monoripage pour la collecte des ordures ménagères ou encore l'essor de la prise en charge des déchets organiques des ménages sur le territoire.

Dans la continuité de ces premiers travaux, l'Agence s'est donc autosaisie pour réaliser une seconde expertise (autosaisine n°2021-AUTO-0101) afin d'évaluer les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de collecte, tri, valorisations (matière et énergétique) et stockage des ordures ménagères (OM), avec une approche en 2 phases successives :

- Phase 1 : Documentation et analyse des dangers auxquels sont exposés les travailleurs impliqués dans les activités de collecte, tri et traitement des ordures ménagères.
- Phase 2 : Évaluation quantitative (voire qualitative à défaut) des risques sanitaires identifiés.

Parmi les questions d'intérêt pour l'expertise figurent la caractérisation des populations de travailleurs, la définition des expositions professionnelles (nature des substances, matières ou produits, concentrations, durées...) et des atteintes à la santé selon les activités concernées. Toutes les typologies de nuisances ou contraintes sanitaires pour les travailleurs (chimiques, biologiques, physiques, organisationnelles et relationnelles) ont été considérées.

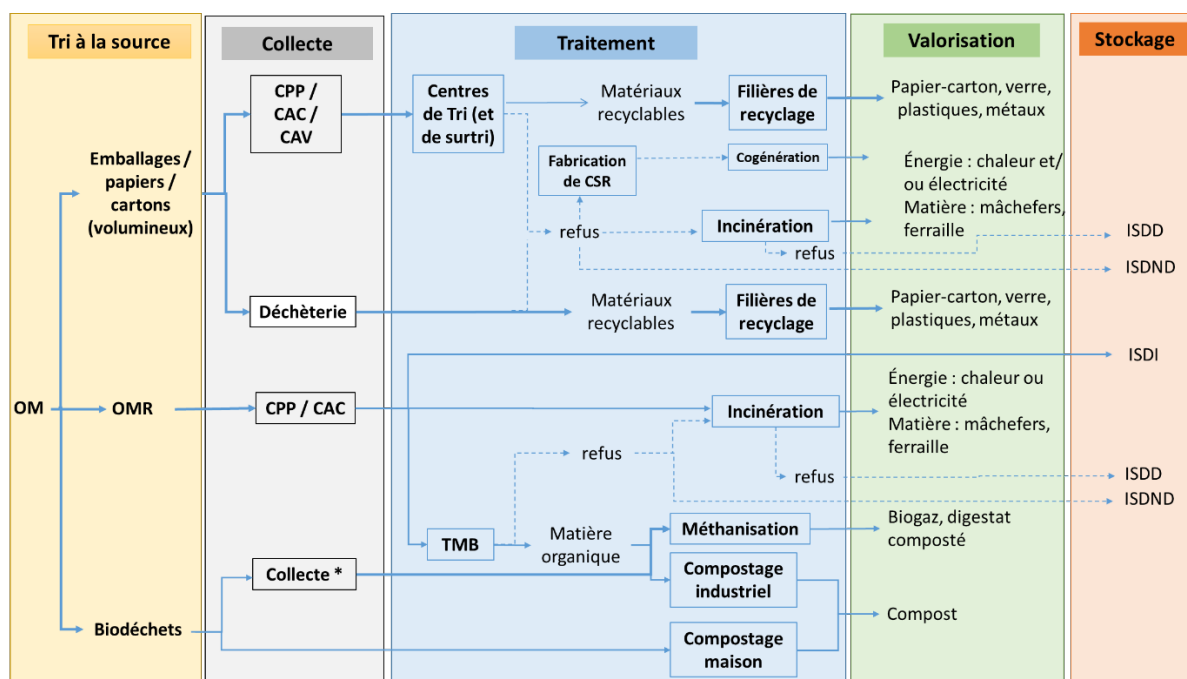
A l'issue de la phase 1, l'analyse des données du panorama documentaire de l'ensemble des étapes de la chaîne de prise en charge des OM a permis d'appuyer le choix d'une de ces étapes à considérer pour réaliser une analyse des risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans cette étape dans le cadre de la seconde phase de l'expertise. En effet, les contraintes de temps et de volume de données à traiter ne permettait pas de conduire cet exercice pour l'ensemble des étapes.

## 1.2. Périmètre

Les ordures ménagères (OM) ou ordures ménagères et assimilés (OMA) sont des déchets « de routine » produits par les ménages et les activités économiques et collectés par le service public de gestion des déchets en mélange (ordures ménagères résiduelles) ou sélectivement (ex : papiers-plastiques-cartons-verres-métaux). Elles comprennent également, de manière plus marginale en volume, les collectes séparées de biodéchets alimentaires. Les déchets encombrants et les déchets dangereux, considérés comme des déchets « occasionnels », compte tenu de leur poids, volume ou de leur dangerosité, ne sont pas collectés dans les mêmes conditions et sont exclus de cette définition. Par simplicité d'usage, le terme OM est utilisé pour parler des OMA dans le cadre de l'avis et du rapport qui l'accompagne.

Le périmètre des activités professionnelles prises en compte dans l'expertise est circonscrit aux étapes de collecte et traitements au sein desquelles les OM sont prises en charge. La Figure 1 représente de manière schématique l'ensemble de la filière de prise en charge des OM. Les 8 étapes suivantes sont incluses dans le périmètre de l'expertise : collecte (par les services d'enlèvement), collecte en déchetterie, tri des matériaux recyclables, recyclage,

compostage, méthanisation, incinération et stockage. Les définitions des différents types de déchets et des différentes étapes sont disponibles en Annexe 1.



\* : à mettre en place selon la loi AGEC ; CPP : collecte porte à porte ; CAC : collecte en apport collectif ; CAV : collecte en apport volontaire ; CSR : combustible solide de récupération ; ISDD : installation de stockage des déchets dangereux ; ISDND : installation de stockage des déchets non dangereux ; ISDI : installation de stockage des déchets inertes ; OM : ordures ménagères ; OMR : ordures ménagères résiduelles ; TMB : Tri mécano-biologique

Figure 1 : Schéma global de l'ensemble de la filière de prise en charge des ordures ménagères

L'expertise documente les risques pour les travailleurs impliqués dans les 8 étapes ciblées. Si la prise en charge des OM au niveau d'une étape conditionne l'inclusion de cette étape dans le périmètre de l'expertise, cela ne signifie pas que le flux de déchets entrant au niveau de cette étape soit homogène et composé uniquement d'OM. C'est par exemple le cas des déchetteries qui peuvent accueillir selon les centres, en plus des OM, des piles électriques et batteries, des pneumatiques, des encombrants, des appareils électriques et électroniques (DEEE), des gravats ou encore des déchets dangereux tels que l'amiante, etc. Ainsi pour certaines étapes, telles que la collecte ou le tri, les risques sont associés à la prise en charge des OM alors que pour d'autres étapes comme les déchetteries ou le compostage industriel, les risques concernent la prise en charge d'un panel de déchets plus large que les seules OM. En complément, les risques pour les travailleurs liés à la présence de déchets indésirables au niveau d'une étape (ex : déchets d'activités de soins à risques infectieux, carcasses d'animaux...) sont également évoqués.

## 2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

### 2.1. Organisation

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Janvier 2024) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité(s) d'experts spécialisé(s) (CES) « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « travailleurs et ordures ménagères » qui a élaboré un rapport d'expertise.

Les travaux ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 7 juillet 2022 et le 14 mai 2025. Ils ont été adoptés par le CES réuni le 3 juillet 2025.

Au 2<sup>ème</sup> semestre 2025, des précisions ont été apportées sur les recommandations en lien avec la réparation des maladies professionnelles et ont été validées par le GT le 11 décembre 2025 et par le CES le 19 décembre 2025.

## 2.2. Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

## 2.3. Méthode scientifique

### Phase 1 :

Afin d'identifier l'étape à retenir pour mener une évaluation des risques sanitaires, une documentation macroscopique de l'organisation des activités et des dangers et enjeux sanitaires pour les travailleurs impliqués dans chacune des 8 étapes de la chaîne de traitement des ordures ménagères a été réalisée. Quatre axes ont été investigués à cet effet :

- 1) **Une étude de filière** a été réalisée dans l'objectif d'identifier les différents acteurs et activités de la filière des ordures ménagères et de documenter les différentes étapes de cette filière, en matière de nature et quantité de déchets traités, modalités de fonctionnement et caractéristiques des emplois.
- 2) **Un historique de l'encadrement réglementaire** a été réalisé dans l'objectif de i) comprendre l'influence des évolutions réglementaires européennes et françaises sur la variation des flux de déchets pour en déduire les filières de traitement de déchets susceptibles de se développer dans l'avenir et ii) faire un état des lieux sur la réglementation et les normes relatives à la santé et sécurité des travailleurs des déchets.
- 3) **Une analyse narrative de la littérature** a été réalisée afin de documenter notamment l'état de santé et les expositions professionnelles des travailleurs impliqués dans la prise en charge des ordures ménagères. En approche pragmatique, le GT a choisi de resserrer l'analyse bibliographique sur les revues et documents de synthèse publiés à partir de 2009. A partir d'une recherche bibliographique menée sur la base de données Scopus, 11 documents d'intérêt ont été retenus. En complément, une recherche internet effectuée sur les sites des organismes institutionnels français, européens et internationaux dans le domaine de la santé au travail et/ou environnementale a permis d'identifier 10 rapports institutionnels d'intérêt.
- 4) **Une exploitation des bases de données en santé au travail** a été réalisée afin de documenter les différentes questions soulevées par l'expertise. Les 6 bases suivantes

ont été consultées : les données de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM), les données de l'enquête "Surveillance Médicale des Expositions des salariés aux Risques professionnels" (Sumer), les données de l'outil « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » (outil 110), les données de la base "Analyse, Recherche et Information sur les Accidents" (ARIA), les données de la base "Études de prévention par l'informatisation des comptes rendus d'accidents" (Epicéa) et les données du Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P). Un tableau précisant, pour chacune des bases consultées, la typologie des données disponibles, les méthodes d'extraction de données mises en œuvre et les étapes représentées est disponible en Annexe 2.

Sur la base des informations collectées, le GT a ensuite réalisé une analyse multicritère des 8 étapes identifiées. L'analyse comparative des étapes a été réalisée considérant les critères suivants : « effectifs de travailleurs concernés par l'étape », « perspectives d'évolution de l'étape », « polyexposition », « conditions de travail », « vécu subjectif des travailleurs », « diversité des pathologies documentées », « diversité des accidents documentés ». Cette analyse prend en considération d'une part la disponibilité des données recensées pour chaque étape et d'autre part la multiplicité des sources documentant ces données (Cf. schéma de la démarche globale de l'analyse multicritère disponible en Annexe 3). Elle intègre pour chaque étape une réflexion des experts sur la plus-value attendue de l'expertise en matière de documentation des risques et de prévention considérant le temps alloué pour mener à bien l'évaluation des risques sanitaires.

## Phase 2 :

Afin de documenter les expositions des travailleurs en centre de tri, ainsi que les effets sanitaires observés dans cette population et les accidents identifiés dans les centres de tri, plusieurs sources de données ont été consultées : la littérature scientifique et la littérature grise, des auditions de plusieurs parties prenantes et les extractions de bases de données réalisées dans le cadre de la phase 1 de ce travail d'expertise. Au regard de l'ensemble de ces données la faisabilité de conduire une évaluation quantitative des risques sanitaires pour ces travailleurs a été examinée.

### ► Revue de la littérature scientifique et littérature grise :

L'objectif de la revue de la littérature scientifique effectuée est d'identifier les références pertinentes permettant notamment de documenter les expositions vécues par les travailleurs en centre de tri et les effets sanitaires observés chez ces travailleurs.

Une revue de la littérature a été conduite via la consultation des bases de données Pubmed, Scopus, CAIRN et PsycInfo. Finalement, après plusieurs étapes de sélection, d'éligibilité et d'inclusion, 71 articles ont finalement été retenus. Cette revue a été complétée par une recherche de thèses via les moteurs de recherche « Thèses.fr » et « dart-europe.org » (5 références identifiées) et la sélection de 2 références complémentaires par les experts/la coordination.

L'analyse des effets sanitaires porte sur les données de la littérature scientifique et de la littérature grise consacrées à la santé des travailleurs exerçant leurs activités en centres de tri. 31 études individuelles identifiées à partir de la revue de la littérature et de l'analyse des revues ont été considérées pour l'analyse.

La consultation des sites internet institutionnels (INRS, ANACT, EU-OSHA, IRSST, HSE, PEROSH) a également permis d'identifier des références/rapport d'études complémentaires. La base de données allemande Gestis sur les agents biologiques a été consultée pour documenter les propriétés pathogènes des agents biologiques identifiés dans les centres de tri.

► Audition et consultation de parties prenantes

Considérant les difficultés d'accès dans la littérature aux données permettant de caractériser les populations de travailleurs exerçant leurs activités en centres de tri et afin de mieux cerner les problématiques de terrain, plusieurs acteurs clés du secteur ont été sollicités pour des auditions. Parmi les différents acteurs sollicités, des échanges ont finalement eu lieu avec trois d'entre eux :

- la FNADE (Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement), l'organisation professionnelle représentative des industriels de l'environnement ;
- la CGT (Confédération générale du travail), syndicat représentant des personnels du secteur des déchets ;
- Presanse (Prévention, Santé, Service, Entreprise), l'organisme représentatif des Services de Prévention et de Santé au Travail Interentreprises de France.

► Exploitation des bases de données en santé au travail

Les données des bases RNV3P, Epicéa, ARIA et Sumer ont été intégrées à l'analyse.

### 3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT ET DU CES

L'expertise a donné lieu à la production d'un rapport d'expertise collective. Les éléments repris ci-dessous en sont une synthèse.

#### 3.1. Panorama général de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères – synthèse des données collectées par étape

L'analyse documentaire et l'exploitation des bases de données en santé-travail a permis de dresser un état des lieux de la documentation relative aux effets sanitaires, aux expositions, aux risques ainsi qu'aux mesures de prévention pour les 8 étapes de la chaîne de traitement des OM considérées dans l'analyse. L'étude de filière a également permis, selon les filières, de proposer des estimations du nombre d'installations et des effectifs de travailleurs impliqués. L'ensemble des données est synthétisé dans le Tableau 1.

Considérant principalement le contexte réglementaire encadrant les activités de prise en charge des déchets, les perspectives d'évolution des étapes à moyen terme (5 à 10 ans) ont été appréciées. La tendance d'évolution des activités de tri, recyclage, compostage et méthanisation est attendue à la hausse. A l'inverse, pour les activités de collecte, incinération et stockage, cette tendance est estimée à la baisse. Pour l'étape de collecte en déchetterie, il n'a pas été possible de déterminer de tendance d'évolution.

**Tableau 1 : Panorama général de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères : synthèse des données collectées par étape**

<b>Étapes</b>	<b>Collecte</b> ≈ 40 000 travailleurs	<b>Déchetterie</b> ≈ 4 600 déchetteries > 5 000 travailleurs (au moins 1 par site)	<b>Tri</b> ≈ 350 centres de tri des OM ≈ 10 000 travailleurs	<b>Recyclage</b> 1 250 à 13 560 entreprises > 10 000 travailleurs	<b>Compostage</b> ≈ 670 plateformes de compostage ≈ 1 700 travailleurs	<b>Méthanisation</b> ≈ 16 installations Nombre de travailleurs indéterminé	<b>Incinération</b> ≈ 120 UIOM ≈ 4 000 travailleurs	<b>Stockage</b> ≈ 200 ISDND ≈ 2 000 travailleurs
<b>Documentation</b>								
<b>Revue de synthèse</b>	Couvrent les expositions, effets sanitaires, principaux risques, mesures de prévention.	Couvrent les expositions, principaux risques et mesures de prévention.	Couvrent les expositions, effets sanitaires, principaux risques, mesures de prévention.	Aucun document de synthèse identifié.	Couvrent les expositions, effets sanitaires, principaux risques, mesures de prévention.	Couvrent les expositions, principaux risques, mesures de prévention.	Couvrent les expositions et effets sanitaires.	Couvrent les expositions et effets sanitaires.
<b>Bases de données santé-travail</b>	Informations disponibles dans l'ensemble des bases.	Informations disponibles dans plusieurs bases.	Informations disponibles dans l'ensemble des bases.	Peu d'informations disponibles dans les bases	Peu d'informations disponibles dans les bases	Peu d'informations disponibles dans les bases	Peu d'informations disponibles dans les bases	Peu d'informations disponibles dans les bases
<b>Documentation de la polyexposition</b>	Chimique, biologique, physique, biomécanique, organisationnelle, relationnelle (violence au travail).	Chimique, biologique, physique, biomécanique, organisationnelle, relationnelle (violence au travail).	Chimique, biologique, odeur, physique, biomécanique, organisationnelle.	Aucune donnée spécifique identifiée.	Chimique, biologique, odeurs.	Chimique, biologique.	Chimique, biologique, physique, organisationnelle.	Chimique, biologique, odeurs
<b>Principales données de santé documentées</b>	TMS, maladies infectieuses, troubles respiratoires aigus, troubles gastro-intestinaux. Données relatives au vécu subjectif des travailleurs.	Aucune donnée identifiée dans la littérature consultée.	Effets respiratoires, allergies, troubles digestifs, TMS, maladies infectieuses. Observations souvent amalgamées avec les travailleurs de la collecte.	Aucune donnée identifiée dans la littérature consultée.	Effets respiratoires aigus et chroniques, maladies infectieuses, troubles gastro-intestinaux, effets cutanés	Aucune donnée identifiée dans la littérature consultée.	Effets respiratoires aigus, cancers, troubles de la reproduction.	Effets respiratoires, cutanés, oculaires et gastro-intestinaux.
<b>Accidents les plus fréquemment relevés</b>	Collisions engin/piéton, accidents de la circulation, accidents machine	Chutes de hauteur, collisions engin/piéton, incendies, intoxications	Incendies, accidents machines et collisions engins/piétons.	Accidents machine	Incendies, collisions engin/piéton	Incendies	Incendies, accidents machines, intoxications	Incendies, accidents machine
<b>Existence d'une recommandation CNAM</b>	Oui (CNAM 437)	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
<b>Données Anact sur les conditions de travail</b>	Oui, pour les ripeurs et les conducteurs de benne à ordures ménagères	Non	Oui, pour les trieurs	Non	Non	Non	Non	Non

### 3.2. Choix de l'étape à retenir pour l'évaluation des risques

La mise en œuvre de l'analyse multicritère (Cf. détails de la méthode §2.3) a permis de classer les étapes en 3 catégories selon le niveau de priorité pour l'évaluation des risques sanitaires à réaliser dans la seconde phase de l'expertise.

- Priorité faible : Stockage, Méthanisation, Incinération et Collecte
- Priorité moyenne : Recyclage, Compostage
- Priorité haute : Tri, Déchetterie

Il est à noter que cette classification se fonde sur l'analyse de données diverses et macroscopiques (documents de synthèse et extractions de bases de données, cf. Tableau 1) et qu'il ne s'agit pas d'une classification des niveaux de risques sanitaires estimés pour les travailleurs des étapes considérées.

Le calendrier de l'expertise ne permettant pas de s'intéresser à plusieurs étapes pour la suite de l'étude, entre les 2 étapes jugées prioritaires par le GT, c'est finalement l'étape du tri qui a été retenue. Ce choix du GT s'explique par plusieurs raisons. Les expositions, la poly-exposition ainsi que les conditions de travail sont plus documentées dans le secteur du tri que dans les déchetteries. L'évolution attendue pour ce secteur est à la hausse alors qu'il n'a pas été possible de déterminer une tendance d'évolution pour les déchetteries. Les déchets pris en charge au niveau de l'étape de tri sont plus spécifiques du périmètre de la saisine en comparaison avec l'activité de déchetterie au sein de laquelle la part d'OM collectée est minime. En complément, l'activité de tri implique un contact direct avec les déchets pris en charge, présente plus de tâches différentes et s'effectue pour partie en milieu intérieur conduisant potentiellement à des niveaux d'expositions plus importants.

Les autres étapes n'ont pas été jugées prioritaires pour la suite de l'étude considérant notamment les éléments suivants :

- Pour la collecte : une forte disponibilité des données et des effectifs de travailleurs importants mais une plus-value limitée de l'évaluation des risques en matière de prévention et une tendance d'évolution de ces activités attendue à la baisse ;
- Pour l'incinération et le stockage : une bonne disponibilité d'ensemble des données mais des étapes anciennes avec des effectifs de travailleurs plus faibles que pour d'autres étapes et des perspectives d'évolution de ces activités attendues à la baisse ;
- Pour le compostage : une bonne disponibilité d'ensemble des données mais des effectifs de travailleurs parmi les plus faibles en comparaison aux autres étapes et des enjeux en termes d'évaluation des risques à considérer plutôt à moyen terme (structuration en cours de la prise en charge des déchets biologiques des ménages) et pas uniquement pour les professionnels.
- Pour la méthanisation : une disponibilité des données faible liée à la jeunesse de l'étape, un nombre de travailleurs inconnu mais présumé faible compte tenu du faible nombre de sites et des enjeux en termes d'évaluation des risques à considérer plutôt à moyen terme (structuration en cours de la prise en charge des déchets biologiques des ménages).
- Pour le recyclage : une disponibilité de données limitée voire inexistante malgré des effectifs de travailleurs estimés importants.

### 3.3. Analyse approfondie des risques sanitaires des travailleurs en centres de tri des déchets ménagers et assimilés

#### 3.3.1. Description des modalités de travail

La structure générale d'un centre de tri (Cf. Figure 2) varie peu d'un centre à l'autre.

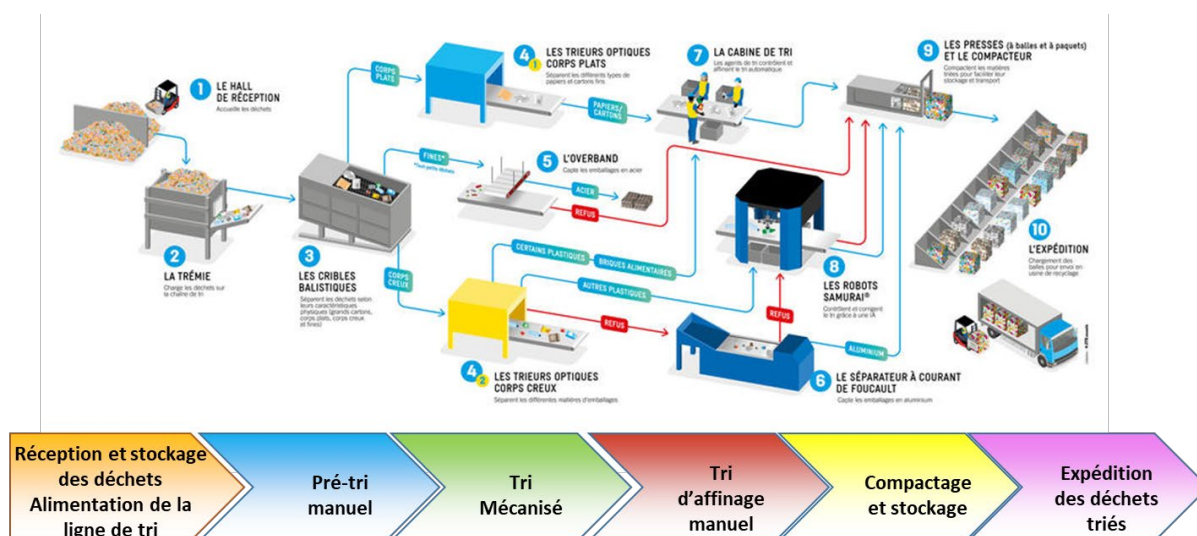


Figure 2 : Structure générale d'un centre de tri (Source : Bordeaux Métropole - Recyclez vos emballages sur le centre de tri de Bègles | Bordeaux Métropole Valorisation, accédé le 13/12/2024)

Outre les fonctions administratives, plusieurs types d'opérations se succèdent :

- La réception et le stockage des déchets entrants ainsi que l'alimentation de la ligne de tri, assurée par les agents d'accueil et conducteurs d'engin ;
- Les opérations de tri :
  - Certaines sont réalisées à la main par des trieurs en cabines de tri, notamment le tri d'affinage et parfois un pré-tri pour retirer des éléments hors gabarit.
  - D'autres sont mécanisées et font intervenir différentes technologies de séparation des matériaux mais nécessitent des interventions humaines (techniciens de production) régulières lors des bourrages ou pour réaliser les opérations de maintenance.
- Le compactage et le stockage par matières triées avant expédition vers les filières de valorisation font intervenir des conducteurs de presse, conducteurs d'engin et de nouveau les agents d'accueil. Certains déchets triés peuvent être dirigés vers des installations de « surtri », encore peu nombreuses, pour répondre à un besoin d'affinage supérieur du tri.

D'autres activités transversales garantissent le bon fonctionnement de la chaîne telles que l'encadrement des équipes (responsable de centre, chef d'équipe, chef de cabine), ou le contrôle qualité des déchets entrants/sortants (postes de d'agents de production). Les opérations de maintenance préventive et curative et de nettoyage des installations par les agents de maintenance et agents de nettoyage se déroulent majoritairement de nuit, lorsque la chaîne de traitement est à l'arrêt.

Concernant les particularités des différents centres, toutes les installations ne disposent pas systématiquement de toutes les machines, le temps de travail peut être organisé différemment et les opérations de pré-tri manuel ne sont plus systématiquement réalisées. Afin de répondre aux exigences techniques liées à l'extension des consignes de tri, une restructuration générale

des centres de tri est en cours et entraîne une densification des centres et une automatisation croissante des procédés.

### 3.3.2. Expositions

Les travailleurs en centre de tri peuvent être exposés<sup>1</sup>, selon leurs activités, à des particules de nature, taille et d'origine diverses, à des agents chimiques et biologiques, à des agents physiques tels que le bruit, à des odeurs, à des facteurs biomécaniques, et des facteurs organisationnels. Les agents chimiques et biologiques sont susceptibles d'emprunter les trois voies d'exposition principales pour pénétrer dans l'organisme : respiratoire, cutanée et orale.

Le Tableau 2 ci-après propose une synthèse des données d'expositions recensées dans la littérature selon la nature des nuisances ou contraintes. Les études ne mentionnent généralement pas d'information relative aux conditions dans lesquelles les tâches sont réalisées, et notamment si des dispositifs de ventilation sont présents et si les travailleurs sont équipés d'équipement de protection individuelle (EPI) tels que des gants ou des masques de protection respiratoire. La majorité des études retenues documentant les expositions sont des études européennes s'intéressant aux expositions aux agents biologiques. Les mesures d'aérosols ont également été réalisées dans l'objectif de déterminer la flore bactérienne et/ou fongique. Les aérosols particuliers présents dans l'air des centres de tri peuvent contenir une partie importante de particules de taille alvéolaire.

Hormis pour les endotoxines, il n'existe pas de référentiel sanitaire auxquels comparer les résultats des mesures de concentration des agents biologiques dans l'air. Ainsi, les résultats de mesure ont été comparés au regard de valeurs sanitaires identifiées dans la littérature (Cf Tableau 2) ou au regard de mesures réalisées en extérieur (zone témoin). La comparabilité des études et des résultats est limitée par l'hétérogénéité des déchets manipulés (papiers/cartons, plastiques, verre, emballages alimentaires...), la diversité des conditions et environnements de travail, l'absence de description des mesures de prévention mises en œuvre telle que le type de ventilation. En complément, les méthodes de mesure (techniques de prélèvement et d'analyse, durée de prélèvement, etc) diffèrent d'une étude à l'autre et la durée de mesure ne correspond pas toujours à la période de référence de ces valeurs sanitaires.

Les études récentes s'intéressent à la diversité microbienne. Plusieurs centaines d'espèces bactériennes et fongiques ont été identifiées dans l'air des centres de tri. Les espèces prédominantes sont des pathogènes opportunistes, qui peuvent causer des infections en particulier chez les travailleurs ayant un système immunitaire affaibli.

Concernant les déterminants de l'exposition aux agents biologiques, les données disponibles se rapportent majoritairement aux conditions de multiplication des microorganismes dans les déchets. Une tendance est difficile à établir du fait de la diversité des études et du très faible nombre d'études par déterminant. Néanmoins des températures plus élevées ou bien une durée plus longue de stockage des déchets avant tri conduisent à des concentrations en bactéries, moisissures et endotoxines plus élevées, ainsi qu'à une diversité microbienne plus importante, d'autant plus en présence d'emballages alimentaires.

Les expositions aux autres nuisances ou contraintes n'ont été investiguées que dans de rares études (1 à 5 selon la contrainte).

---

<sup>1</sup> Les études analysées concernant les expositions n'ont pas été réalisées dans un cadre réglementaire. Il s'agit d'études à vocation scientifique, ayant pour objet l'acquisition de connaissances.

**Tableau 2 : Synthèse des données d'expositions recensées dans la littérature selon la nature des nuisances ou contraintes**

Exposition à des nuisances / contraintes		Résultats	N références	Commentaires
Particules		Concentrations moyennes ou médianes en particules généralement < 4 mg.m <sup>-3</sup> valeur maximale = 17,5 mg.m <sup>-3</sup>	23 études (1 en France)	Les aérosols particuliers présents dans l'air des centres de tri peuvent contenir une partie importante de particules de taille alvéolaire.
Chimique	Métaux	Pb : médiane = 0,19 µg.m <sup>-3</sup> Cd : médiane = 0,04 µg.m <sup>-3</sup>	2 études (Ø en France)	Etudes anciennes (tri moins sélectif qu'aujourd'hui et du plomb pouvait être retrouvé dans les encres d'imprimerie et les emballages sérigraphiés). Les médianes des concentrations sont inférieures aux VLEP-8h du Pb (0,1 mg.m <sup>-3</sup> ) et du Cd (0,004 mg.m <sup>-3</sup> ) recommandées par l'Anses (Anses 2022 et Anses 2018).
	Émissions diesel	CO : 29 mg.m <sup>-3</sup> (hiver) - 8 mg.m <sup>-3</sup> (été) CO <sub>2</sub> : 1152 mg.m <sup>-3</sup> (hiver) - 1079 mg.m <sup>-3</sup> (été) NO : 0,6 mg.m <sup>-3</sup> (hiver) - 4 mg.m <sup>-3</sup> (été) NO <sub>2</sub> : non détecté	2 études (Ø en France)	Concentrations de CO mesurées en hiver et celles de NO mesurées en été sont supérieures respectivement à la VLEP-8h de 20 mg.m <sup>-3</sup> recommandée par l'Anses (2011) et la VLEP-8h réglementaire de 2,5 mg.m <sup>-3</sup> établies pour le NO.
	COV	COV totaux : moyennes de 0,097 à 13,6 mg.m <sup>-3</sup> COV prédominants : m,p-xylène (1,195 ± 0,118 mg.m <sup>-3</sup> ), 1,2,4-triméthylbenzène (0,821 ± 0,094 mg.m <sup>-3</sup> ) et 1-éthyl-3-méthylbenzène	2 études (Ø en France)	Une diversité de COV a été rencontrée mais les 2 études ont montré des concentrations mesurées faibles.
Biologique	Endotoxines	Étendue : 0,63 – 7479 UE.m <sup>-3</sup> Étendue des médianes/moyennes : 1,3 – 963,1 UE.m <sup>-3</sup>	16 études (1 en France)	Niveaux élevés d'endotoxines au regard des VLEP récentes recommandées par l'Anses (Anses 2024) : VLCT-15 min = 20 UE.m <sup>-3</sup> ; VLEP-8h = 20 UE.m <sup>-3</sup>
	Bactéries	Étendue : nd – 2,35.10 <sup>6</sup> UFC.m <sup>-3</sup> Étendue des médianes/moyennes : 2,10.10 <sup>2</sup> – 6,89.10 <sup>5</sup> UFC.m <sup>-3</sup>	22 études (1 en France)	Concentrations élevées au regard des mesures réalisées en extérieur (env. 10 <sup>2</sup> à 10 <sup>3</sup> UFC.m <sup>-3</sup> ) ou valeur sanitaire (10 <sup>4</sup> UFC.m <sup>-3</sup> )
	Moisissures	Étendue : nd - 1,30.10 <sup>7</sup> UFC.m <sup>-3</sup> Étendue des médianes/moyennes : 8,10.10 <sup>2</sup> - 2,20.10 <sup>5</sup> UFC.m <sup>-3</sup>	24 études (1 en France)	Concentrations élevées au regard des mesures réalisées en extérieur (env. 10 <sup>2</sup> à 10 <sup>3</sup> UFC.m <sup>-3</sup> ) ou valeur sanitaire (10 <sup>4</sup> UFC.m <sup>-3</sup> )
Odeurs		la plupart des "mauvaises" odeurs en centre de tri seraient liées aux COV émis lors de la dégradation des matières organiques présentes sur les déchets	1 étude (Ø en France)	La biodégradation est favorisée par une température élevée, une durée longue entre le tri à la source et la prise en charge en centre de tri et la quantité de matières organiques présente dans les déchets.
Physique	Bruit	Mesures en point fixe ou sur opérateur des niveaux sonores moyens dans différentes zones de travail des centres de tri Étendue : 71 à 97 dB(A)	3 études (Ø en France)	Toutes les études identifient des situations avec dépassement des VLEP (Niveau d'exposition sonore quotidien : niveaux d'alertes = 80 dB(A) pour la valeur inférieur et VLE = 87 dB(A))
	Vibrations	Mesure des vibrations du corps entier transmises par le sol dans différentes zones de travail Étendue : 0,00 à 0,19 m.sec <sup>-2</sup>	1 étude (Ø en France)	Les vibrations de tout le corps sont inférieures aux VLEP mais cette observation est issue d'une seule étude, au Canada. (Valeur déclenchant action = 0,5 m.sec <sup>-2</sup> ; VLE = 1,15 m.sec <sup>-2</sup> limites pour corps entier (lombalgies, hernies discales...))
	Ondes électromagnétiques	Mesures des champs électromagnétiques statiques à basse fréquence (60 Hz) dans plusieurs zones de travail proches des équipements électriques	1 étude (Ø en France)	Les champs magnétiques statiques sont inférieurs aux VLEP mais vigilance pour les travailleurs porteurs de dispositifs médicaux implantés actifs (pacemaker, pompes à insuline). (Cf Décret n°2016-1074 du 3 août 2016 <sup>2</sup> – les valeurs dépendent des fréquences, du type d'effet et des sites exposés).

<sup>2</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=lzXoJr2UDnLbVvYpq2zxJL0b44nCT\\_x74HgoJW7H6dA=](https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=lzXoJr2UDnLbVvYpq2zxJL0b44nCT_x74HgoJW7H6dA=)

Exposition à des nuisances / contraintes		Résultats	N références	Commentaires
Biomécanique	Postures pénibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postures pénibles</li> <li>• Station debout prolongée</li> <li>• Flexion du tronc pour appréhender les déchets sur le convoyeur</li> </ul>	6 références (5 en France)	Les données concernent principalement le poste de trieur. Les expositions biomécaniques, combinées avec les facteurs organisationnels et les pénibilités psychologiques, sont les principales causes des TMS
	Port de charges lourdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutention manuelle de charges</li> </ul>		
	Travaux répétitifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestes répétitifs</li> </ul>		
Organisationnel	Contraintes de rythme et d'intensité de travail élevés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rythme de travail non constant : accélération de la vitesse de la chaîne pour rattraper les retards pris lors des arrêts</li> <li>• Rythme de travail défini par la cadence automatique du convoyeur</li> <li>• Travail répétitif sous contrainte de temps</li> <li>• Interruptions fréquentes des tâches : arrêts intempestifs du convoyeur suite à des blocages ou incidents</li> <li>• Concentration intense : le travail de trieur requiert un maintien soutenu de l'attention</li> </ul>		
	Contraintes horaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Travail de nuit et travail posté</li> </ul>		
	Autonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadence de travail imposée</li> <li>• Le flux irrégulier de matières augmente l'intensité de l'activité et réduit les marges de manœuvre</li> </ul>		

### 3.3.3. Effets sanitaires observés

Aucune étude française n'a investigué spécifiquement l'état de santé des travailleurs en centres de tri. La majorité des études identifiées ont été publiées dans les années 1990 et concernaient essentiellement des travailleurs de centres de tri danois (Petersen, 1988 ; Malmros et al., 1991, 1992 ; Sigsgaard et al., 1994a, 1994b ; Ivens, 1997 ; Sigsgaard, 1997) mais aussi anglais (Gladding et Coggins, 1997), finlandais (Kirivanta, 1997) et autrichiens (Marth et al., 1997). Globalement, les atteintes à la santé mentale n'ont pas fait l'objet de recherches précises pour ce qui concerne les travailleurs des centres de tri (en dehors du cas des DEEE<sup>3</sup>).

Les effets sanitaires rapportés dans l'ensemble des études identifiées concernent principalement les travailleurs aux postes de tri manuel et sont des troubles musculo-squelettiques (TMS), des effets respiratoires, des maladies infectieuses et symptômes divers (gastro-intestinaux et cutanés) potentiellement liés aux agents biologiques.

En complément, certaines études se sont intéressées aux marqueurs biologiques d'inflammation ou d'allergie présents dans le sang des travailleurs des centres de tri. D'autres études se sont penchées sur les effets *in vitro* (réponse inflammatoire et cytotoxicité) d'échantillons environnementaux (poussières, masques ou filtres) prélevés dans les centres de tri.

<sup>3</sup> Déchets des équipements électriques et électroniques.

Le Tableau 3 rapporte les principales observations tirées de la documentation analysée pour les différentes catégories d'effets sanitaires.

**Tableau 3 : principales observations tirées de la documentation analysée pour les différentes catégories d'effets sanitaires.**

Atteintes documentées (N études)	Commentaires
TMS (6 études)	Etudes récentes [1997 – 2020] Les TMS sont localisés au niveau des lombaires, des épaules, des coudes, des mains et des doigts (études ergonomiques + plaintes rapportées)
Atteintes à la santé mentale (2 études)	Etudes anciennes (une étude ergonomique et une étude sociologique) Les contraintes organisationnelles (travail répétitif sous contrainte de temps) et la nature des activités (proximité des déchets) pèsent de manière importante sur la santé mentale des travailleurs du tri
Effets respiratoires (10 études)	Etudes anciennes menées principalement dans les pays nordiques. Les symptômes rapportés sont des irritations (yeux, gorge, nez), toux sèche, bronchite chronique, asthme, alvéolites chroniques (PHS), « syndrome toxique des poussières organiques » Une diminution de la fonction respiratoire est associée à l'exposition aux poussières organiques. Une augmentation des symptômes respiratoires est associée à des concentrations élevées d'endotoxines et de bêta-glucanes.
Maladies infectieuses (3 études + cas RNV3PE)	Des analyses sanguines ont permis de détecter : <ul style="list-style-type: none"> <li>– des marqueurs d'exposition au virus de l'Hépatite B chez des travailleurs des déchets municipaux</li> <li>– l'agent infectieux responsable de la fièvre Q (<i>Coxiella burnetii</i>) chez des travailleurs d'un centre de tri</li> </ul> Les données identifiées au sein du RNV3PE font état d'une surreprésentation des pathologies en relation avec le travail liés à des leptospiroses et à des aspergilloses dans le groupe des ouvriers travailleurs des ordures ménagères toutes étapes confondues. En dépit du faible nombre de cas identifiés, ces données mettent en évidence le fait que les ouvriers du tri (et des activités de déchets en général) semblent plus sujets que les ouvriers d'autres secteurs à des maladies infectieuses telles que l'aspergillose ou la leptospirose.
Symptômes divers liés aux agents biologiques (6 études)	Etudes anciennes menées principalement dans les pays nordiques Une prévalence accrue de symptômes gastro-intestinaux (diarrhée et nausées) est observée. Les symptômes gastriques sont associés à des expositions plus élevées aux bêta-glucanes. Des symptômes cutanés tels que des démangeaisons sont rapportés.
Autres marqueurs biologiques	4 études ont recherché des biomarqueurs d'allergie et inflammation à partir de prélèvements sanguins chez des travailleurs de centres de tri. Les résultats sont divergents selon les études.
	7 études ont conduit des tests <i>in vitro</i> de mesure de la réponse immunitaire et de cytotoxicité à partir i) d'échantillons d'air prélevés dans un centre de tri, ii) de masques utilisés par des travailleurs de centre de tri, iii) de gants de protection mécanique et iv) de filtres provenant du système de filtration des chariots élévateurs utilisés dans un centre de tri des déchets. Certains échantillons testés ont eu des effets à la fois cytotoxiques et pro-inflammatoires.

### 3.3.4. Accidents identifiés dans les centres de tri

Les différentes sources consultées ont permis d'identifier plusieurs types d'accidents survenus en centres de tri susceptibles de porter atteinte à la santé des travailleurs :

- Incendie/explosion liés à la présence notamment de gaz combustible contenu dans les « bombes » aérosols ou assimilés ou de batteries au lithium, potentialisés par d'éventuelles fortes chaleurs ;
- Accidents liés à l'utilisation des équipements de travail (« accidents machines »), y compris les interventions spécifiques (maintenance curative ou préventive,

nettoyages/dépoussiérages, récupérations d'incidents de bourrages ou blocages) et le travail à proximité avec une prédominance du risque mécanique (entraînement, écrasement, projections, coupures...) (Ex : membre du trieur happé/coincé dans le convoyeur à bandes ou à rouleaux, travailleur coincé/écrasé par la presse à balles/compacteur de papiers/carton) ;

- Accidents liés aux circulations d'engins, de véhicules et de piétons tels que des collisions engins-piétons, engins-véhicules du fait des coactivités sur le site (ex : collisions entre un chariot automoteur/une chargeuse en marche arrière et un trieur/manutentionnaire évoluant à proximité de l'engin) ;
- Des renversements d'engins survenant par exemple au moment de la conduite de chariots automoteurs ou lors de la conduite de bulldozer à chenilles dans la fosse ;
- Coupures/piqûres causées par la manipulation de déchets indésirables tels verre cassé, seringues... ;
- Chutes de hauteur, notamment dans les fosses, trémies ou depuis les passerelles de circulation ou les quais de déchargement ;
- Des chutes d'objets depuis les convoyeurs, balles compactées en hauteur, ou équipements en hauteur ;
- Intoxications liées à la présence de déchets chimiques sur le site (notamment des solvants).

### **3.3.5. Mesures de prévention des risques**

Contrairement à l'étape de collecte, il n'existe pas de recommandation CNAM spécifique aux centres de tri. L'expertise a recensé une liste non exhaustive de mesures de prévention existantes et pistes d'actions de prévention au regard des différents facteurs de risques identifiés (Cf. Annexe 4). Considérant le risque important de TMS dans ces activités, un focus sur la prévention de ces pathologies est proposé. Il est à noter qu'aucune recommandation en matière de santé mentale n'a été identifiée dans la littérature consultée.

### 3.4. Conclusions du GT et du CES

La chaîne de prise en charge des ordures ménagères comprend 8 étapes principales : collecte (par les services d'enlèvement), collecte en déchetteries, tri, recyclage, compostage, méthanisation, incinération, stockage.

Une analyse multicritère de ces étapes a permis de classer les étapes de « tri » et de « collecte en déchetterie » en priorité haute pour l'analyse des risques sanitaires pour les professionnels de la prise en charge des ordures ménagères. Toutefois seule l'étape du **tri** a fait l'objet d'une analyse approfondie des risques dans le cadre de cette expertise, en raison notamment des contraintes temporelles de l'expertise et de la disponibilité des données relatives aux expositions et conditions de travail.

L'étape de **collecte en déchetterie** concerne au total un nombre élevé de travailleurs exerçant leurs activités dans près de 5 000 installations réparties sur le territoire (France métropolitaine et DROM/COM<sup>4</sup>). Les déchetteries sont très hétérogènes, notamment quant à la taille et la diversité des déchets pris en charge (matériaux recyclables, déchets verts, piles électriques et batteries, pneumatiques, encombrants, appareils électriques et électroniques, gravats, tout-venant, déchets dangereux...) et les travailleurs sont peu nombreux sur chaque site. Cette étape soulève des questions concernant les effets sanitaires pour les travailleurs en lien avec la poly-exposition identifiée, notamment les risques sanitaires liées à la présence de déchets dangereux et aux situations de travail isolé et de conflits/agressions verbales voire physiques avec le public.

Concernant les 6 autres étapes, l'expertise a mis en lumière les éléments suivants :

- **Collecte** (par les services d'enlèvement) : il s'agit de l'étape la plus documentée, sur l'ensemble des thématiques d'intérêt (expositions, effets sanitaires, risques accidentels, prévention). Les effectifs de travailleurs y sont importants (plus de 40 000). Le GT et le CES rappellent que compte tenu de la nature des activités de collecte, notamment le fait qu'elles se déroulent nécessairement sur route sous circulation et au vu du nombre de travailleurs impliqués, cette étape demeure très accidentogène, avec des conséquences souvent graves. En complément, les évolutions des pratiques et des matériels de collecte sont associées à des évolutions des expositions et des risques, amenant le GT et le CES à soulever plusieurs points de vigilance concernant i) le développement de la pratique du monoripage, ii) le développement des collectes automatiques et iii) la réduction de la fréquence de collecte.
- **Recyclage** : très peu de données scientifiques relatives aux expositions et effets sanitaires ont été identifiées. Les matériaux traités au sein des différentes installations de recyclage sont très hétérogènes (papiers-cartons, plastiques, verre, métaux...) et les activités et procédés (ou opérations) industriels variés. Néanmoins, les effectifs de travailleurs estimés semblent importants et les questionnements autour de leur état de santé restent sans réponse.
- **Compostage et méthanisation** : avec l'entrée en vigueur récente (1<sup>er</sup> janvier 2024) de l'obligation du tri à la source des biodéchets et l'essor à venir de leur collecte séparée, une évolution à la hausse des activités de compostage et de méthanisation ainsi qu'une compétition entre elles pour la prise en charge de ces déchets sont probables.
- **Incinération** : il s'agit d'une étape bien documentée dans l'ensemble mais le GT et le CES soulignent un manque de données relatives aux effets sanitaires potentiels liés

---

<sup>4</sup> Départements et régions d'outre-mer et collectivités d'outre-mer.

au travail dans les installations depuis leur mise en conformité à partir de 2012 pour répondre à de nouvelles exigences en termes d'émissions environnementales.

- **Stockage** : l'évolution attendue des activités de stockage est à la baisse et les effectifs de travailleurs concernés par ces activités sont faibles comparativement à d'autres étapes.

Pour la plupart des étapes, le GT et le CES ont identifié une problématique sanitaire liée à la présence possible de déchets indésirables dans les OM (ex : batteries, DASRI<sup>5</sup>, bombes aérosols, bombonnes de protoxyde d'azote, fusées de détresse, amiante...) et des risques associés pour les travailleurs.

Le GT et le CES soulignent que l'obtention de données robustes sur les emplois est très difficile. La multi-activité de certains sites et l'entremêlement des flux de déchets ne permet pas toujours d'associer de façon certaine un travailleur à une des 8 étapes de prise en charge des OM. Les entreprises et les professionnels ne communiquent pas leurs données.

### Concernant l'évaluation des risques sanitaires pour les travailleurs des centres de tri :

Les travailleurs des centres de tri demeurent une population professionnelle difficile à caractériser, faute de données suffisantes. Néanmoins, certains éléments ont été mentionnés dans le cadre des auditions menées : précarité de la population de travailleurs, renouvellement élevé des personnels de tri, recours fréquent à la sous-traitance, à l'intérim et aux contrats d'insertion, implication de travailleurs étrangers parfois sans-papiers et avec un taux d'analphabétisation élevé. Il ressort des auditions que la proportion de femmes dans les postes de tri est plus importante que dans toutes les autres activités des déchets.

Les activités professionnelles exercées en centres de tri sont globalement les mêmes d'un site à l'autre.

Avec l'extension des consignes de tri pour le public, initiée en 2012-2013 dans le but d'incorporer les emballages alimentaires, les centres de tri ont été contraints de se moderniser. Les choix technologiques réalisés concernent notamment l'automatisation des chaînes de tri. Cette évolution des activités (robotisation ou automatisation) est notamment associée à un essor des activités de maintenance et nettoyage des installations ainsi qu'à une demande croissante de polyvalence des travailleurs susceptibles de faire émerger de nouveaux risques qu'il convient de clairement identifier.

#### ► Expositions

Les données recueillies soulignent la **polyexposition** des travailleurs en centre de tri, ceux-ci étant exposés à des agents chimiques, biologiques, physiques tels que le bruit, à des odeurs, à des facteurs biomécaniques, et des facteurs organisationnels. Les études documentant ces expositions ne précisent pas les conditions dans lesquelles le travail a été réalisé.

La très large majorité des études recensées sont européennes et portent sur les expositions aux **agents biologiques**. Cependant les données recueillies ne permettent pas d'évaluer précisément les expositions de ces travailleurs aux agents biologiques ni d'identifier des postes de travail plus ou moins exposés, du fait de la grande variabilité spatio-temporelle des concentrations liée à la multiplicité des déterminants des concentrations (nature des déchets manipulés, configuration des sites, conditions environnantes, ancienneté des déchets,

---

<sup>5</sup> Déchets d'activité de soins à risques infectieux.

effectivité du pré-tri par les particuliers, etc.) et de la variabilité des méthodes de mesures des agents biologiques qu'il s'agisse des méthodes culturales et des méthodes génomiques.

Toutefois, cette expertise met en évidence une problématique générale de niveaux d'exposition élevés des travailleurs en centre de tri aux agents biologiques et aux **endotoxines**. Pour ces dernières, les concentrations mesurées peuvent dépasser d'un facteur 100 les VLEP recommandées par l'Anses (Anses 2024). Concernant les agents biologiques pathogènes identifiés, les espèces prédominantes sont des pathogènes opportunistes, qui peuvent causer des infections en particulier si la résistance humaine est réduite. Le GT et le CES rappellent que pour les moisissures et bactéries aéroportées, « les connaissances actuelles ne permettent pas de définir une relation dose-effet précise et il n'existe de ce fait pas de valeur limite d'exposition professionnelle » (INRS 2023).

La présence de matière organique sur les déchets d'emballages ménagers (ex : pots/barquettes et films alimentaires) favorise le développement des bactéries et des endotoxines qui y sont associées, des moisissures, ainsi qu'une diversité microbienne plus importante. Ce développement est d'autant plus important que les conditions de températures sont élevées et la durée de stockage des déchets en amont / en centre de tri est longue.

Il n'est pas possible d'évaluer les expositions aux autres nuisances (agents chimiques, agents physiques, contraintes biomécaniques et organisationnelles) compte tenu du faible nombre d'études disponibles.

#### ► Effets sanitaires

Dans la littérature, aucune donnée française relative aux effets sanitaires des travailleurs en centres de tri n'a été identifiée. Les données sont majoritairement anciennes et issues de cohortes de travailleurs des pays nordiques (Danemark principalement). Peu d'études ont cherché à quantifier le lien entre le niveau d'exposition (notamment aux bioaérosols) et les effets observés. Aucune étude ne porte sur la santé des travailleurs exerçant leurs activités dans les centres de tri modernisés suite à l'extension des consignes de tri et à la tendance à la mécanisation des centres de tri.

Les pathologies principalement documentées sont les TMS, les atteintes respiratoires, les maladies infectieuses et plus particulièrement les symptômes fréquemment associés à ces maladies (atteintes gastro-intestinales et cutanées).

Les études relatives aux TMS sont plutôt récentes. Les principales atteintes observées (douleurs lombaires, membres supérieurs) sont caractéristiques du travail à la chaîne et marqueurs de cette organisation du travail.

Les pathologies et symptômes respiratoires observés chez les travailleurs des centres de tri nordiques et britanniques (irritations des yeux, de la gorge et du nez, toux sèche, bronchite chronique, asthme, pneumopathies d'hypersensibilité, « syndrome toxique des poussières organiques ») sont semblables à ce qui est observé dans d'autres secteurs exposant les travailleurs aux agents biologiques tels que les activités agricoles.

Les études traitant des risques d'infections et de symptômes associés (gastro-intestinaux et cutanés) pour les travailleurs des centres de tri soulignent que des erreurs de tri en amont peuvent induire un risque d'accident d'exposition aux fluides biologiques humains via la présence de seringues usagées ou de DASRI, ou encore un risque de zoonoses en cas de présence de carcasses d'animaux dans les déchets pris en charge. Les travailleurs

auditionnés ont rapporté la présence de rats dans les centres de tri. Plusieurs cas de leptospirose<sup>6</sup> et d'aspergillose<sup>7</sup> sont rapportés au sein du RNV3PE pour les ouvriers du tri. Ces travailleurs, et plus largement l'ensemble des travailleurs impliqués dans la prise en charge des OM semblent plus sujets que les ouvriers d'autres secteurs à ces maladies infectieuses.

En dépit du peu de documentation disponible concernant les atteintes à la santé mentale, des facteurs de pénibilité psychologique importants ressortent aussi bien en termes de charge mentale (conditions de travail difficiles, travail répétitif sous contrainte de temps) qu'en termes d'affects (nature des activités elle-même, travail à proximité des déchets) dans le cadre général de rapports sociaux fortement inégalitaires (possibles rapports hiérarchiques racistes et sexistes, statut d'emploi, mépris lié à l'illettrisme...).

Les éléments de la littérature relatifs aux marqueurs biologiques (allergie, inflammation, cytotoxicité) sont à ce jour difficiles à interpréter sur le plan de leur signification clinique. Certaines études conduites en Norvège et au Portugal évoquent toutefois le potentiel inflammatoire et cytotoxique d'échantillons prélevés dans l'air et sur du matériel présent en centres de tri (air, masques gants, filtres).

► Accidents

Parmi les principaux risques d'accidents identifiés dans les centres de tri figurent les accidents liés aux coactivités sur le site - circulation d'engins, de véhicules et piétons – ainsi que les accidents liés aux interventions ou au travail à proximité d'équipements de travail avec des risques mécaniques. La présence de déchets « indésirables » dans les déchets collectés peut, selon leur nature, être source de risques de blessures (verre cassé, seringues) ou d'incendies/explosions (« bombes » aérosols, batteries au lithium).

► Evaluation des risques sanitaires

Les données relatives aux expositions et aux effets sanitaires ne sont pas suffisantes pour quantifier les risques sanitaires associés aux activités en centre de tri. Toutefois l'expertise a mis en lumière des expositions non négligeables, des effets sanitaires et des typologies d'accidents appelant des recommandations en matière de prévention des risques.

► Mesures de prévention spécifiques à certains risques professionnels

Le GT et le CES insistent sur l'importance de la prévention des risques de TMS dans ces activités et soulignent l'absence de recommandations en matière de prévention de la santé mentale des travailleurs en centres de tri, en dépit des risques identifiés.

---

<sup>6</sup> La leptospirose est une maladie bactérienne transmise de l'animal à l'être humain via les urines. Les principaux réservoirs animaux sont les rats (adapté d'après le site de l'Institut Pasteur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/leptospirose>).

<sup>7</sup> L'Aspergillose est un terme qui regroupe les infections causées par des champignons appartenant au genre *Aspergillus* (adapté d'après le site de l'Institut Pasteur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/aspergillose>).

### 3.5. Recommandations du GT et du CES

#### ■ **Recommandations en termes de prévention :**

En préambule, le GT et le CES soulignent que compte tenu de l'activité, les risques biologiques ne peuvent pas être supprimés et qu'il convient donc d'optimiser les mesures visant à réduire l'exposition des travailleurs et limiter la gravité des effets.

#### Pour l'évaluation des risques professionnels en centre de tri (selon Code du Travail) :

Dans l'évaluation réglementaire des risques professionnels pour les travailleurs des centres de tri, **il convient de bien appréhender les risques biologiques** afin de prendre les dispositions nécessaires pour assurer la sécurité et la protection de la santé des travailleurs à long terme.

Afin d'appuyer ce repérage des risques, il est possible de se référer à l' « Outil d'évaluation des risques biologiques »<sup>8</sup> développé par l'INRS, à l'outil OIRA spécifique aux activités de tri et collecte des déchets (EU-OSHA) et de bénéficier de l'accompagnement d'un Service de Prévention et de Santé au Travail. Ces risques sont à intégrer au DUERP<sup>9</sup>, en vue de mettre en place un plan d'actions pour leur réduction.

Plus largement, dans la perspective d'améliorer l'appréhension globale des risques, le GT et le CES insistent sur la pertinence de la recommandation INRS<sup>10</sup> de **recueillir la parole des salariés lors de l'élaboration du DUERP** afin notamment de mieux comprendre les situations de travail et de définir des mesures de prévention au plus près du travail réel.

#### Dans le cadre de la mise en œuvre d'actions de prévention :

Le GT et le CES rappellent l'importance d'intégrer les mesures de prévention **au moment de la conception ou de la réhabilitation** des centres de tri. A ce titre, ils recommandent de se référer aux préconisations ou pistes d'actions proposées par l'INRS dans un guide de prévention pour la conception des centres de tri des déchets ménagers<sup>11</sup>.

Le GT et le CES suggèrent également d'**inclure les travailleurs dans la construction des processus de prévention afin de valoriser les savoir-faire de prudence**<sup>12</sup> et leur expérience de terrain, de développer des outils de travail adaptés et acceptables et de reconnaître les collectifs et leurs valeurs. L'expression des salariés peut s'organiser dans le cadre du droit à l'expression directe et collective sur le contenu, les conditions d'exercice et l'organisation de leur travail ; défini dans le Code du Travail (articles L2281-1 à L2281-11, et Articles L2282-1 à L2282-3).

Au vu des **risques de TMS identifiés**, notamment dans les activités de tri, le GT et le CES recommandent de mettre en œuvre des mesures d'aménagement du poste de travail et une

<sup>8</sup> <https://www.inrs.fr/publications/outils/evalrb/outil.html>

<sup>9</sup> Document Unique d'Évaluation des Risques Professionnels.

<sup>10</sup> <https://www.inrs.fr/publications/juridique/focus-juridiques/focus-juridique-document-unique-evaluation-risques.html>

<sup>11</sup> INRS 2018 - Centre de tri des déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes séparées – Guide de prévention pour la conception – ED 6098 – octobre 2018. 57p.

<sup>12</sup> Manières acquises par l'expérience par lesquels les travailleurs arrivent à préserver leur santé – ajustements informels.

organisation du travail permettant d'assurer une prévention optimale de ces pathologies (cf Annexe 4).

En lien avec la problématique de développement de microorganismes associée à la durée d'entreposage :

→ Le GT et le CES alertent les collectivités sur le fait que **la diminution de la fréquence des collectes entrainera nécessairement, particulièrement en été, un développement des micro-organismes** présents dans les déchets collectés et donc avoir un impact sur les expositions des trieurs (comme sur celle en amont des ripeurs).

→ Le GT et le CES recommandent de **limiter la durée de stockage des déchets** :

- dans les poubelles sélectives des emballages ménagers avant leur collecte ;
- dans les centres de tri, et de favoriser l'approche FIFO « first in first out » dite PEPS en français (« premier entré premier sorti »).

En lien avec l'évolution des activités :

Considérant que :

- la mécanisation de certaines tâches et/ou la modification de l'organisation du travail permettent de réduire les expositions des travailleurs affectés au tri en limitant leur contact direct avec les déchets ;
- le travail à proximité de machines en mouvement<sup>13</sup> (convoyeur à bandes ou à rouleaux, presse à balles ou compacteur) peut être à l'origine d'accidents susceptibles d'entraîner des dommages graves ;
- des **interventions de maintenance et de nettoyage des machines et installations** demeurent néanmoins nécessaires et que les travailleurs impliqués dans ces activités restent concernés par les principales expositions, effets et accidents identifiés dans cette expertise ;

le GT et le CES suggèrent **d'accompagner la polyvalence des activités** en centres de tri par des formations adéquates et de sensibiliser les travailleurs aux risques encourus.

## ■ **Recommandations pour le suivi de la santé des travailleurs en centres de tri :**

A l'attention des employeurs :

→ Au vu des expositions identifiées, le GT et le CES recommandent d'améliorer la traçabilité des expositions et rappellent que le mesurage réglementaire de l'exposition des travailleurs reste sous la responsabilité des employeurs.

→ Pour les salariés amenés à manipuler les déchets (trieurs et agents de maintenance et de nettoyage des machines et équipements), compte tenu des risques d'accident d'exposition au sang (AES), le GT et le CES recommandent, sur des considérations réglementaires, que les salariés bénéficient d'un suivi individuel renforcé (SIR)<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Éléments mobiles de transmission d'énergie ou de mouvements des équipements de travail et/ou éléments mobiles concourant à l'exécution du travail (code du travail)

<sup>14</sup> Code du travail, Article R. 4624-23 : [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000045676897](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000045676897)

#### A l'attention des médecins du travail :

→ Compte tenu des risques professionnels multiples identifiés dans les activités de tri et considérant qu'il s'agit souvent de populations de travailleurs vulnérables en raison de leur précarité et dont le suivi de santé est limité, le GT et le CES recommandent d'augmenter au besoin, en application de la réglementation, la fréquence du suivi médical en santé au travail de cette population.

D'après leur expérience, les experts du GT et du CES regrettent qu'en pratique, les travailleurs en contrats de travail précaires (CDD, saisonniers, intérimaires) ne rencontrent que rarement voire jamais de médecins du travail.

→ Au vu des expositions et atteintes sanitaires identifiées pour ces travailleurs, le GT et le CES invitent les professionnels de santé à évaluer la pertinence de préconiser :

- des examens complémentaires des fonctions respiratoire (spirométrie) et auditive (audiométrie) au recrutement et lors des visites de suivi médical ;
- la vaccination contre le virus de l'hépatite B ;

Selon l'évaluation du risque sur site (présence de rongeurs, fréquence de dératisation), il pourrait être pertinent de proposer la vaccination contre la leptospirose.

#### Aux Services de Prévention et de Santé au Travail :

→ Compte tenu notamment de la difficulté à interpréter les données d'exposition aux agents biologiques, le GT et le CES recommandent également une montée en compétences des équipes de prévention afin de mieux accompagner les entreprises du secteur dans l'évaluation des risques biologiques et de pouvoir préconiser des actions de prévention adaptées.

#### ■ **Recommandations concernant la réparation des maladies professionnelles**

Considérant la présence de rats dans les centres de tri et les cas cliniques de leptospirose documentés dans l'expertise, le GT et le CES **recommandent l'inclusion des travaux de tri et collecte des déchets dans la liste des travaux concernés par le Tableau de maladies professionnelles sur la leptospirose (RG 19).**

Compte tenu des risques infectieux liés à cette activité, le GT et le CES préconisent de sensibiliser les médecins du travail aux dispositifs de réparation existants pour faire reconnaître une maladie professionnelle<sup>15</sup> vers lesquels orienter les travailleurs le cas échéant.

#### ■ **Recommandations d'études et de recherche :**

#### Evaluation des risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de prise en charge des OM

Le GT recommande aux collectivités locales et aux institutions de recherche de :

- réaliser une étude approfondie des risques professionnels au sein des déchetteries ;

---

<sup>15</sup> modalités de dépôts de dossiers de demande de reconnaissance en Maladie Professionnelle via le système complémentaire

- produire des études ciblées par filières de recyclage de matériaux (verre, plastique, papiers-cartons...) dans l'objectif de caractériser les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans ces activités ;
- mener des études sur la santé des travailleurs (permanents et temporaires) impliqués dans les activités d'incinération, notamment pour les activités de maintenance et de nettoyage (en fonctionnement normal et lors des arrêts techniques) ;
- envisager à moyen terme (d'ici à 5 ans, le temps que les filières se structurent) une étude complète des risques sanitaires (pour les travailleurs et la population générale) liés au cycle de vie des déchets organiques, depuis le stockage à domicile, en passant notamment par le compostage de proximité, jusqu'aux activités de méthanisation et compostage industriel et de valorisation de leurs produits.

Dans ce contexte, le GT et le CES soulignent l'intérêt pour les entreprises de participer à de telles études.

### Acquisition de données

- ▶ Mieux caractériser les activités et les populations professionnelles dans les activités de prise en charge des OM

Afin de mieux comprendre la structuration, l'organisation et les activités professionnelles au sein des différentes étapes de prise en charge des OM ainsi que les propriétés sociodémographiques et professionnelles des travailleurs et les dimensions sanitaires, le GT et le CES recommandent aux pouvoirs publics d'inciter :

- les entreprises à rendre accessibles aux organismes de recherche et de prévention les données permettant de mieux caractériser les populations de travailleurs et réaliser des analyses statistiques : effectifs, statuts d'emploi, âge, trajectoires professionnelles...
- les services de santé au travail à mettre en place une vigilance concernant les travailleurs impliqués dans ces activités et à partager les connaissances recueillies (vigilance, plan régional santé travail...)

- ▶ Mieux caractériser les expositions en centres de tri

Le GT et le CES suggèrent aux organismes de recherche que soit réalisée une étude visant à évaluer les expositions des travailleurs dans les centres de tri en France, en tenant compte des différentes nuisances auxquelles ces travailleurs sont exposés. Ces études pourraient être l'occasion d'évaluer l'efficacité des recommandations de conception des centres de tri.

Dans ce contexte, il serait utile de favoriser le partage et l'accessibilité des informations existantes.

→ A cet effet, le GT et le CES recommandent aux professionnels du secteur de faciliter l'accès aux données d'exposition mesurées, au moins celles effectuées dans un cadre réglementaire (ex : cartes de bruit et zonage des installations, mesures d'empoussièrement conduites dans l'évaluation des risques chimiques).

→ En complément, le GT recommande aux pouvoirs publics d'organiser la centralisation des données d'exposition produites sur le territoire, et de les mettre à disposition sur demande afin d'alimenter des travaux d'analyse et de recherche publique. Cette recommandation concerne l'ensemble des secteurs d'activité, pas uniquement le travail dans les centres de tri.

Plus largement (tous secteurs d'activité confondus), d'un point de vue métrologique, le GT recommande de poursuivre les développements méthodologiques et le financement des programmes de recherche pour améliorer la mesure en routine des expositions individuelles aux bioaérosols, agents microbiologiques, à commencer par les endotoxines.

► Mieux caractériser les effets sanitaires

Le GT propose aux institutions concernées (agences sanitaires, organismes de recherche...) de mettre en place des études épidémiologiques pour le suivi des effets sanitaires à court et long terme chez les travailleurs des centres de tri en France. Dans ce cadre, il serait intéressant de prendre en compte les effets liés à la poly exposition, par exemple les effets potentiels liés aux interactions entre agents chimiques et agents biologiques et notamment leur effet sur la modulation des réponses immunitaires.

Au vu des données, le GT recommande de s'intéresser de manière plus approfondie aux cas d'aspergillose pour les travailleurs des centres de tri et de mener une étude visant à documenter le lien entre cette pathologie et le travail en centre de tri.

Compte tenu de l'absence d'étude spécifique sur la question de la santé mentale pour la population des travailleurs des centres de tri, le GT encourage la mise en place de recherches en la matière. Ces recherches devraient être attentives aux rapports entre organisation du travail, activités et santé mentale.

■ **Communication et sensibilisation**

Un meilleur tri à la source c'est aussi moins de risques pour les travailleurs.

Le GT recommande au Ministère en charge de l'environnement, à l'ADEME, aux syndicats de traitement des déchets et aux collectivités territoriales d'organiser des campagnes de communication et de sensibilisation régulières à l'attention de la population générale afin de :

- rappeler l'importance de la qualité du tri à la source,
- vider les emballages (sans les rincer) afin de limiter la présence de matière biodégradable,
- rappeler que les poubelles de tri sélectif ne sont pas destinées à recevoir n'importe quelle catégorie de déchets et faciliter l'accès aux informations sur les types de déchets acceptés dans les différentes poubelles
- sensibiliser aux risques associés pour la santé et la sécurité des travailleurs de ce secteur d'activité (risques de coupures/piqûres et d'incendie/explosion).

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du CES « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation ».

Les travailleurs impliqués dans les activités de prise en charge des ordures ménagères représentent une population difficile à saisir, qu'il s'agisse d'estimer les effectifs, de préciser le statut des contrats de travail, le niveau socio-économique ou encore les trajectoires professionnelles. Des études supplémentaires permettant d'acquérir une meilleure connaissance de ces différentes dimensions permettraient de mieux penser et adapter les stratégies de prévention. Dans le cas particulier des travailleurs des centres de tri des emballages ménagers, il serait utile de mieux documenter par exemple le taux de rotation des effectifs ou la part des salariés relevant de la sous-traitance et de l'intérim.

L'Anses rappelle que les données recueillies mettent en évidence une polyexposition des travailleurs en centre de tri, ceux-ci étant exposés à des agents ou contraintes de différentes natures (chimiques, biologiques, physiques, biomécaniques, organisationnelles...). Cette polyexposition appelle des travaux d'études et de recherche sur les interactions entre les différents agents ou contraintes et les impacts sanitaires associés (par exemple, l'impact de la co-exposition aux agents chimiques et biologiques et la potentialisation du risque infectieux).

L'exposition aux agents biologiques est une particularité notable du travail en centre de tri des emballages ménagers. Plus largement, pour l'ensemble des secteurs d'activité concernés, la quantification des expositions professionnelles aux agents biologiques ainsi que l'évaluation des risques sanitaires associés, notamment des risques infectieux, représentent des enjeux méthodologiques importants en matière de recherche et développement.

L'Anses insiste sur le fait que la montée en puissance de l'automatisation et de la mécanisation des technologies et des métiers dans les centres de tri induit une évolution des postes de travail, et corrélativement de la nature des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs. Les activités de maintenance et de nettoyage des installations se retrouvent particulièrement concernées par ces différents types de risques. Ces évolutions vont de pair avec une demande croissante de polyvalence de la part des travailleurs qui nécessite des accompagnements adaptés, notamment en termes de formation et qui doit être visible dans le descriptif des postes et mieux prises en compte dans l'analyse correspondante des risques professionnels.

Dans l'ensemble, l'expertise pointe la faiblesse des données disponibles concernant la santé des travailleurs impliqués dans la prise en charge des ordures ménagères, d'où l'importance des recommandations d'études et de recherches sur le sujet.

Au-delà du travail en centres de tri, l'Anses rappelle que l'expertise s'est également penchée sur les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de collecte en déchetterie. Elle a notamment mis en évidence une grande hétérogénéité de ces structures et un manque de données disponibles quant à l'organisation des sites, au profil des travailleurs ainsi qu'aux expositions, effets sanitaires et accidents dans ces environnements de travail.

L'Agence souligne par ailleurs que les recommandations émises s'inscrivent dans un contexte global de dérèglement climatique, marqué par une augmentation des températures qui est de nature à favoriser le développement des micro-organismes présents dans les déchets stockés et d'impacter les expositions et la santé des travailleurs amenés à les manipuler. Il convient

d'anticiper ces impacts en termes de prévention et de protection des professionnels concernés.

L'Anses insiste enfin sur l'importance du tri à la source des déchets réalisé en amont par la population générale qui participe à la diminution de certains risques professionnels et environnementaux.

Gilles Salvat

## MOTS-CLÉS

Gestion des déchets ménagers, filières de traitement des ordures ménagères, tri des déchets, polyexposition, bioaérosols, risques sanitaires

Household waste management, Municipal refuse processing, waste sorting, multiple exposure, bioaerosols, health risks

## CITATION SUGGÉRÉE

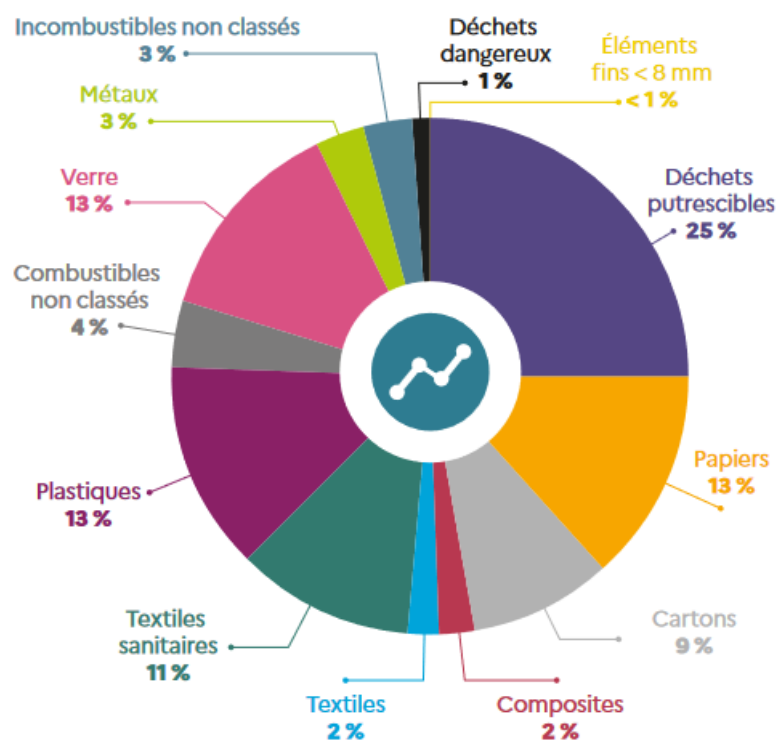
Anses. (2025). Risques sanitaires pour les professionnels de la prise en charge des ordures ménagères en France. Panorama des activités et focus sur l'étape de tri sélectif. (saisine 2021-SA-0101). Maisons-Alfort : Anses, 311 p.

## ANNEXE 1 - DEFINITIONS

### Les déchets

Termes	DEFINITIONS	SOURCE(S)
Déchets	<p>Toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire.</p> <p><i>Autrement dit, un déchet est une matière dont la valeur économique est, selon son propriétaire, inférieure ou égale à zéro, à un moment donné et dans un lieu donné.</i></p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
Déchet dangereux	<p>Tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées à l'annexe III de la directive 2008/98/ CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives (ex : explosifs, corrosifs, toxiques, irritants...). Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets mentionnée à l'article R. 541-7.</p> <p><i>Ces déchets sont dangereux pour les êtres humains et/ou l'environnement et sont pris en charge via d'autres filières de traitements que celles des ordures ménagères.</i></p>	Article R. 541-8 du code de l'environnement
Déchet non dangereux	<p>Tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux.</p> <p><i>Ces déchets sont traités par les mêmes filières que celles utilisées pour les ordures ménagères.</i></p>	Article R. 541-8 du code de l'environnement

<b>Déchets Ménagers</b>	<p>Tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage.</p> <p><i>Ces déchets proviennent de l'activité domestique des ménages et leur élimination relève généralement de la compétence des communes. Cela inclut les ordures ménagères ainsi que les déchets encombrants et les déchets dangereux (hors matières de vidange dont la gestion ne relève pas de la compétence des communes).</i></p>	Article R. 541-8 du code de l'environnement
<b>Déchets dangereux des ménages</b>	<p>Il s'agit des déchets provenant de l'activité des ménages qui ne peuvent être pris en compte par la collecte usuelle des ordures ménagères. Ces déchets peuvent être explosifs, corrosifs (acides), nocifs, toxiques, irritants (ammoniaque, résines), comburants (chlorates), facilement inflammables, ou d'une façon générale dommageables pour l'environnement. Les termes "déchets ménagers spéciaux" ou "déchets toxiques en quantités dispersées (DTQD)" sont parfois utilisés.</p>	GT
<b>Déchets encombrants des ménages (« Monstres »)</b>	<p>Il s'agit des déchets provenant de l'activité domestique des ménages qui, en raison de leur volume ou de leur poids, ne peuvent entrer facilement dans un véhicule et donc être pris en charge par la collecte usuelle des ordures ménagères et nécessitent un mode de gestion particulier. On peut distinguer 4 familles de déchets : 1- l'électroménager (cuisinière, réfrigérateur, machine à laver, ...); 2- le mobilier d'ameublement (table, sommier, matelas, armoire, canapé, bureau, ...); 3- les appareils de chauffage et sanitaires (radiateur, chauffe-eau, lavabo, ...); 4- les objets divers (vélo, landau, table à repasser, jouets, ...).</p>	GT
<b>Déchets des activités économiques</b>	<p>Tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage.</p>	Article R. 541-8 du code de l'environnement
<b>Déchets assimilés</b>	<p>Les déchets collectés par le service public de gestion des déchets ménagers dont le producteur n'est pas un ménage</p>	Article R2224-23 du CGCT
<b>Déchets Ménagers et Assimilés (DMA)</b>	<p>Totalité des déchets des ménages et des activités économiques pris en charge par le service public de gestion des déchets</p>	ADEME
<b>Biodéchets</b>	<p>Les déchets non dangereux biodégradables de jardin ou de parc, les déchets alimentaires ou de cuisine provenant des ménages, des bureaux, des restaurants, du commerce de gros, des cantines, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires</p> <p><i>Parmi les biodéchets tels que définis réglementairement, seuls les déchets alimentaires ou de cuisines des ménages, et à la marge les déchets verts des ménages collectés séparément (en porte-à-porte ou en apport volontaire) font partie des ordures ménagères et assimilées (OMA)</i></p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement  ADEME 2021
<b>Déchets verts</b>	<p>Biodéchets d'origine végétale issus des activités de jardinage et d'entretien des espaces verts. On distingue les déchets verts des particuliers, dits de jardins, et les déchets verts municipaux qui sont produits par les services techniques des collectivités.</p>	Actu-environnement  ADEME 2021
<b>Déchets alimentaires</b>	<p>Toutes les denrées alimentaires au sens de l'article 2 du règlement (CE) n° 178/2002 du 28 janvier 2002 qui sont devenues des déchets</p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement

<p><b>Déchets d'emballages ménagers</b></p>	<p>Il s'agit des déchets d'emballages ménagers faisant l'objet d'une collecte séparée. Ces déchets sont constitués majoritairement de verre, d'acier, d'aluminium, de papier, de carton, de plastique ou de bois, ainsi que leurs bouchons et leurs couvercles, vidés de leur contenu.</p> <p><i>Le terme « déchets recyclables secs » est également utilisé pour désigner ces matériaux recyclables.</i></p>	<p>GT (d'après Article R543-54 du code de l'environnement)</p>																												
<p><b>Déchets ultime</b></p>	<p>Déchets qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.</p>	<p>Article L 541-1 du Code de l'Environnement</p>																												
<p><b>Ordures ménagères (OM) ou ordures ménagères et assimilés (OMA)</b></p>	<p>Les déchets issus de l'activité domestique des ménages pris en charge par les collectes usuelles ou séparatives. Incluent les déchets des activités économiques pris en charge dans les mêmes conditions.</p> <p><i>Il s'agit des déchets « de routine » produits par les ménages et les activités économiques et collectés par le service public de gestion des déchets en mélange (ordures ménagères résiduelles) ou sélectivement (ex : matériaux recyclables secs). Elles comprennent également à la marge les collectes séparées de biodéchets alimentaires. Les déchets encombrants et les déchets dangereux, considérés comme des déchets « occasionnels », considérant respectivement leur poids/volume et leur dangerosité, ne sont pas collectés dans les mêmes conditions et sont exclus de cette définition.</i></p> <p><i>Par simplicité d'usage, on utilisera le terme OM pour parler des OMA tout à long du rapport.</i></p> <p><i>Composition des ordures ménagères et assimilées françaises (Source ADEME – Etude MODECOM 2017)</i></p>  <table border="1"> <caption>Composition des ordures ménagères et assimilées françaises (Source ADEME – Etude MODECOM 2017)</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Déchets putrescibles</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Papiers</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Verre</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Plastique</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Textiles sanitaires</td> <td>11 %</td> </tr> <tr> <td>Cartons</td> <td>9 %</td> </tr> <tr> <td>Combustibles non classés</td> <td>4 %</td> </tr> <tr> <td>Métaux</td> <td>3 %</td> </tr> <tr> <td>Incombustibles non classés</td> <td>3 %</td> </tr> <tr> <td>Textiles</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>Composites</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>Déchets dangereux</td> <td>1 %</td> </tr> <tr> <td>Éléments fins &lt; 8 mm</td> <td>&lt; 1 %</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Pourcentage	Déchets putrescibles	25 %	Papiers	13 %	Verre	13 %	Plastique	13 %	Textiles sanitaires	11 %	Cartons	9 %	Combustibles non classés	4 %	Métaux	3 %	Incombustibles non classés	3 %	Textiles	2 %	Composites	2 %	Déchets dangereux	1 %	Éléments fins < 8 mm	< 1 %	<p>GT</p>
Catégorie	Pourcentage																													
Déchets putrescibles	25 %																													
Papiers	13 %																													
Verre	13 %																													
Plastique	13 %																													
Textiles sanitaires	11 %																													
Cartons	9 %																													
Combustibles non classés	4 %																													
Métaux	3 %																													
Incombustibles non classés	3 %																													
Textiles	2 %																													
Composites	2 %																													
Déchets dangereux	1 %																													
Éléments fins < 8 mm	< 1 %																													
<p><b>Ordures Ménagères Résiduelles (OMR)</b></p>	<p>Désignent la fraction des ordures ménagères (poubelle « noire » ou « grise ») qui n'est pas collectée par la collecte séparée/sélective, ni apportée en déchetterie</p>	<p>GT</p>																												

## Les activités de prise en charge des déchets

Termes	DEFINITIONS	SOURCE(S)
« Gestion des déchets » ou « Prise en charge des déchets » ou « Cycle de vie des déchets »	Désigne la collecte, le transport, le tri, la valorisation (matière ou énergie) et l'élimination (incinération sans valorisation énergétique ou stockage) des déchets et, plus largement, toute activité participant à l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final, y compris les activités de négoce ou de courtage et la supervision de l'ensemble de ces opérations.	D'après Article L541-1-1 du code de l'environnement & GT
Étape (de la gestion des déchets)	Désigne dans ce document les opérations de prise en charge des déchets.	GT
Collecte	Toute opération de ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets. <i>Inclut les différents modes de collecte des déchets décrits ci-dessous ainsi que les opérations de transport spécifiques associées.</i>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<u>Collecte en porte à porte</u>	Toute collecte à partir d'un emplacement situé au plus proche des limites séparatives de propriétés dans la limite des contraintes techniques et de sécurité du service	Article R2224-23 du CGCT
<u>Collecte en point d'apport volontaire (CAV), en point d'apport collectif (CAC)</u>	Collectes consistant à récupérer les déchets apportés par les émetteurs en des lieux spécifiques. Pour la CAV, les points d'apports volontaires peuvent être des conteneurs, des colonnes enterrées ou semi-enterrées, etc. Ce type de collecte est utilisé pour différents flux de déchets, notamment le verre ou les emballages et papiers. Pour la CAC, les points d'apport sont des poubelles de couleur jaune ou noire d'une capacité variant de 300 à 1000 L et concernent les déchets d'emballage et les OMR.	ADEME
<u>Collecte séparée ou sélective (CS)</u>	Désigne une collecte dans le cadre de laquelle un flux de déchets ( <i>ex : verre, papier, carton-plastique, déchets verts...</i> ) est conservé séparément en fonction de son type et de sa nature ( <i>pré-triés par les producteurs et usagers</i> ) afin de faciliter un traitement spécifique. Cette collecte peut également porter sur des déchets de type et nature différents tant que cela n'affecte pas leur capacité à faire l'objet d'une préparation en vue de la réutilisation, d'un recyclage ou d'autres opérations de valorisation. <i>Elle peut être menée en porte à porte ou en apport volontaire (en colonne comme pour le verre ou en déchetterie comme pour les déchets verts).</i> La collecte des ordures ménagères résiduelles n'est pas une collecte séparée.	Article L541-1-1 du code de l'environnement  Article R2224-23 du CGCT

	<p>Espace aménagé, clôturé et gardienné, où le public (ménages voire artisans sous certaines conditions) peut déposer ses déchets aux heures d'ouverture.</p> <p><u>Déchetterie</u> Une déchetterie est constituée de plusieurs types de bennes de collecte accueillant des déchets encombrants (DEEE, mobilier, gravats, déchets verts), des déchets dangereux (huiles de vidanges, produits d'entretien ou de bricolage, piles et batteries...) et des déchets recyclables (verre, papiers-cartons de gros volume, métaux, textiles...).</p>	Rudologia 2004
<b>Traitement</b>	<p>Toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination.</p> <p><i>Inclut l'ensemble des manipulations faites sur les déchets en vue de leur traitement après collecte (opérations de tri, opérations de transport et de logistique...).</i></p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Installations de traitement des OM (ITOM)</b>	<p>Toutes les installations de traitement qui accueillent des déchets collectés dans le cadre du service public de prévention et de gestion des déchets (centre de tri, traitement thermique et biologique, centre de stockage de déchets non dangereux).</p>	ADEME
<b>Tri</b>	<p>L'ensemble des opérations réalisées sur des déchets qui permettent de séparer les fractions des déchets en fonction de leurs caractéristiques bio-physico-chimiques.</p> <p><i>Pour les OM, le tri peut être manuel ou automatisé (broyage, déchiquetage, criblage, séparation magnétique et aéraulique, tri optique).</i></p>	GT
<b>Tri à la source</b>	<p>Tri ayant lieu avant toute opération de collecte, ou avant toute opération de valorisation lorsque cette opération de valorisation est effectuée sur le site de production des déchets</p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Valorisation matière</b>	<p>Désigne toutes les opérations réalisées sur les déchets qui visent à la réutilisation, au réemploi et au recyclage.</p>	GT
<u>Réutilisation</u>	<p>Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau.</p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<u>Réemploi</u>	<p>Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus.</p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<u>Recyclage</u>	<p>Toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins.</p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Valorisation organique</b>	<p>Désigne l'utilisation des biodéchets stabilisés après compostage ou méthanisation afin d'amender les sols.</p> <p><i>La valorisation organique est une valorisation matière particulière.</i></p>	GT
<b>Valorisation énergétique</b>	<p>Consiste à récupérer et à valoriser l'énergie produite lors du traitement des déchets sous forme de chaleur, d'électricité, de carburant.</p> <p>On peut distinguer 4 filières :</p>	GT

- 1/ Incinération d'OMR avec récupération de la chaleur, qui peut être transformée en électricité ;
- 2/ Production et combustion de combustibles solides de récupération (CSR) à partir de procédés mécaniques (broyage, tri, séchage, ...) ;
- 3/ Production de combustibles dérivés à partir de procédés thermiques (pyrolyse, gazéification, ...)
- 4/ Production de combustibles dérivés à partir de procédés biologiques (méthanisation, fermentation alcoolique, ...)

**Elimination**

Toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la production de résidus gazeux, liquides et solides, qui doivent être traités (opérations de valorisation énergétique ou matière).

D'après Article L541-1-1 du code de l'environnement

*Inclut le stockage des déchets avec production de lixiviat et de biogaz et l'incinération sans valorisation énergétique avec production de mâchefers, cendres volantes, boues de lavage et de neutralisation des fumées.*

**ANNEXE 2 - TYPOLOGIE DES DONNEES DISPONIBLES, METHODE D'EXTRACTION ET ETAPES REPRESENTÉES SELON LES DIFFÉRENTES BASES DE DONNEES EN SANTE AU TRAVAIL CONSULTÉES**

Bases de données consultées	Type de données disponibles	Méthode d'extraction des données	Etapes représentées
CNAM	Statistiques sur les accidents de travail (AT) et maladies professionnelles (MP) déclarés par les salariés du régime général.	Recherche par secteurs d'activité (codes NAF 38.11Z, 38.21Z et 38.32Z)	Uniquement la collecte
Sumer	Statistiques nationales sur les expositions professionnelles aux agents physiques, chimiques et biologiques, contraintes organisationnelles et psychosociales du poste de travail recueillies via questionnaire sous l'égide de médecins du travail.	Recherche par mots clés "métiers" au sein des libellés « profession » et « tâche principale » : éboueurs, chauffeurs, trieurs et agents de déchetterie	La collecte par les services d'enlèvement, la collecte en déchetterie et le tri.
Outil 110	Données de mesures des expositions issues de campagnes effectuées par les laboratoires de prévention du Réseau de l'Assurance maladie et de l'INRS.	Recherche par secteurs d'activité (codes NAF 38.11Z, 38.21Z et 38.32Z) puis au niveau des codes métiers (K23), sous-métiers (K2303, K2304, K2306) et jusqu'aux tâches unitaires (A2090, B9080, B9020, B9060, B9072, B9071, B9075).	La collecte par les services d'enlèvement, le tri, le compostage et la méthanisation, l'incinération.
ARIA	Descriptif de cas d'incidents ou accidents survenus en France ou à l'étranger qui ont représenté ou auraient pu représenter une menace pour la santé publique, la sécurité ou l'environnement.	Recherche par secteurs d'activité (codes NAF 38.11Z et 38.21Z).	La collecte en déchetteries, le tri, le compostage, la méthanisation, l'incinération et le stockage

Epicéa	Descriptif de cas d'accidents du travail graves voire mortels concernant des salariés du régime général de la Sécurité sociale.	Recherche par mots clés (éboueur déchet* ordures* incinérat* méthanisat* ripeur tri compostage)	Toutes les étapes.
RNV3P	Descriptif de problèmes de santé (données individuelles du patient, données médicales) recueillis lors de la consultation d'un patient, dont certains en relation avec l'exposition professionnelle du patient	Recherche par secteur d'activité (codes NAF-08 38.11Z, 38.21Z et 38.32Z; NAF-93 90.0B et 81.29B) et métiers (codes CITP-08 9611, 9612, 9613; CITP-88 9161) complétée par une recherche par mots clés au sein des « mémos cliniques », « intitulés de tâches » et « intitulés de postes en clair ».	Toutes les étapes.

Légende des codes

Codes NAF/APE 08 : 38.11Z « Collecte des déchets non dangereux », 38.21Z « Traitement et élimination des déchets non dangereux » et « 38.32Z Récupération de déchets triés ».

Codes NAF 93 : 90.0B-Enlèvement et traitement des OM, 81.29B - Autres activités de nettoyage n.c.a

Codes CITP-08 : 9611 - Manœuvres, enlèvement des ordures et matériel recyclable; 9612-Trieurs de déchets; 9613-Balayeurs et manœuvres assimilés; CITP-88 9161 - Eboueur

Codes ROME :

- Métier : « K23 – Propreté et environnement urbain »
- Sous-métiers : K2303 "Nettoyage des espaces urbains", code K2304 "Revalorisation des déchets industriels », K2306 « supervision d'exploitation éco-industrielle »
- Tâches : A2090 Tri manuel, B9080 Tri sélectif de déchets valorisables, B9020 Gestion et surveillance des déchetteries, B9060 Conduite et surveillance d'usine d'incinération, B9072 traitement des ordures ménagères par compostage, B9071 traitement de déchets vert par broyage, B9075 Nettoyage des installations et des équipements.

ANNEXE 3 - DEMARCHE GLOBALE DE L'ANALYSE MULTICRITERE DES ETAPES DE PRISE EN CHARGE DES OM

<b>EFFECTIFS DE TRAVAILLEUR</b>		Chiffres ou fourchettes
<b>PERSPECTIVE D'ÉVOLUTION DE L'ÉTAPE</b>		/, \, ?
<b>RECOMMANDATIONS CNAM</b>	Identification de recommandations spécifiques à l'étape ? → Oui = 1 / Non = 0	Score « reco CNAM » (%) 0 ou 100 %
<b>POLYEXPOSITION</b> Typologies : agents chimiques, Agents biologiques, Odeur, Bruit Vibration, Autres agents physiques, Facteurs biomécaniques, facteur organisationnels, violences au travail...	Pour chaque typologie d'exposition, cotation de 2 paramètres : → données disponibles : Oui = 1 / Non = 0 → multiplicité des sources (>1 ref biblio et/ou BDD) : Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 16)	Score « exposition » (%) $= \frac{\sum \text{scores obtenus}}{16} * 100$
<b>CONDITIONS DE TRAVAIL</b>	Analyses spécifiques identifiées ? → Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 1)	Score « conditions de travail » (%) 0 ou 100 %
<b>VÉCU SUBJECTIF DES TRAVAILLEURS</b>	Analyses spécifiques identifiées ? → Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 1)	Score « vécu subjectif » (%) 0 ou 100 %
<b>DIVERSITÉ DES PATHOLOGIES DOCUMENTÉES</b> Typologies : TMS, pathologies infectieuses, troubles respiratoires aigus, troubles respiratoires chroniques, troubles gastro-intestinaux, Pathologies cutanées, Troubles oculaires, Maladies de l'oreille, Troubles CV, Cancers, Troubles du développement fœtal, Troubles de la reproduction, Atteintes santé mentale, Symptômes divers	Pour chaque typologie d'effets sanitaires, cotation de 2 paramètres : → données disponibles : Oui = 1 / Non = 0 → multiplicité des sources (>1 ref biblio et/ou BDD) : Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 28)	scores « effets sanitaires » (%) $= \frac{\sum \text{scores obtenus}}{28} * 100$
<b>DIVERSITÉ DES ACCIDENTS DOCUMENTÉS</b> Typologies : Blessures, Chutes, Collisions engins-piétons, Accidents machine, Accidents d'engins, Incendies, Explosions, Intoxications, Ensevelissement, Malaises, Suicides, Accidents de la circulation, Accidents routiers professionnels	Pour chaque typologie d'accident, cotation de 2 paramètres : → données disponibles : Oui = 1 / Non = 0 → multiplicité des sources (>1 ref biblio et/ou BDD) : Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 24)	scores « accidents » (%) $= \frac{\sum \text{scores obtenus}}{24} * 100$

Score total  

$$= \frac{\sum \text{scores obtenus} \times 100}{71}$$

**ANNEXE 4 - EXEMPLES DE MESURES OU PISTES D' ACTIONS DE PREVENTION ASSOCIEES AUX RISQUES IDENTIFIES DANS LES CENTRES DE TRI**

Le tableau suivant recense des exemples de mesures ou pistes d'actions de prévention issus de documents institutionnels (INRS 2018a ; EU-OSHA, 2019 ; ANACT, 2013 ; Code du travail) ou de la littérature (Schlosser et al. 2015).

Risques sanitaires	Exemples de mesures / pistes d'actions de prévention	Références
Risques liés à l'inhalation d'agents chimiques (ex : poussières, gaz d'échappement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assurer une ventilation naturelle ou une extraction mécanique (selon les zones de travail)</li> <li>Privilégier des engins de manutention électriques</li> <li>Equiper les cabines des engins de manutention avec un filtre à air</li> </ul>	INRS, 2018a
Risques liés à l'exposition aux agents biologiques et odeurs (ex : infections respiratoires, symptômes gastro-intestinaux et cutanés)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prévoir une fréquence optimale de collecte des déchets pour diminuer au maximum l'ancienneté des déchets à trier</li> </ul>	Schlosser et al. 2015
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assurer une ventilation naturelle ou une extraction mécanique (selon les zones de travail)</li> </ul>	Schlosser et al. 2015 ; INRS, 2018a
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clarifier la réglementation et fixer des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)</li> <li>Mettre en place des mesures d'hygiène : séparation des salles de pause et des vestiaires, mise à disposition d'installations sanitaires et de toilettes appropriées et séparation des vêtements de travail et des autres vêtements</li> <li>Mettre à disposition des EPI appropriés et contrôler leur utilisation</li> </ul>	EU-OSHA, 2019
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nettoyer et entretenir régulièrement les locaux et établir un contrat de dératisation avec obligation de résultats</li> <li>Utiliser des systèmes ou véhicules fermés</li> </ul>	INRS, 2018a
Risques liés au bruit (ex : fatigue, surdité)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installer les équipements les plus bruyants éloignés des cabines de tri</li> <li>Equiper les cabines avec des matériaux absorbants</li> <li>Mettre à disposition des EPI appropriés et contrôler leur utilisation</li> </ul>	INRS, 2018a

Risques liés aux facteurs biomécaniques, organisationnels et relationnels (ex : TMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser des analyses ergonomiques du travail réel des trieurs en considérant leurs gestes professionnels dans leur intégralité (dimensions physiques, cognitive et psychologique) afin de mieux cibler les actions de prévention.</li> <li>• Prévoir des stocks-tampon de faible volume pour régulariser le débit des déchets sur les convoyeurs</li> <li>• Prévoir des pauses durant un poste</li> </ul>	ANACT, 2013
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir une température confortable dans les cabines de tri</li> </ul>	INRS, 2018a
Risques accidentels (ex : accidents d'engins, chutes, incendies/explosion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place le protocole de sécurité pour la circulation des engins (art. R. 4515-1 à 11 du Code du travail)</li> <li>• Installer les moyens sécurisés d'accès et de travail en hauteur pour éviter les chutes</li> <li>• Proposer une combinaison adaptée de l'éclairage naturel et artificiel (NF EN 12464-1. Norme d'éclairage des lieux de travail intérieur)</li> <li>• Favoriser l'utilisation de caméras pour l'activité de contrôle visuel</li> <li>• Privilégier des sols anti-dérapants</li> <li>• Prévoir des moyens de lutte contre l'incendie, adaptés aux types de déchets, ainsi qu'un système de désenfumage.</li> <li>• Installer un système de détection et d'alerte incendie par zones</li> </ul>	INRS, 2018a
Tous risques confondus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégrer la prévention des risques sanitaires dès la conception des centres tri</li> </ul>	INRS, 2018a
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informer et former les travailleurs</li> </ul>	INRS, 2018a
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborer en concertation avec les salariés et actualiser annuellement le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP)</li> </ul>	Code du travail, Section 1 : DUERP (Articles R4121-1 à R4121-4)

**Risques sanitaires pour les  
professionnels de la prise en charge  
des ordures ménagères en France**  
*Panorama des activités et focus sur  
l'étape de tri sélectif*

---

**Saisine « 2021-AUTO-0101 Travailleurs et ordures ménagères »  
Saisine liée « 2016-SA-0137 Recyclage »**

**RAPPORT  
d'expertise collective**

**CES « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de  
consommation »**

**GT « Risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de  
collecte, tri et traitement des ordures ménagères »**

**Décembre 2025**

### **Citation suggérée**

---

Anses. (2025). Risques sanitaires pour les professionnels de la prise en charge des ordures ménagères en France. Panorama des activités et focus sur l'étape de tri sélectif. (saisine 2021-SA-0101). Maisons-Alfort : Anses, 311 p.

### **Mots clés**

---

Gestion des déchets ménagers, filières de traitement des ordures ménagères, tri des déchets, polyexposition, bioaérosols, risques sanitaires

Household waste management, Municipal refuse processing, waste sorting, multiple exposure, bioaerosols, health risks

## Présentation des intervenants

**PRÉAMBULE** : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Stéphane LE LAY – Sociologue : santé mentale, travailleurs des déchets, organisation du travail, genre, affects, travail réel.

#### Membres

M. Thomas COUTROT – Statisticien, économiste chercheur associé, (institut de recherches économiques et sociales Ires) – Compétences : socio-économie du travail, santé au travail, santé mentale, organisation du travail et risques psychosociaux, polyexpositions.

M. Ronan LEVILLY – Responsable d'études (Institut national de recherche et de sécurité INRS) – Compétences : hygiène du travail, polyexpositions, risques chimiques et microbiologiques dans les filières de gestion des déchets.

M. Quentin MORELOT – Médecin du travail (Association pour le contrôle de la médecine spécialisée ACMS) – Compétences : médecine du travail, suivi des personnels dans un centre de tri.

M. Cosmin PATRASCU – Coordinateur de la cellule Risque Chimique & Industrie (Association médecine du travail AMETRA06) – Compétences : prévention des risques professionnels, polyexpositions.

M. Patrick ROUSSEAU – Professeur des Universités, Energétique et génie des procédés, (Université de Poitiers, Institut P') – Compétences : santé-environnement, chimie, caractérisation des risques, déchets, analyse-cycle-vie.

Mme Isabelle THAON – Maître de Conférences-Praticien Hospitalier, Médecine et santé au travail (Université de Lorraine -CHRU de Nancy) – Compétences : médecine du travail, épidémiologie respiratoire en milieu professionnel (BPCO, asthme).

### RAPPORTEUSES

---

Mme Isabelle DEPORTES (membre du CES Conso) – Ingénieure impacts sanitaires et environnementaux de la gestion des déchets (Agence de la transition écologique ADEME) – Compétences : Traitement des déchets, recyclage, évaluation des risques, analyse du cycle de vie.

Mme Martine GOLIRO (membre du CES Conso) – Ingénieur conseil chimiste (Carsat Midi-Pyrénées) – Compétences : Prévention des risques professionnels, réglementation des substances et produits chimiques, usage des produits chimiques, recyclage et élimination des déchets, chimie organique, matériaux, formulation, toxicologie industrielle, maladies professionnelles.

---

## COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

---

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation » (CES Conso) (2021-2024)

### Président

M. Damien BOURGEOIS – Chargé de recherche (Centre national de la recherche scientifique CNRS à l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule) – Compétences : Chimie moléculaire, chimie des métaux (d et f), physico-chimie.

### Vice-président

M. Christophe YRIEIX – Ingénieur et responsable technique (Institut technologique FCBA) – Compétences : Qualité de l'air, Emissions des matériaux, Normalisation.

### Membres

M. Alain AYMARD – Ingénieur et enquêteur retraité (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes DGCCRF) – Compétences : Chimie, Réglementation.

M. Luc BELZUNCES – Directeur de Recherche et Directeur du Laboratoire de Toxicologie Environnementale (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement INRAE) – Compétences : Toxicologie, chimie analytique, évaluation des risques.

M. Nicolas BERTRAND – Responsable de projet dans le service de prévention et santé au travail (AMETRA06) – Compétences : Chimie, Modélisation, Risques professionnels, Réglementation.

Mme Isabelle BILLAULT – Maître de conférence (Université Paris Saclay) - Compétences : Chimie, physico-chimie, Chimie analytique.

Mme Isabelle DEPORTES – Ingénieure impacts sanitaires et environnementaux de la gestion des déchets (ADEME) – Compétences : Traitement des déchets, recyclage, évaluation des risques, analyse du cycle de vie.

M. Jérôme HUSSON – Enseignant chercheur (Université de Franche-Comté) – Compétences : Chimie moléculaire – Physico-chimie – Chimie des matériaux – Chimie analytique

M. Guillaume KARR – Activité libérale de formation et conseil grand public en santé environnement – Compétences : Risques sanitaires, expositions, Santé environnementale

Mme Alexandra LEITERER – Pharmacienne - Ingénieure en prévention des risques professionnels (CEA) – Compétences : Prévention des risques professionnels

M. Jean-Pierre LEPOITTEVIN – Professeur des universités et Directeur du laboratoire de dermatochimie (Université de Strasbourg) – Compétences : Chimie, toxicité et allergies cutanées.

Mme Mélanie NICOLAS – Chercheur (Centre scientifique et technique du bâtiment CSTB) – Compétences : Physico-chimie, chimie analytique, Emissions, COV, Air intérieur

Mme Catherine PECQUET – Retraitée - Praticien hospitalier en dermatologie et allergologie (hôpital Tenon AP-HP) - Compétences : Dermato-allergologie - Allergies - Dermatologie cutanée

Mme Sophie ROBERT – Docteur es sciences - Experte assistance Risques chimiques et toxicologiques - Coordinatrice des fiches toxicologiques (INRS) – Compétences : Toxicologie, Réglementation, Risques professionnels, Etudes de filières, Santé travail, Prévention des risques

M. Patrick ROUSSEAU – Professeur (Université de Poitiers, Institut des risques industriels assurantiels et financiers (IRIAF) et Institut P' (CNRS)) – Compétences : Recyclage – Evaluation environnementale des procédés – Risques environnementaux

M. Jean-Marc SAPORI – Médecin toxicologue, urgentiste, gériatre, en cumul emploi-retraite d'un poste de Praticien hospitalier (Hospices civils de Lyon, Hôpital Nord-Ouest de Villefranche sur Saône) – Compétences : médecine, toxicologie clinique, gériatrie

- Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation » (CES Conso) (2024-2028)

### **Président**

M. Damien BOURGEOIS – Directeur de recherche (CNRS à l'Institut de chimie séparative de Marcoule (ICSM)) – Compétences : chimie moléculaire, chimie des métaux, chimie de synthèse, évaluation des risques sanitaires, évaluation des expositions

### **Vice-président**

M. Christophe YRIEIX – Responsable technique qualité de l'air du Laboratoire de chimie-écotoxicologie (FCBA) – Compétences : qualité de l'air, émission des matériaux, chimie analytique, normalisation

### **Membres**

M. Sébastien ANTHÉRIEU – Maître de conférences en toxicologie à l'Université de Lille – Compétences : toxicologie générale et réglementaire, génotoxicité, évaluation des risques

M. Alain AYMARD – Ingénieur chimiste retraité (DGCCRF) – Compétences : chimie, réglementation, procédé de formulation

M. Luc BELZUNCES – Directeur de recherche et directeur du laboratoire de toxicologie environnementale (INRAE) – Compétences : toxicologie générale, neurotoxicologie, écotoxicologie, chimie analytique, évaluation des risques

M. Nicolas BERTRAND – Responsable des projets pluridisciplinaires (AMETRA06) – Compétences : évaluation des risques sanitaires, statistiques, modélisation, santé au travail

Mme Valérie CAMEL – Professeur en chimie analytique et sécurité sanitaire (AgroParisTech) – Compétences : méthodes analytiques, méthodologie d'ERS, évaluation des expositions

Mme Isabelle DEPORTES – Ingénieure impacts sanitaires et environnementaux de l'économie circulaire (ADEME) – Compétences : traitement des déchets, recyclage, évaluation des risques, analyse du cycle de vie

Mme Patricia FAURE – Hygiéniste du travail et de l'environnement (service de prévention et de santé au travail Ardèche Drôme provençale) – Compétences : chimie organique, hygiène et toxicologie industrielle, santé et sécurité au travail, évaluation du risque chimique, procédés industriels, réglementation des substances et produits chimiques

Mme Martine GOLIRO – Ingénieur conseil chimiste (Carsat Midi-Pyrénées) – Compétences : Prévention des risques professionnels, réglementation des substances et produits chimiques,

usage des produits chimiques, recyclage et élimination des déchets, chimie organique, matériaux, formulation, toxicologie industrielle, maladies professionnelles

M. Jérôme HUSSON – Enseignant-chercheur (Université de Franche-Comté) – Compétences : chimie moléculaire, physico-chimie, films polymères, chimie des matériaux

M. Olivier JOUBERT – Professeur de toxicologie (Université de Lorraine) – Compétences : Toxicologie générale, *in vitro*, toxicologie des particules et fibres, nanomatériaux

M. Guillaume KARR – Ingénieur expert en santé environnementale (Institut national de l'environnement industriel et des risques INERIS) – Compétences : risques sanitaires, expositions, santé environnementale

Mme Alexandra LEITERER – Pharmacienne ingénieure en prévention des risques professionnels (CEA) – Compétences : prévention des risques professionnels

M. Jean-Pierre LEPOITTEVIN – Professeur honoraire (Université de Strasbourg) – Compétences : chimie, chimie organique, dermato-allergologie

Mme Catherine PECQUET – Praticien hospitalier en allergologie et dermatologie (Hôpital Tenon AP-HP) – Compétences : dermato-allergologie, allergies, dermatologie cutanée

M. Daniel PERDIZ – Enseignant-chercheur en santé publique et santé environnement (Université Paris Saclay) – Compétences : évaluation des risques, toxicologie expérimentale, santé publique, santé environnement

M. Patrick ROUSSEAU – Professeur (Université de Poitiers, Institut des risques industriels assurantiels et financiers (IRIAF) et Institut P' (CNRS)) – Compétences : recyclage, évaluation environnementale des procédés

M. Jean-Marc SAPORI – Médecin toxicologue, urgentiste, gériatre, en cumul emploi-retraite d'un poste de Praticien hospitalier (Hospices civils de Lyon, Hôpital Nord-Ouest de Villefranche sur Saône) – Compétences : médecine, toxicologie clinique, gériatrie

---

## **PARTICIPATION ANSES**

---

### **Coordination scientifique**

Mme Clémence FOURNEAU – Cheffe de projets scientifiques en évaluation des risques liés à l'air – Direction de l'évaluation du risque (DER)

Mme Amandine PAILLAT – Ajointe à la cheffe de l'unité d'évaluation des risques liés à l'air – Direction de l'évaluation du risque (DER)

### **Contribution scientifique**

M. Alexis LAROUSSE – Direction Sciences sociales, Economie et Société (DISSES)

Mme Hasnaa CHETTOUH – Direction de l'évaluation du risque (DER)

### **Secrétariat administratif**

Mme Sophia SADDOKI – Direction de l'évaluation du risque (DER)

---

**AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES**

---

**Délégation de la Confédération Générale du Travail (CGT) – 8 janvier 2025****Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement (FNADE) – 8 janvier 2025**

M. Sylvain COLLEAUX – Directeur cellule excellence tri collecte sélective, PAPREC. Directeur site Industriel / Directeur d'Agence Trivalo Bretagne, PAPREC GROUP

M. Claude JAFFRE – Directeur prévention santé sécurité France sur les activités de valorisation des déchets, Veolia. Auparavant directeur adjoint de la prévention du groupe. Président de la Commission Santé Sécurité du Syndicat National des Activités du Déchet (SNAD) et membre du conseil d'administration de l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)

Mme Blondie MIRAD – Manager santé sécurité environnement risque industriel Ile de France, centres de tri et collecte, Suez.

Mme Clothilde VERGNON - permanente de la FNADE, responsable recyclage et filières REP (responsabilité élargie des producteurs)

---

**CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)**

---

Le groupe de travail remercie le Dr Corinne LETHEUX, Médecin Conseil chez Presanse, l'organisme représentatif des Services de Prévention et de Santé au Travail Interentreprises de France, pour les éclairages apportés concernant les professionnels des déchets et plus particulièrement la fiche médico professionnelle « employé au tri des déchets » (échanges tenus les 3 décembre 2024 et 11 mars 2025).

## SOMMAIRE

<b>Présentation des intervenants</b> .....	<b>3</b>
<b>Sigles et abréviations</b> .....	<b>12</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>15</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>17</b>
<b>1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise</b> .....	<b>20</b>
1.1 Contexte .....	20
1.2 Objet de la saisine .....	21
1.2.1 Questions scientifiques posées.....	21
1.2.2 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	22
1.3 Prévention des risques de conflits d'intérêts .....	22
<b>2 Démarche scientifique suivie</b> .....	<b>23</b>
2.1 Définitions.....	23
2.1.1 Les déchets .....	23
2.1.2 Les activités de prise en charge des déchets.....	26
2.1.3 L'économie des déchets .....	28
2.2 Périmètre de l'étude.....	30
2.2.1 Déchets pris en compte dans l'expertise.....	30
2.2.2 Activités prises en compte dans l'expertise.....	30
2.3 Démarche mise en œuvre .....	32
2.3.1 Panorama documentaire de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères	32
2.3.2 Analyse approfondie des risques sanitaires de l'étape de tri.....	33
<b>3 Panorama général de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères</b> .....	<b>35</b>
3.1 Étude de filières .....	35
3.1.1 Méthode .....	35
3.1.2 Résultats .....	37
3.1.3 Conclusions .....	50
3.2 Historique de l'encadrement réglementaire.....	53
3.2.1 Méthode .....	53
3.2.2 Encadrement des activités de prise en charge des déchets.....	53
3.2.3 Encadrement réglementaire pour la santé et sécurité des travailleurs des déchets	60
3.2.4 Conclusions .....	63
3.3 Analyse de la littérature .....	64
3.3.1 Méthode .....	64
3.3.2 Résultats .....	65
3.3.3 Conclusions .....	69

3.4	Exploitation de bases de données santé au travail .....	70
3.4.1	Cnam.....	70
3.4.2	Sumer.....	73
3.4.3	Outil 110 « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » (anciennement : SOLVEX) .....	76
3.4.4	ARIA.....	79
3.4.5	Epicéa .....	84
3.4.6	RNV3P .....	88
3.5	Données des interventions du réseau ANACT/ARACT .....	96
3.6	Choix de l'étape à retenir pour l'évaluation des risques sanitaires .....	98
3.6.1	Analyse multicritère des étapes .....	98
3.6.2	Résultats de l'analyse multicritère.....	98
<b>4</b>	<b>Analyse approfondie des risques sanitaires de l'étape de tri .....</b>	<b>109</b>
4.1	Méthode .....	109
4.1.1	Collecte de données .....	109
4.1.2	Analyse des données .....	112
4.2	Description de la population d'étude .....	112
4.3	Description des modalités de travail.....	113
4.3.1	Description des centres de tri et des activités .....	113
4.3.2	Evolution de l'étape de tri.....	116
4.4	Etat des connaissances relatives aux expositions des travailleurs en centre de tri	116
4.4.1	Introduction.....	116
4.4.2	Panorama des études retenues dans la littérature scientifique .....	117
4.4.3	Valeurs de références.....	118
4.4.4	Exposition aux agents chimiques.....	124
4.4.5	Exposition aux agents biologiques.....	126
4.4.6	Odeurs.....	152
4.4.7	Agents physiques : bruit, vibrations et autres agents physiques .....	154
4.4.8	Facteurs biomécaniques et organisationnels .....	157
4.4.9	Polyexposition .....	158
4.5	Etat des connaissances des effets sanitaires liés aux activités en centres de tri...	158
4.5.1	Troubles musculo-squelettiques (TMS).....	161
4.5.2	Atteintes à la santé mentale.....	165
4.5.3	Effets respiratoires.....	171
4.5.4	Maladies infectieuses et effets liés aux agents biologiques.....	176
4.5.5	Autres marqueurs biologiques .....	183

4.6	Accidents.....	187
4.7	Mesures de prévention des risques .....	188
<b>5</b>	<b>Limites et incertitudes.....</b>	<b>192</b>
<b>6</b>	<b>Conclusions et recommandations.....</b>	<b>194</b>
6.1	Conclusions .....	194
6.2	Recommandations.....	198
<b>7</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>203</b>
7.1	Publications .....	203
7.2	Normes.....	212
7.3	Législation et réglementation .....	212
<b>Annexe 1 : Cnam – Données des accidents du travail (AT) et de maladies professionnelles (MP) en France pour les secteurs considérés.....</b>		<b>216</b>
<b>Annexe 2 : Sumer - Données sur les expositions des travailleurs des secteurs des ordures ménagères (OM) en France .....</b>		<b>217</b>
<b>Annexe 3 : Outil « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » - Données de mesures d'exposition de travailleurs du secteur des ordures ménagères en France .....</b>		<b>221</b>
<b>Annexe 4 : Epicéa - Données d'accidentologie et d'atteintes sur la santé dans le secteur des ordures ménagères (OM).....</b>		<b>226</b>
<b>Annexe 5 : RNV3P - Données sur les pathologies en relation avec le travail (PRT) pour les travailleurs du secteur des ordures ménagères issues des centres de consultation en France .....</b>		<b>228</b>
<b>Annexe 6 : Fiches étapes - Synthèse des données recensées par étape .....</b>		<b>236</b>
1.	Collecte (par les services d'enlèvement) .....	236
2.	Collecte (en déchetterie) .....	244
3.	Tri.....	249
4.	Recyclage (papiers, cartons, plastiques, verre, métaux).....	257
5.	Compostage.....	261
6.	Méthanisation .....	267
7.	Incinération .....	273
8.	Stockage .....	279
<b>Annexe 7 : Outil d'aide à la comparaison des étapes de prise en charge des ordures ménagères (OM) .....</b>		<b>284</b>
<b>Annexe 8 : Grilles de lecture utilisées pour l'analyse de la qualité des études.....</b>		<b>286</b>
<b>Annexe 9 : Questionnaire de préparation aux entretiens .....</b>		<b>290</b>
<b>Annexe 10 : Panorama des valeurs existantes pour les agents biologiques présents dans l'air .....</b>		<b>294</b>

**Annexe 11 : Détail des requêtes bibliographiques réalisées pour l'analyse des atteintes à la santé mentale chez les travailleurs des centres de tri.....305**

**Annexe 12 : RNV3P – Données spécifiques aux activités de tri .....307**

**Annexe 13 : Comparaison des différents types de prélèvements d'agents biologiques (adapté de Anses, 2016).....309**

**Annexe 14 : Comparaison des différentes méthodes d'analyse des agents biologiques (adapté de Anses, 2016).....310**

## Sigles et abréviations

ACM : analyse des correspondances multiples  
ACP : analyse en composantes principales  
ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie  
AT : accident du travail  
BOM : bennes à ordures ménagères  
BTP : bâtiment et travaux publics  
CE : Commission européenne  
CES : comité d'experts spécialisé  
CFDT : confédération française démocratique du travail  
CGE : Conseil général de l'économie  
CGEDD : Conseil général de l'environnement et du développement durable  
CGT : Confédération générale du travail  
Classif. Régl. : classification réglementaire  
CMR : cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques  
Cnam : caisse nationale d'assurance maladie  
CTN : comité technique national  
DEEE ou D3E : déchets d'équipements électriques et électroniques  
DAE : déchets des activités économiques  
DARES : direction de l'Animation de la recherche, des études et des statistiques  
DASRI : déchets d'activités de soin à risque infectieux  
DD : déchets dangereux  
DDS : déchets diffus spécifiques  
DGS : Direction générale de la santé  
DGPR : Direction générale de la prévention des risques  
DIB : déchets industriels banals  
DMA : déchets ménagers et assimilés  
DND : déchets non dangereux  
DNDI : déchets non dangereux inertes  
DSM : déchets solides municipaux  
EM : emballages ménagers  
EPCI : établissements publics de coopération intercommunale  
EPI : équipement de protection individuelle  
EPP : emballages et produits plastiques  
ETP : équivalent temps plein  
FEDEREC : Fédération des entreprises du recyclage  
FNADE : Fédération nationale des activités de dépollution et de l'environnement

GT : groupe de travail  
HAS : Haute autorité de santé  
HP : *hazardous properties*  
IP : incapacités permanentes  
INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques  
INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques  
IOM : *Institute of Occupational Medicine* (Ecosse)  
Kt : kilotonne  
MAAF : Ministère de l'Agriculture, de l'alimentation et de la forêt  
MEDDE /MEEM/MTES : Ministère de l'Environnement, du développement durable et de l'énergie ; Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer ; ministère de la Transition écologique et solidaire  
MP : maladies professionnelles  
MPV : matières premières vierges  
NAF : nomenclature d'activités françaises  
OM : ordures ménagères  
OMR : ordures ménagères résiduelles  
ORDIF : Observatoire régional des déchets d'Ile-de-France  
ORS : Observatoire régional de santé  
PAV : point d'apport volontaire  
PCB : polychlorobiphényles  
PPNU : produits phytopharmaceutiques non utilisables  
PRT : pathologies en relation avec le travail  
RECORD : Réseau coopératif de recherche sur les déchets et l'environnement  
REP : responsabilité élargie du producteur  
RNV3P : Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles  
RSD : Règlement statistique sur les déchets  
SHS : sciences humaines et sociales  
SMR : surveillance médicale renforcée  
STEP : station d'épuration  
t : tonne  
TECV : transition énergétique pour la croissance verte  
TGAP : taxe générale sur les activités polluantes  
TMB : traitement mécano-biologique  
TMS : troubles musculo-squelettiques  
UE : Union européenne

VHU : véhicules hors d'usage

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution des quantités de déchets collectés séparément à l'échelle nationale (ADEME 2023b).....	41
Tableau 2 : Synthèse des données des enquêtes ITOM 2020 (ADEME 2022) et ITOM 2022 (chiffres bleus en italique) (ADEME 2024b).....	44
Tableau 3. Tonnages contribuant, tonnages recyclés et taux de recyclage (Source : CITEO & ADELPHE (2021)).....	48
Tableau 4. Tonnage contribuant, tonnage recyclé et taux de recyclage (Source : CITEO & ADELPHE (2024)).....	48
Tableau 5. Synthèse des chiffres clés relatifs aux différentes voies de recyclage (CITEO & ADELPHE (2024), COPACEL (2022)).....	49
Tableau 6. Présentation des documents de synthèse considérés dans l'analyse.....	65
Tableau 7. Principales substances chimiques disponibles dans l'outil 110 de l'INRS (ex SOLVEX) recherchées en fonction des différentes étapes.....	78
Tableau 8 : Caractéristiques sociodémographiques de la « population ouvrière OM » et de la « population ouvrière RNV3P hors OM ».....	92
Tableau 9 : Interventions Anact/Aract dans le secteur des déchets recensées sur la période 2005-2015 (d'après Anact (2016)).....	97
Tableau 10 : Résultat de l'analyse multicritère.....	105
Tableau 11 : PECOTS.....	109
Tableau 12 : Critères d'inclusion et d'exclusion pour la recherche bibliographique.....	110
Tableau 13 : Valeurs limites d'exposition professionnelles pour les champs électromagnétiques (Art. R 4453-3 du Code du Travail).....	123
Tableau 14 : Valeurs déclenchant l'action liées aux effets biophysiques directs des champs électromagnétiques (Art. R 4453-4 du Code du Travail).....	123
Tableau 15 : Valeurs déclenchant l'action liées à certains effets indirects des champs électromagnétiques (Art. R 4453-4 du Code du Travail).....	124
Tableau 16 : Synthèse du type de mesures d'agents biologiques effectuées dans les études retenues.....	130
Tableau 17 : Synthèse des données relatives aux distributions granulométriques des particules mesurées dans l'air des centres de tri.....	138
Tableau 18 : Mesures de mycotoxines dans l'air des centres de tri.....	145
Tableau 19 : Revues et documents de synthèse identifiés.....	159
Tableau 20 : Description des études relatives aux TMS chez les travailleurs des centres de tri.....	162
Tableau 21 : Résultats des requêtes bibliographiques « atteintes à la santé mentale » selon les bases de données explorées.....	165
Tableau 22 : Description des études relatives aux effets respiratoires chez les travailleurs des centres de tri.....	172
Tableau 23 : Description des études relatives aux infections bactériennes chez les travailleurs des centres de tri.....	176

Tableau 24 : Description des études relatives aux maladies virales chez les travailleurs des centres de tri .....	177
Tableau 25 : Description des études relatives aux symptômes gastro-intestinaux chez les travailleurs des centres de tri.....	180
Tableau 26 : Description des études relatives aux symptômes cutanés chez les travailleurs des centres de tri.....	182
Tableau 27 : Exemples de mesures ou pistes d'actions de prévention associées aux risques identifiés dans les centres de tri (d'après INRS 2018a ; EU-OSHA 2019 ; Anact 2013 ; Code du travail ; Schlosser <i>et al.</i> (2015)) .....	188
Tableau 28 : Évolution du nombre d'AT et des effectifs de salariés pour les codes NAF ciblés - 2010 à 2021 .....	216
Tableau 29 : Évolution du nombre de Maladies professionnelles pour les codes NAF ciblés - 2010 à 2021 .....	216
Tableau 30 : Classification des types d'accidents.....	226
Tableau 31 : Répartition des types de contrat de travail dans les 194 cas inclus.....	227
Tableau 32 : Codes NAF, CITP et mots clés utilisés pour identifier la population d'étude...230	
Tableau 33 : Recodage des postes de travail en 12 groupes selon les codes CITP 4 digits en vue des analyses.....	231
Tableau 34 : Caractéristiques sociodémographiques de la « population totale OM » (910 PRT) .....	232
Tableau 35 : Résultats de la cotation par étape des différents critères considérés pour l'analyse .....	285
Tableau 36 : Valeurs recensées pour les bactéries totales.....	294
Tableau 37 : Valeurs recensées pour les bactéries Gram- .....	296
Tableau 38 : Valeurs recensées pour les moisissures totales.....	297
Tableau 39 : Valeurs recensées pour les endotoxines .....	299
Tableau 40 : Valeurs recensées pour d'autres paramètres biologiques / microorganismes	302
Tableau 41 : Répartition des 71 PRT selon les postes, tous genres confondus et par genre .....	307
Tableau 42 : Aperçu du nombre de cas de pathologies observées dans la population de travailleurs du tri (ouvriers) tous genres confondus et par genre .....	307

## Liste des figures

Figure 1 : Description des déchets ménagers (les déchets inclus dans le périmètre de l'expertise sont les OM, dans le rectangle orange) .....	30
Figure 2 : Synoptique des étapes mises en œuvre pour la prise en charge des déchets ménagers .....	31
Figure 3 : Panorama documentaire de la chaîne de prise en charge des OM.....	33
Figure 4. Évolution du nombre d'EPCI exerçant une compétence collecte et/ou traitement des déchets depuis 2007 en France (Source : ADEME 2023).....	39
Figure 5. Mode de gestion de la collecte (Source : base SINOÉ consultée en Avril 2022)....	39
Figure 6 : Composition des déchets ménagers et assimilés collectés pour l'année 2019 (ADEME 2021a) .....	40
Figure 7 : Évolution des quantités de DMA collectés par le SPGD, par type de collecte, depuis 2009 (ADEME 2023b) .....	40
Figure 8 : Répartition des modes de collecte des déchets d'emballages et des papiers ménagers selon la typologie des régions en nombre d'habitants (ADEME 2023b) .....	41
Figure 9. Nature des déchets entrant dans les ITOM (Source : ADEME (2022)) .....	46
Figure 10. Les principaux flux de déchets en 2020 en France (Source : ADEME (2022))....	46
Figure 11. Classement des étapes selon les quantités de déchets entrant et pourcentages de répartition des déchets entrant selon leur origine .....	51
Figure 12. Classement des étapes selon le nombre d'unités/installations estimé .....	51
Figure 13. Classement des étapes selon le nombre d'emplois estimés .....	52
Figure 14 : Principaux textes réglementaires européens et français relatifs à la gestion des déchets .....	54
Figure 15 : Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique .....	64
Figure 16. Première étape de sélection des revues.....	64
Figure 17. Evolution du nombre de salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z) .....	71
Figure 18. Evolution du nombre d'AT avec arrêt pour 1 000 salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z) .....	71
Figure 19. Evolution du nombre de MP pour 1000 salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z) .....	72
Figure 20. Evolution du nombre de journées perdues pour 1000 salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z) .....	72
Figure 21 : Proportion que représente chaque étape parmi les 194 cas inclus .....	85
Figure 22 : Répartition des types d'accidents parmi les 194 cas inclus.....	85
Figure 23 : Typologie des accidents recensés dans Epicéa survenus dans les activités de collecte sur la période 1990-2021 (119 cas).....	86
Figure 24 : Répartition des types d'accidents recensés dans Epicéa survenus dans les activités de collecte sur la période 1990-2008 (graphe de gauche – n = 87 cas) et sur la période post 2008 (graphe de droite – n = 32 cas).....	86

Figure 25 : Répartition des typologies d'accidents recensées dans Epicéa pour les activités de tri.....	87
Figure 26 : Populations de la base RNV3P considérées dans l'analyse et nombre de pathologies en relations avec le travail (PRT) associées.....	90
Figure 27 : Répartition des 3 types de TMS les plus fréquentes selon la population ouvrière et le genre.....	94
Figure 28 : Répartition de l'ensemble des cas d'aspergilloses et de leptospiroses identifiés selon la population ouvrière et le genre.....	94
Figure 29 : Répartition des 3 types de pathologies respiratoires les plus fréquents selon la population ouvrière et le genre.....	95
Figure 30 : Répartition des 3 localisations de cancers et hémopathies malignes les plus fréquentes selon la population ouvrière et le genre.....	95
Figure 31 : Mots clés utilisés pour la formulation de la requête.....	110
Figure 32 : Diagramme de flux schématisant la sélection des références.....	111
Figure 33 : Synoptique d'un centre de tri (Source : Bordeaux Métropole - Recyclez vos emballages sur le centre de tri de Bègles   Bordeaux Métropole Valorisation, accédé le 13/12/2024).....	115
Figure 34 : Nombre de références par pays ayant fait l'objet d'une étude.....	118
Figure 35 : Concentration en particules en suspension dans l'air.....	137
Figure 36 : Concentration en bactéries dans l'air (UFC.m-3).....	141
Figure 37 : Concentration en moisissures dans l'air (UFC.m-3).....	142
Figure 38 : Concentration en endotoxines dans l'air (UE.m-3).....	144
Figure 39 : Méthodes de désodorisation (Berg <i>et al.</i> 2020).....	154
Figure 40 : Exposition aux contraintes physiques.....	217
Figure 41 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant un manque de soutien social.....	217
Figure 42 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant un manque d'autonomie.....	218
Figure 43 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant un manque de sens du travail.....	218
Figure 44 : Exposition à des facteurs organisationnels traduisant l'intensité du travail.....	219
Figure 45 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant des violences vécues au travail.....	219
Figure 46 : Exposition à des substances cancérogènes.....	220
Figure 47 : Jugement négatif du médecin sur la qualité de la prévention.....	220
Figure 48 : Exemple de l'arborescence de recherche d'un métier et d'une tâche sous la base de données Solvex.....	221
Figure 49 : Répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3811z « Collecte des DND ».....	223
Figure 50 : Répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3821z « Traitement et élimination des DND ».....	224

---

Figure 51 : Répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3832z « Récupération de déchets triés » .....	225
Figure 52 : Atteintes à la santé physique décrites dans les 194 cas inclus .....	226
Figure 53 : Nombre et pourcentage de PRT en fonction des secteurs d'activité (NAF-08), tous genres confondus (n = 910).....	232
Figure 54 : Nombre et pourcentage de PRT en fonction des étapes de traitement des déchets, tous genres confondus (n = 910).....	233
Figure 55 : Nombre et pourcentage de PRT en fonction de la pathologie principale (Chapitres de la CIM-10, > 0%) tous genres confondus (n=910) .....	233
Figure 56 : « Population ouvrière OM » : Nombre et pourcentage de PRT en fonction de la pathologie principale (Chapitres de la CIM-10), tous genres confondus (n=833).....	234
Figure 57 : « Population ouvrière RNV3P » Nombre et pourcentage de PRT en fonction de la pathologie principale (Chapitres de la CIM-10), tous genres confondus (n=96 705).....	235

# 1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

## 1.1 Contexte

Le secteur de la prise en charge des déchets est en plein essor et en constante évolution, notamment en raison des efforts consentis en matière de valorisation. Mode de traitement des déchets mais également moyen de production de ressources (matières premières ou énergie), ce secteur représente un levier d'actions pour l'« économie circulaire ». L'obligation de recyclage est encadrée réglementairement tant au niveau européen que français sans toutefois inclure un volet sanitaire spécifique.

Compte tenu des enjeux importants identifiés en termes de santé au travail, l'Anses s'est autosaisie, en 2016, dans le but d'investiguer les risques sanitaires pour les professionnels du secteur de la prise en charge des déchets en France.

Une première expertise (autosaisine n°2016-SA-0137) a permis de mettre en lumière de nombreuses expositions professionnelles à des dangers très divers (substances chimiques toxiques, moisissures, bactéries, fortes chaleurs, bruit intense, vibrations mécaniques, sources d'incendies ou explosions, interventions à proximité d'équipements mécaniques ou électriques, présence d'objets coupants et piquants, circulation/conduite de véhicules... ) qui s'ajoutent à des conditions de travail pénibles (port de charges lourdes, gestes répétitifs, travail de nuit ou horaires alternants...) et à des risques pour la santé mentale (travail en poste isolé, exposition à la violence ou aux incivilités, ou encore manque de reconnaissance) (Anses 2019a).

Dans le cadre de cette première expertise, l'étude a examiné une liste de 28 filières comprenant celles à responsabilité élargie du producteur (REP), les filières déchets ménagers et assimilés, déchets organiques et déchets du Bâtiment et travaux publics (BTP), ainsi que des filières « matériaux » (verres, plastiques, métaux...). Cette liste offre une vision d'ensemble du secteur, sans prétendre à l'exhaustivité. S'il existe des données concernant les risques liés aux agents chimiques et biologiques à l'échelle des filières, l'Agence souligne que les données concernant d'autres facteurs de risques (exposition à des agents physiques, conditions d'organisation du travail...) sont limitées ou inexistantes.

Une approche qualitative de catégorisation des filières a fait émerger plusieurs groupes de filières partageant des caractéristiques communes (niveau de documentation des risques sanitaires, estimation des potentiels de risques chimiques et biologiques, ancienneté...). A chacune de ces catégories ont été associées des recommandations spécifiques à visée de prévention, d'évaluation et/ou de caractérisation des risques sanitaires pour les travailleurs. Trois filières ont été jugées comme présentant un intérêt particulier pour une seconde expertise, visant à conduire une évaluation des risques sanitaires (ERS) en santé-travail : les filières « déchets du BTP », « bois » et « emballages ménagers ».

L'Agence proposait de mener une analyse approfondie de la filière « Emballages ménagers » pour plusieurs motifs contextuels : cette filière a été contrainte d'absorber un gisement conséquent de déchets, d'une part, sous l'impulsion réglementaire de l'extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques, et d'autre part, en conséquence de la forte diminution des exportations notamment en Chine suite au renforcement des critères

d'acceptation sur son territoire pour les déchets plastiques et autres constituants des emballages. De plus, les questionnements méthodologiques soulevés par l'évaluation des risques microbiologiques encourus par les travailleurs de cette filière recoupent les priorités d'étude énoncées dans le programme de travail de l'Anses. Plus globalement, les interrogations partagées par l'Agence concernant les enjeux sanitaires liés aux expositions environnementales aux plastiques et microplastiques ont également conforté ce choix.

Finalement, considérant les échanges qui se sont tenus avec les parties prenantes lors des réunions de restitution, le champ d'étude pour la réalisation de la seconde expertise a été élargi à l'ensemble de la filière « Ordures ménagères ». Cet élargissement du périmètre permet de conserver l'étude de la filière « Emballages ménagers » (papiers-cartons, plastiques et verres), tout en tenant compte de plusieurs enjeux en termes de santé/sécurité des travailleurs soulevés à l'occasion de ces échanges, tels que le développement du monoripage pour la collecte des ordures ménagères ou encore l'essor de la prise en charge des déchets organiques des ménages sur le territoire.

En complément, le récent contexte épidémique renforce la pertinence de cette auto-saisine centrée sur les travailleurs de la filière des ordures ménagères. Ce contexte a notamment été marqué par la médiatisation du travail des éboueurs et une prise de conscience (bien que relative) de ses difficultés jusqu'à celle de son caractère « essentiel ». Cette reconnaissance conjoncturelle contraste avec la faible valorisation sociale et économique caractérisant structurellement le travail et les travailleurs des déchets, soulignée dans la première expertise.

## 1.2 Objet de la saisine

### 1.2.1 Questions scientifiques posées

L'objet de cette deuxième expertise est de réaliser une évaluation des risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de collecte, tri, valorisations (matière et énergétique) et stockage des ordures ménagères. L'instruction de ces travaux s'articulera autour de 2 grandes questions :

- **Question 1 : Documentation et analyse des dangers auxquels sont exposés les travailleurs impliqués dans les activités de collecte, tri, valorisations et stockage des ordures ménagères.**

Cette question inclut la réalisation d'une étude de filière visant à caractériser la population professionnelle cible et à définir les expositions (nature des substances, matières ou produits, concentrations, durées...) selon les activités professionnelles concernées et plus largement l'organisation de la filière et du travail.

En première approche, toutes les typologies de contraintes sanitaires pour les travailleurs (chimiques, biologiques, physiques, organisationnelles et relationnelles) seront considérées. Les connaissances disponibles sur les dangers identifiés conditionneront la réalisation d'évaluations quantitative et/ou qualitative des risques.

- **Question 2 : Selon les données disponibles, réalisation d'une évaluation quantitative voire qualitative des risques sanitaires identifiés.**

### 1.2.2 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « Risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de collecte, tri et traitement des ordures ménagères », rattaché au comité d'experts spécialisé (CES) « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation », l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) »

### 1.3 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

## 2 Démarche scientifique suivie

### 2.1 Définitions

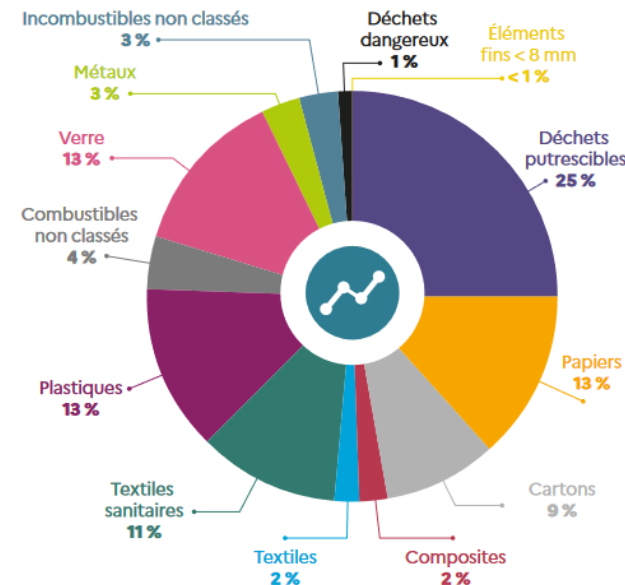
Les différences d'interprétation de plusieurs termes importants tels que filières, étapes, recyclage, au sein du GT et dans la littérature, ont fait émerger le besoin de constitution d'une base de définitions adoptées pour l'instruction des travaux.

Le GT a choisi de retenir les définitions réglementaires lorsqu'elles existent. Si plusieurs définitions réglementaires coexistent, la plus récente appliquée à la France est retenue (dans le cas de définitions issues du droit européen et déclinées en droit national, l'État français peut proposer une définition plus précise que celle de l'Union européenne). Lorsque les termes ne sont pas réglementairement définis, des sources institutionnelles telles que l'Agence pour la transition écologique (ADEME) ont été consultées. Ces définitions sont accompagnées de commentaires et précisions lorsque les experts le jugent nécessaire (éléments en bleu et en italique dans le tableau ci-après). Dans certains cas, le GT a proposé ses propres définitions.

#### 2.1.1 Les déchets

Termes	DEFINITIONS	SOURCE(S)
<b>Déchet</b>	Toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire. <i>Autrement dit, un déchet est une matière dont la valeur économique est, selon son propriétaire, inférieure ou égale à zéro, à un moment donné et dans un lieu donné.</i>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Déchet dangereux</b>	Tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées à l'annexe III de la directive 2008/98/ CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives (ex : explosifs, corrosifs, toxiques, irritants...). Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets mentionnée à l'article R. 541-7. <i>Ces déchets sont dangereux pour les êtres humains et/ou l'environnement et sont pris en charge via d'autres filières de traitements que celles des ordures ménagères.</i>	Article R. 541-8 du code de l'environnement
<b>Déchet non dangereux</b>	Tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux. <i>Ces déchets sont traités par les mêmes filières que celles utilisées pour les ordures ménagères.</i>	Article R. 541-8 du code de l'environnement
<b>Déchet Ménager</b>	Tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage. <i>Ces déchets proviennent de l'activité domestique des ménages et leur élimination relève généralement de la compétence des communes. Cela inclut les ordures ménagères ainsi que les déchets encombrants et les déchets dangereux (hors matières de vidange dont la gestion ne relève pas de la compétence des communes).</i>	Article R. 541-8 du code de l'environnement

<b>Déchet dangereux des ménages</b>	Il s'agit des déchets provenant de l'activité des ménages qui ne peuvent être pris en compte par la collecte usuelle des ordures ménagères. Ces déchets peuvent être explosifs, corrosifs (acides), nocifs, toxiques, irritants (ammoniaque, résines), combustibles (chlorates), facilement inflammables, ou d'une façon générale dommageables pour l'environnement. Les termes "déchets ménagers spéciaux" ou "déchets toxiques en quantités dispersées (DTQD)" sont parfois utilisés.	GT
<b>Déchet encombrant des ménages (« Monstres »)</b>	Il s'agit des déchets provenant de l'activité domestique des ménages qui, en raison de leur volume ou de leur poids, ne peuvent entrer facilement dans un véhicule et donc être pris en charge par la collecte usuelle des ordures ménagères et nécessitent un mode de gestion particulier. On peut distinguer 4 familles de déchets : 1- l'électroménager (cuisinière, réfrigérateur, machine à laver, ...); 2- le mobilier d'ameublement (table, sommier, matelas, armoire, canapé, bureau, ...); 3- les appareils de chauffage et sanitaires (radiateur, chauffe-eau, lavabo, ...); 4- les objets divers (vélo, landau, table à repasser, jouets, ...).	GT
<b>Déchet des activités économiques</b>	Tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage.	Article R. 541-8 du code de l'environnement
<b>Déchets assimilés</b>	Les déchets collectés par le service public de gestion des déchets ménagers dont le producteur n'est pas un ménage	Article R2224-23 du CGCT
<b>Déchets Ménagers et Assimilés (DMA)</b>	Totalité des déchets des ménages et des activités économiques pris en charge par le service public de gestion des déchets	(ADEME 2021b)
<b>Biodéchets</b>	Les déchets non dangereux biodégradables de jardin ou de parc, les déchets alimentaires ou de cuisine provenant des ménages, des bureaux, des restaurants, du commerce de gros, des cantines, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires  <i>Parmi les biodéchets tels que définis réglementairement, seuls les déchets alimentaires ou de cuisines des ménages, et à la marge les déchets verts des ménages collectés séparément (en porte-à-porte ou en apport volontaire) font partie des ordures ménagères et assimilées (OMA)</i>	Article L541-1-1 du code de l'environnement  (ADEME 2021b)
<b>Déchets verts</b>	Biodéchets d'origine végétale issus des activités de jardinage et d'entretien des espaces verts. On distingue les déchets verts des particuliers, dits de jardins, et les déchets verts municipaux qui sont produits par les services techniques des collectivités.	Actu-environnement (ADEME 2021b)
<b>Déchets alimentaires</b>	Toutes les denrées alimentaires au sens de l'article 2 du règlement (CE) n° 178/2002 du 28 janvier 2002 qui sont devenues des déchets.	Article L541-1-1 du code de l'environnement

<p><b>Déchets d'emballages ménagers</b></p>	<p>Il s'agit des déchets d'emballages ménagers faisant l'objet d'une collecte séparée. Ces déchets sont constitués majoritairement de verre, d'acier, d'aluminium, de papier, de carton, de plastique ou de bois, ainsi que leurs bouchons et leurs couvercles, vidés de leur contenu.</p> <p><i>Le terme « déchets recyclables secs » est également utilisé pour désigner ces matériaux recyclables.</i></p>	<p>GT (d'après Article R543-54 du code de l'environnement)</p>																												
<p><b>Déchet ultime</b></p>	<p>Déchet qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.</p>	<p>Article L 541-1 du Code de l'Environnement</p>																												
<p><b>Ordures ménagères (OM) ou ordures ménagères assimilés (OMA)</b></p>	<p>Déchets issus de l'activité domestique des ménages pris en charge par les collectes usuelles ou séparatives. Incluent les déchets des activités économiques pris en charge dans les mêmes conditions.</p> <p><i>Il s'agit des déchets « de routine » produits par les ménages et les activités économiques et collectés par le service public de gestion des déchets en mélange (ordures ménagères résiduelles) ou sélectivement (ex : matériaux recyclables secs). Elles comprennent également à la marge les collectes séparées de biodéchets alimentaires. Les déchets encombrants et les déchets dangereux, considérés comme des déchets « occasionnels », considérant respectivement leur poids/volume et leur dangerosité, ne sont pas collectés dans les mêmes conditions et sont exclus de cette définition.</i></p> <p><i>Par simplicité d'usage, on utilisera le terme OM pour parler des OMA tout à long du rapport.</i></p> <p><i>Composition des ordures ménagères et assimilées françaises (Source ADEME – Etude MODECOM 2017)</i></p>  <table border="1"> <caption>Composition des ordures ménagères et assimilées françaises (Source ADEME – Etude MODECOM 2017)</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Déchets putrescibles</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Papiers</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Verre</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Plastiques</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Textiles sanitaires</td> <td>11 %</td> </tr> <tr> <td>Combustibles non classés</td> <td>4 %</td> </tr> <tr> <td>Métaux</td> <td>3 %</td> </tr> <tr> <td>Incombustibles non classés</td> <td>3 %</td> </tr> <tr> <td>Textiles</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>Composites</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>Cartons</td> <td>9 %</td> </tr> <tr> <td>Déchets dangereux</td> <td>1 %</td> </tr> <tr> <td>Éléments fins &lt; 8 mm</td> <td>&lt; 1 %</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Pourcentage	Déchets putrescibles	25 %	Papiers	13 %	Verre	13 %	Plastiques	13 %	Textiles sanitaires	11 %	Combustibles non classés	4 %	Métaux	3 %	Incombustibles non classés	3 %	Textiles	2 %	Composites	2 %	Cartons	9 %	Déchets dangereux	1 %	Éléments fins < 8 mm	< 1 %	<p>GT</p>
Catégorie	Pourcentage																													
Déchets putrescibles	25 %																													
Papiers	13 %																													
Verre	13 %																													
Plastiques	13 %																													
Textiles sanitaires	11 %																													
Combustibles non classés	4 %																													
Métaux	3 %																													
Incombustibles non classés	3 %																													
Textiles	2 %																													
Composites	2 %																													
Cartons	9 %																													
Déchets dangereux	1 %																													
Éléments fins < 8 mm	< 1 %																													
<p><b>Ordures Ménagères Résiduelles (OMR)</b></p>	<p>Désignent la fraction des ordures ménagères (poubelle « noire » ou « grise ») qui n'est pas collectée par la collecte séparée/sélective, ni apportée en déchetterie</p>	<p>GT</p>																												

## 2.1.2 Les activités de prise en charge des déchets

Termes	DEFINITIONS	SOURCE(S)
« Gestion des déchets » ou « Prise en charge des déchets » ou « Cycle de vie des déchets »	Désigne la collecte, le transport, le tri, la valorisation (matière ou énergie) et l'élimination (incinération sans valorisation énergétique ou stockage) des déchets et, plus largement, toute activité participant à l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final, y compris les activités de négoce ou de courtage et la supervision de l'ensemble de ces opérations.	D'après Article L541-1-1 du code de l'environnement & GT
Etape (de la gestion des déchets)	Désigne dans ce document les opérations de prise en charge des déchets.	GT
Collecte	Toute opération de ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets. <i>Inclut les différents modes de collecte des déchets décrits ci-dessous ainsi que les opérations de transport spécifiques associées.</i>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<u>Collecte en porte à porte</u>	Toute collecte à partir d'un emplacement situé au plus proche des limites séparatives de propriétés dans la limite des contraintes techniques et de sécurité du service	Article R2224-23 du CGCT
<u>Collecte en point d'apport volontaire (CAV), en point d'apport collectif (CAC)</u>	Collectes consistant à récupérer les déchets apportés par les émetteurs en des lieux spécifiques. Pour la CAV, les points d'apports volontaires peuvent être des conteneurs, des colonnes enterrées ou semi-enterrées, etc. Ce type de collecte est utilisé pour différents flux de déchets, notamment le verre ou les emballages et papiers. Pour la CAC, les points d'apport sont des poubelles de couleur jaune ou noire d'une capacité variant de 300 à 1000 L et concernent les déchets d'emballage et les OMR.	(Cour des comptes 2022)
<u>Collecte séparée ou sélective (CS)</u>	Désigne une collecte dans le cadre de laquelle un flux de déchets ( <i>ex : verre, papier, carton-plastique, déchets verts...</i> ) est conservé séparément en fonction de son type et de sa nature ( <i>pré-triés par les producteurs et usagers</i> ) afin de faciliter un traitement spécifique. Cette collecte peut également porter sur des déchets de type et nature différents tant que cela n'affecte pas leur capacité à faire l'objet d'une préparation en vue de la réutilisation, d'un recyclage ou d'autres opérations de valorisation. <i>Elle peut être menée en porte à porte ou en apport volontaire (en colonne comme pour le verre ou en déchetterie comme pour les déchets verts).</i> La collecte des ordures ménagères résiduelles n'est pas une collecte séparée.	Article L541-1-1 du code de l'environnement  Article R2224-23 du CGCT

<u>Déchetterie</u>	<p>Espace aménagé, clôturé et gardienné, où le public (ménages voire artisans sous certaines conditions) peut déposer ses déchets aux heures d'ouverture.</p> <p>Une déchetterie est constituée de plusieurs types de bennes de collecte accueillant des déchets encombrants (déchets d'équipements électriques et électroniques - DEEE, mobilier, gravats, déchets verts), des déchets dangereux (huiles de vidanges, produits d'entretien ou de bricolage, piles et batteries...) et des déchets recyclables (verre, papiers-cartons de gros volume, métaux, textiles...).</p>	(RUDOLOGIA 2004)
<b>Traitement</b>	<p>Toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination.</p> <p><i>Inclut l'ensemble des manipulations faites sur les déchets en vue de leur traitement après collecte (opérations de tri, opérations de transport et de logistique...).</i></p>	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Installations de traitement des OM (ITOM)</b>	Toutes les installations de traitement qui accueillent des déchets collectés dans le cadre du service public de prévention et de gestion des déchets (centre de tri, traitement thermique et biologique, centre de stockage de déchets non dangereux).	(ADEME 2024b)
<b>Tri</b>	<p>L'ensemble des opérations réalisées sur des déchets qui permettent de séparer les fractions des déchets en fonction de leurs caractéristiques bio-physico-chimiques.</p> <p><i>Pour les OM, le tri peut être manuel ou automatisé (broyage, déchiquetage, criblage, séparation magnétique et aéraulique, tri optique).</i></p>	GT
<b>Tri à la source</b>	Tri ayant lieu avant toute opération de collecte, ou avant toute opération de valorisation lorsque cette opération de valorisation est effectuée sur le site de production des déchets.	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Valorisation matière</b>	Désigne toutes les opérations réalisées sur les déchets qui visent à la réutilisation, au réemploi et au recyclage.	GT
<u>Réutilisation</u>	Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau.	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<u>Réemploi</u>	Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus.	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<u>Recyclage</u>	Toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins.	Article L541-1-1 du code de l'environnement
<b>Valorisation organique</b>	<p>Désigne l'utilisation des biodéchets stabilisés après compostage ou méthanisation afin d'amender les sols.</p> <p><i>La valorisation organique est une valorisation de matière particulière.</i></p>	GT
<b>Valorisation énergétique</b>	<p>Consiste à récupérer et à valoriser l'énergie produite lors du traitement des déchets sous forme de chaleur, d'électricité, de carburant.</p> <p>On peut distinguer 4 filières :</p>	GT

	<p>1/ Incinération d'OMR avec récupération de la chaleur, qui peut être transformée en électricité ;</p> <p>2/ Production et combustion de combustibles solides de récupération (CSR) à partir de procédés mécaniques (broyage, tri, séchage, ...) ;</p> <p>3/ Production de combustibles dérivés à partir de procédés thermiques (pyrolyse, gazéification, ...)</p> <p>4/ Production de combustibles dérivés à partir de procédés biologiques (méthanisation, fermentation alcoolique, ...)</p>	
<b>Elimination</b>	<p>Toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la production de résidus gazeux, liquides et solides, qui doivent être traités (opérations de valorisation énergétique ou matière).</p> <p><i>Inclut le stockage des déchets avec production de lixiviat et de biogaz et l'incinération sans valorisation énergétique avec production de mâchefers, cendres volantes, boues de lavage et de neutralisation des fumées.</i></p>	<p>D'après Article L541-1-1 du code de l'environnement</p>

### 2.1.3 L'économie des déchets

<b>Filières à Responsabilité Élargie du Producteur (REP)</b>	<p>Apparu dans la loi depuis 1975 (article L.541-10 du code de l'environnement), le principe de Responsabilité Élargie du Producteur (REP) implique que les acteurs économiques sont responsables de l'ensemble du cycle de vie des produits qu'ils mettent sur le marché, de leur conception jusqu'à leur fin de vie. Il s'agit d'un concept de « pollueur-payeur » qui vise à responsabiliser les industriels pour les produits qu'ils mettent sur le marché.</p> <p>En 2024, on dénombre 20 filières REP en France.</p>	<p>D'après (ADEME 2024a)</p>
<b>Gisement de déchets</b>	<p>Quantité de déchets produits et collectés sur un territoire défini. Le gisement est constitué par les quantités de chaque matériau présent dans les déchets produits</p>	<p>Adelphé</p>
<b>Gisement contribuant</b>	<p>La partie du gisement de déchets qui est collectée et traitée.</p>	
<b>Taux de collecte</b>	<p>Mesure le tonnage collecté comparé aux tonnages produits.</p>	<p>Cours des comptes, 2016</p>
<b>Taux de recyclage</b>	<p>Rapport entre la quantité de déchets recyclés et la quantité totale de déchets pesés en entrée de centre de traitement.</p>	<p>(CITEO &amp; ADELPHÉ 2024)<sup>1</sup></p>
<b>Refus de tri</b>	<p>La fraction de déchets soustraite aux flux entrant en centre de tri car non conforme et rendant impropre la valorisation du flux restant. Les refus de tri sont alors stockés, incinérés ou transformés en combustibles solides de récupération (CSR) (si leur nature le permet).</p>	<p>ADEME</p>

<sup>1</sup> D'après l'entreprise Adelphé, le taux de recyclage est le rapport entre les tonnes soutenues (emballages recyclés + compost) et celles du gisement contribuant.

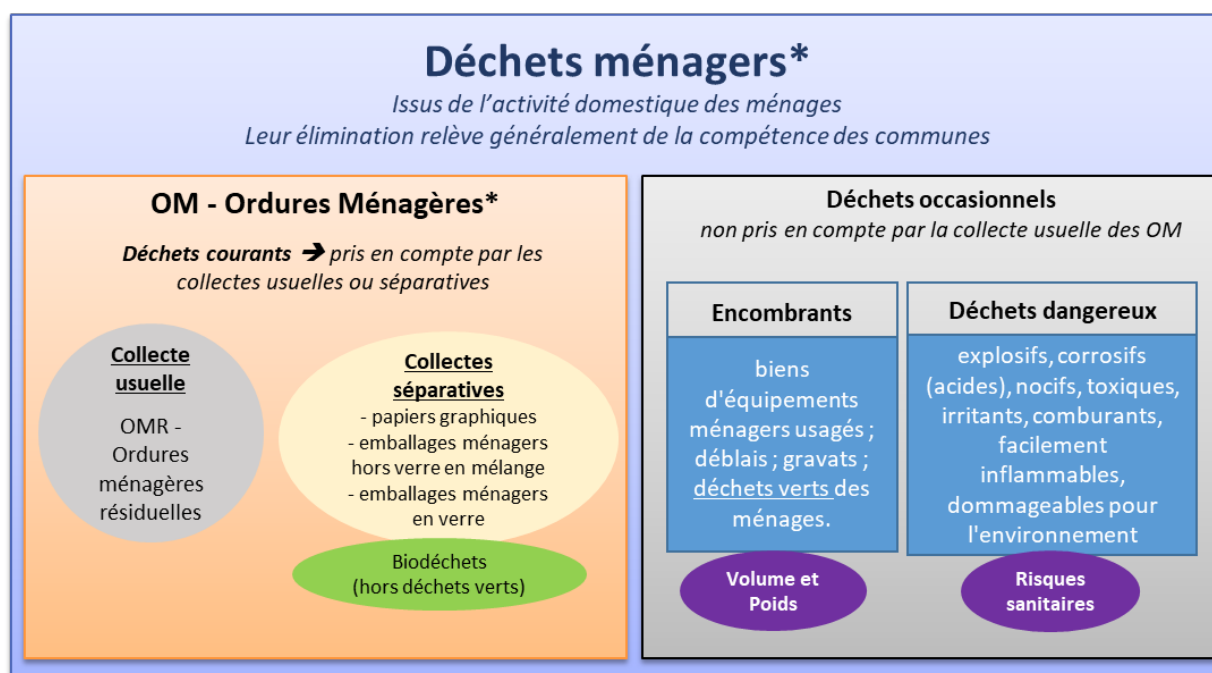
**Taux de refus**

Part des emballages triés, refusés en centre de tri. Le refus est lié aux erreurs de tri de l'habitant, mais aussi aux pertes inhérentes au process. (CITEO & ADELPHÉ 2024)  
La formule de calcul est :  $(\text{tonnes collectées} - \text{tonnes recyclées} / \text{tonnes collectées}) \times 100$

## 2.2 Périmètre de l'étude

### 2.2.1 Déchets pris en compte dans l'expertise

Les déchets inclus dans le périmètre de l'expertise sont les ordures ménagères (OM) : les emballages ménagers (papiers-plastiques-cartons-verres-métaux), les biodéchets (ou déchets organiques) et les ordures ménagères résiduelles (OMR) (Figure 1).



*\*incluent dans la pratique les déchets non ménagers collectés dans les mêmes conditions que ceux-ci*

**Figure 1 : Description des déchets ménagers (les déchets inclus dans le périmètre de l'expertise sont les OM, dans le rectangle orange)**

Comme précisé au §2.1.1, les déchets encombrants et les déchets ménagers dangereux sont considérés comme des déchets « occasionnels » et ne sont pas inclus dans la définition des OM car non pris en compte par les collectes usuelles ou séparatives des OM.

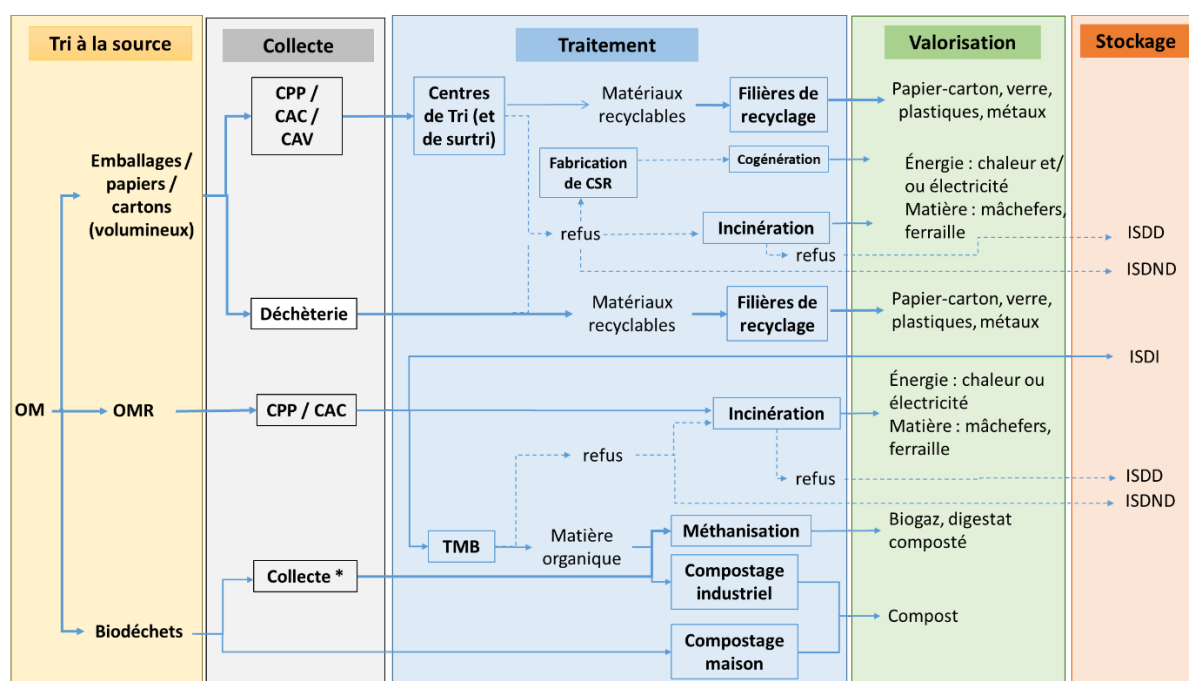
### 2.2.2 Activités prises en compte dans l'expertise

Le périmètre des activités prises en compte dans l'expertise se limitera aux étapes de collecte et traitements au sein desquelles des OM sont pris en charge. Ainsi, les étapes suivantes sont incluses dans le périmètre de l'expertise (Figure 2) :

- **Collecte** : porte-à-porte, point d'apport collectif, point d'apport volontaire, déchetterie
- **Traitements** :
  - Centres de tri des déchets non dangereux (et des activités économiques)

- Plateformes de compostage, incluant les installations équipées d'un traitement mécano-biologique<sup>2</sup> (TMB)
- Unités de méthanisation (hors unités exclusivement de méthanisation à la ferme), incluant les installations équipées d'un TMB
- Unités d'incinération d'ordures ménagères, incluant les plateformes de maturation de mâchefers<sup>3</sup>
- Installations de stockage des déchets non dangereux (« centre d'enfouissement », « mise en décharge »)
- Unités de recyclage spécialisées : verres, papiers-cartons, plastiques et métaux

Il est à noter que la fraction non recyclable des déchets peut être utilisée pour produire des combustibles solides de récupération (CSR) après des opérations de broyage, criblage et homogénéisation. Etant donné le fait que ce procédé reste aujourd'hui très marginal, il n'a pas été inclus dans le champ de l'expertise.



\*à mettre en place selon la loi AGECE ; CPP : collecte porte à porte ; CAC : collecte en apport collectif ; CAV : collecte en apport volontaire ; CSR : combustible solide de récupération ; ISDD : installation de stockage des déchets dangereux ; ISDND : installation de stockage des déchets non dangereux ; ISDI : installation de stockage des déchets inertes ; OM : ordures ménagères ; OMR : ordures ménagères résiduelles ; TMB : Tri mécano-biologique

Figure 2 : Synoptique des étapes mises en œuvre pour la prise en charge des déchets ménagers

Si la prise en charge des OM au niveau d'une étape conditionne l'inclusion de cette étape dans le périmètre de l'expertise, cela ne signifie pas que le flux de déchets entrant au niveau de cette étape soit homogène et composé uniquement d'OM. C'est par exemple le cas des déchetteries qui peuvent accueillir selon les centres, en plus des OM, des piles électriques et

<sup>2</sup> Le traitement mécano-biologique (TMB) vise à recycler ou optimiser le traitement des ordures ménagères résiduelles. Il consiste en l'imbrication d'opérations mécaniques (dilacérations et tris) et d'étapes biologiques (compostage, méthanisation). Les déchets entrant dans ces TMB sont majoritairement des OMR (90%).

<sup>3</sup> Les graves de mâchefer sont des résidus solides d'incinération de déchets non dangereux, principalement valorisées en tant que matériaux alternatifs en sous-couches routières (Source : Institut National de l'Economie Circulaire, 2020).

batteries, des pneumatiques, des encombrants, des appareils électriques et électroniques (DEEE), des gravats ou encore des déchets dangereux tels que l'amiante.

L'expertise documente les risques pour les travailleurs impliqués dans les 8 étapes ciblées. Pour certaines étapes telles que la collecte ou le tri, les risques sont associés à la prise en charge des OM alors que pour d'autres étapes comme les déchetteries ou le compostage industriel, les risques concernent la prise en charge d'un panel de déchets plus large que les seuls OM. En complément, les risques pour les travailleurs liés à la présence de déchets indésirables au niveau d'une étape (ex : déchets d'activités de soins à risques infectieux, carcasses d'animaux...) seront également évoqués.

## **2.3 Démarche mise en œuvre**

Afin de répondre aux questions posées par la saisine, la démarche mise en œuvre par le GT s'est déroulée en deux temps. Elle a consisté à réaliser un panorama documentaire de l'ensemble des étapes de la chaîne de prise en charge des OM sur lequel s'est appuyé le GT pour cibler l'étape à considérer pour l'analyse approfondie des risques sanitaires.

### **2.3.1 Panorama documentaire de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères**

L'objectif de cette première phase est de documenter l'organisation des activités et les enjeux sanitaires identifiés pour les travailleurs impliqués dans les différentes étapes de la chaîne de prise en charge des OM. Quatre axes ont été investigués à cet effet : i) Étude de filière, ii) Historique de l'encadrement réglementaire, iii) Analyse de la littérature, iv) Exploitation des bases de données en santé au travail. La Figure 3 propose un aperçu des sources de données consultées et des types d'informations recueillies.

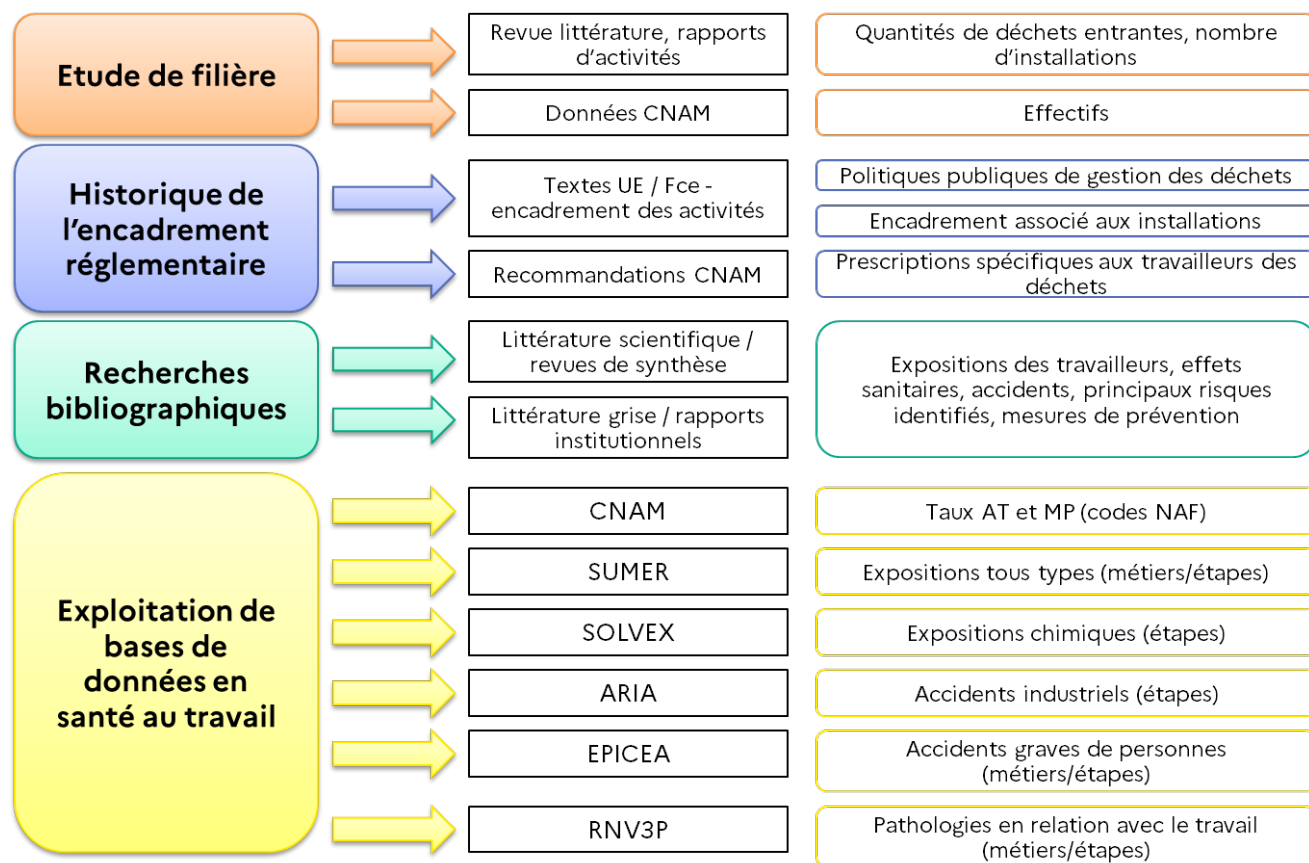


Figure 3 : Panorama documentaire de la chaîne de prise en charge des OM

Le chapitre 3 présente pour ces quatre axes, les modalités d'identification des données et leur analyse par le GT. Les informations relatives à chaque étape ont été organisées au sein de « fiches étapes » également présentées dans le chapitre 3.

### 2.3.2 Analyse approfondie des risques sanitaires de l'étape de tri

Compte tenu des enseignements tirés du panorama documentaire, le GT a choisi de réaliser une analyse approfondie des risques sanitaires de l'étape de tri (Cf 3.6). La réflexion du GT s'est structurée autour des questions répertoriées dans le tableau ci-après. Les méthodes et outils mis en œuvre pour y répondre sont également présentés. Ces éléments sont développés dans le chapitre 4.

Questions	Méthodes et outils mis en œuvre
<p><b>Quelle est la population d'étude ?</b></p> <p>→ caractéristiques (nombre, statut, ancienneté dans le poste, réglementation associée...)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation d'auditions</li> <li>- Recherches bibliographiques</li> <li>- Lancement d'enquêtes</li> </ul>
<p><b>Quelles sont les modalités de travail de cette population et leur évolution dans le temps ?</b></p>	

Questions	Méthodes et outils mis en œuvre
→ activités, temps passé, mesures et moyens de prévention/protection	
<b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs ciblés ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revue de la littérature + littérature grise</li> <li>- Exploitation des bases de données santé-travail</li> </ul>
<b>Quelles sont les données d'exposition ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revue de la littérature + littérature grise</li> <li>- Exploitation résultats campagnes de mesures ?</li> <li>- Acquisition et exploitation de données via des campagnes de mesure exploratoires ?</li> </ul>
<b>Quels sont les principaux risques sanitaires actuels pour les travailleurs ciblés ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditions</li> <li>- Mise en perspective</li> </ul>
<b>Quelles sont les recommandations à émettre ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élaboration de recommandations de prévention</li> <li>- Travaux complémentaires à mener pour améliorer les connaissances?</li> </ul>

## 3 Panorama général de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères

### 3.1 Étude de filières

La **filière** est le système technico-économique généré par un produit/substance ou pour la réalisation d'un produit ou d'une offre d'un service. Elle désigne l'ensemble des activités et acteurs complémentaires qui concourent, d'amont en aval, à l'offre d'un service ou à la réalisation d'un produit fini, à sa distribution et à sa consommation. Une filière est composée de plusieurs **étapes** ou **maillons** qui regroupent des catégories d'opération principales.

L'objectif de l'étude de filière réalisée dans le cadre de cette expertise est d'identifier les différents acteurs et activités de la filière des ordures ménagères et de documenter les différentes étapes de cette filière, en matière de nature et quantité de déchets traités, modalités de fonctionnement et caractéristiques des emplois.

Le périmètre de l'expertise porte sur les OMA, mais cette catégorie de déchets n'est pas toujours clairement identifiable dans les données disponibles relatives à la filière des déchets. Aussi l'étude de filière a été réalisée sur les déchets ménagers et assimilés (DMA) qui comprennent les OMA ainsi que les déchets occasionnels (Cf. §2.1.1). Les DMA sont produits à hauteur de 80 % par les ménages et de 20 % par les petites entreprises et les commerces (ADEME 2022). Les données spécifiques aux OMA, lorsque disponibles auprès des sources consultées, sont également rapportées.

#### 3.1.1 Méthode

L'analyse et les conclusions de cette étude de filières se fondent essentiellement sur les informations collectées depuis les sources suivantes :

- **La base SINOE®-Déchets** (<https://www.sinoe.org/>, consultée en avril 2022) :

Cette base de données a été développée par l'ADEME en collaboration avec plusieurs utilisateurs, tels que les conseils généraux et les observatoires locaux. L'essentiel des informations contenues dans la base sont issues d'enquêtes ou d'études menées par l'ADEME.

La base contient notamment des informations concernant les déchetteries et les différentes installations de traitement des ordures ménagères (ITOM) telles que le mode de gestion, la localisation, le maître d'ouvrage, l'exploitant et les déchets acceptés.

- **Plusieurs documents de l'ADEME** :

Le « Bilan national du recyclage 2012-2021 » (ADEME 2024a) qui présente les principales évolutions des chiffres du recyclage en France pour différents matériaux (métaux ferreux, métaux non ferreux, papiers et cartons, verre, plastiques, textiles, inertes du BTP, et bois) au regard des éléments de contexte économique, technique et réglementaire (chiffres clés de chaque filière sur dix années glissantes).

Les résultats 2021 et 2019 de l'enquête menée par l'ADEME sur la collecte des déchets par le service public en France (ADEME 2021a, 2023b). L'ensemble des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) exerçant au moins une compétence collecte et/ou déchetteries a été interrogé afin d'identifier leurs compétences, leur(s) desserte(s) et les flux

de déchets collectés pour l'année concernée. L'enquête a porté sur 5 types de collecte en porte à porte et /ou en apport volontaire : ordures ménagères résiduelles, verre, matériaux secs, biodéchets et/ou déchets verts, autres collectes spécifiques (encombrants, cartons des professionnels, déchets dangereux, parcs et jardins...), ainsi que sur la collecte en déchetteries. Les quantités collectées concernent les DMA collectés par le service public de prévention et de gestion des déchets. L'enquête est jugée représentative de la population nationale, à l'exclusion de la Guyane, Mayotte, Saint-Pierre et Miquelon, Wallis et Futuna, Saint Barthélémy et Saint Martin.

Les résultats 2020 et 2022 de l'enquête ITOM portant sur toutes les installations de traitement qui accueillent au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets (centres de tri, traitements thermique et biologique, stockage de déchets non dangereux) (ADEME 2022, 2024b). Sont exclus de l'enquête les déchetteries (dispositifs de collecte enquêtés par ailleurs), les installations dédiées au traitement de déchets dangereux, les centres de stockage de déchets inertes, les quais de transfert ainsi que les unités de recyclage spécialisées : verreries, papeteries, etc. Les quantités recensées par cette enquête ne correspondent pas aux données de productions totales des DMA.

Le « Mémo des REP données 2022 » qui présente une synthèse de la situation des filières à Responsabilité élargie des producteurs (REP) en France sur les données 2022 déclarées en 2023 (ADEME 2023c).

- **Les rapports d'activité 2020 et 2023 de Citeo et sa filiale Adelphe** (CITEO & ADELPE 2021, 2024) qui sont les principaux éco-organismes acteurs des REP emballages ménagers et papiers graphiques<sup>4</sup> et dont la mission est notamment d'accompagner le service public de prévention et de gestion des déchets afin de réduire l'impact environnemental des emballages ménagers et des papiers graphiques.
- **Des rapports ministériels et de la Cour des Comptes**

Le rapport de 2022 « Prévention, collecte et traitement des déchets élaboré par la Cour des comptes (Cour des comptes 2022).

Le rapport de 2020 « les filières de recyclage de déchets en France métropolitaine » élaboré par le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) et le Conseil général de l'économie (CGE), qui analyse le recyclage de sept matériaux (les métaux et plus précisément l'acier, l'aluminium et le cuivre, les granulats, le papier-carton, les plastiques, le bois, le verre et les textiles) avec un regard économique (CGEDD et CGE 2020).

Le « Guide d'aide à la rédaction d'un marché public de gestion de déchets produits par les administrations » publié en 2016 par le Ministère chargé de l'écologie<sup>5</sup> dont l'objectif est d'accompagner la transition des administrations françaises vers une gestion efficiente de leurs propres déchets courants, dans une logique d'économie circulaire, et conformément aux dispositions de la loi n° 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 (MEEM 2016). Ce guide concerne en priorité les déchets produits dans le cadre d'une activité de bureau par une administration de l'État (toutes tailles de sites), y compris les déchets de nourriture (cantine, restaurant administratif).

---

<sup>4</sup> LEKO est le second acteur de la REP pour les papiers et les emballages ménagers. Arrivé sur le marché en 2020, il traite un tonnage contribuant représentant moins de 1% du tonnage total contribuant (ADEME 2023a). De fait, seuls les chiffres provenant de Citeo et Adelphe sont rapportés dans ce chapitre.

<sup>5</sup> Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM)

- **Les sites internet des fédérations de recyclage** telles que celles regroupées dans Alliance Recyclage<sup>6</sup>, autrement dit la Fédération des Industries du Verre<sup>7</sup>, Aluminium France<sup>8</sup>, A3M<sup>9</sup> et Copacel<sup>10</sup>.
- **Le rapport statistique de 2021 de l'Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Celluloses (COPACEL)**, un syndicat professionnel qui rassemble les producteurs de pâte, papiers et cartons français (COPACEL 2022).

### 3.1.2 Résultats

#### 3.1.2.1 Présentation des différents modes de gestion des DMA

Les étapes mises en œuvre pour la prise en charge des déchets ménagers sont présentées sur la Figure 2 dans la partie 2.2.2.

La compétence de gestion des DMA est confiée aux communes, qui peuvent transférer à un EPCI ou à un syndicat mixte soit l'ensemble de la compétence, soit la partie de cette compétence comprenant le traitement, la mise en décharge des déchets ultimes ainsi que les opérations de transport, de tri ou de stockage qui s'y rapportent. En revanche, il n'est pas possible pour un EPCI de ne transférer que sa compétence en matière de collecte.

A la demande des communes et des EPCI qui le souhaitent, le département peut se voir confier, par le biais d'une convention, la responsabilité du traitement et des opérations de transport qui s'y rapportent. (Art. L2224-13 du Code général des collectivités territoriales).

Selon des données produites par le ministère chargé de l'écologie<sup>11</sup>, 95 % de la population française vit dans une commune ayant transféré tout ou partie de sa compétence en matière de déchets (traitement et éventuellement collecte) à une structure intercommunale.

En 2021, 1 199 EPCI et 67 communes exerçaient une compétence de collecte et/ou traitement des déchets. Depuis 2007, le nombre d'EPCI exerçant une compétence déchet (collecte et/ou traitement) a été divisé par deux. La baisse la plus importante se déroule entre 2015 et 2017 en raison de la mise en œuvre de la loi n°2015-991 portant nouvelle organisation territoriale de la République - Loi NOTRe (création de schémas départementaux de coopération intercommunale) qui réduit le nombre d'EPCI<sup>12</sup>. Depuis cette chute, leur nombre est stable. Les EPCI exerçant exclusivement la compétence collecte demeurent majoritaires, toutes années confondues (ADEME 2023b).

Les différents opérateurs de gestion des déchets des services publics sont les EPCI, les opérateurs privés, les éco-organismes et les associations.

Les modes de gestion de ces services publics sont variés :

---

<sup>6</sup> <https://alliance-recyclage.fr/ressources/infographies/>

<sup>7</sup> <https://fedeverre.fr/>

<sup>8</sup> <https://www.aluminium.fr/>

<sup>9</sup> <https://www.a3ms.fr/>

<sup>10</sup> <https://www.copacel.fr/>

<sup>11</sup> <https://www.collectivites-locales.gouv.fr/competences/les-dechets>, consulté le 22/08/2024

<sup>12</sup> La Loi NOTRe (nouvelle organisation territoriale de la République) du 7/08/2015 a commencé à s'appliquer en 2017 (regroupement intercommunalités) : le nombre d'EPCI est passé de 2 062 en 2016 à 1 266 en 2017.

- La gestion directe : la régie. La collectivité assure avec ses propres moyens la gestion d'un service.
- Les marchés publics : prestation de services publics. Le contrat est conclu selon les règles du Code des marchés publics et la rémunération varie selon le contrat avec l'autorité publique. Le prix est fixé dans le contrat (forfait) et versé par la collectivité.
- La gestion déléguée : affermage, concession, régie intéressée. Une délégation de service public (DSP) est un contrat par lequel une personne publique (le délégant) confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire public ou privé, dont la rémunération est substantiellement liée aux résultats de l'exploitation.
  - Concession : la collectivité charge une entreprise de réaliser des travaux de premier établissement et d'exploiter à ses frais le service. La rémunération du concessionnaire est assurée par les usagers. A l'expiration du contrat de délégation, l'ensemble des investissements et des biens du service devient la propriété de la commune.
  - Affermage : la collectivité investit dans les établissements permettant l'exploitation du service par une entreprise (le « fermier »). Le fermier est rémunéré par les usagers, mais il reverse à la collectivité une redevance destinée à contribuer à l'amortissement des investissements qu'elle a réalisés.
  - Régie intéressée : la collectivité rémunère le « régisseur intéressé » par une rétribution composée d'une redevance fixe et d'un pourcentage sur les résultats d'exploitation « un intéressement ».

### 3.1.2.2 La collecte

#### 3.1.2.2.1 *Modes de collecte et de gestion de la collecte*

Les DMA sont collectés selon différents modes. Cette collecte peut se faire en porte à porte (CPP), en point d'apport volontaire (CAV), en point d'apport collectif (CAC) (cf définitions en 2.1.2).

La compétence en matière de collecte est exercée par près de neuf EPCI sur dix (93 %) dont près des deux tiers (63 %) n'exercent que celle-ci et 86 % de la population française appartient à un EPCI ayant une compétence collecte (ordures ménagères résiduelles et collecte sélective). Quant aux entreprises, d'après le MEEM (2016), pour exercer « l'activité de collecte ou de transport de déchets », ces dernières doivent déposer une déclaration auprès du préfet du département où se trouve leur siège social ou, à défaut, le domicile du déclarant dès lors qu'elles « collectent ou transportent » une quantité supérieure à 0,5 tonne par chargement de « déchets non dangereux » (Article R. 541-50 du code de l'environnement). L'entreprise de transport de déchets doit détenir le récépissé de déclaration dans chacun des véhicules utilisés pour la collecte. Il est à noter que les entreprises qui, après avoir livré des produits et équipements neufs auprès de consommateurs finaux, ont le droit de reprendre les déchets de produits similaires aux produits livrés et leurs emballages sont exemptées de l'obligation de déclaration (Article R541-50 du Code de l'environnement). Cette disposition permet de faire des économies de stockage et de logistique.

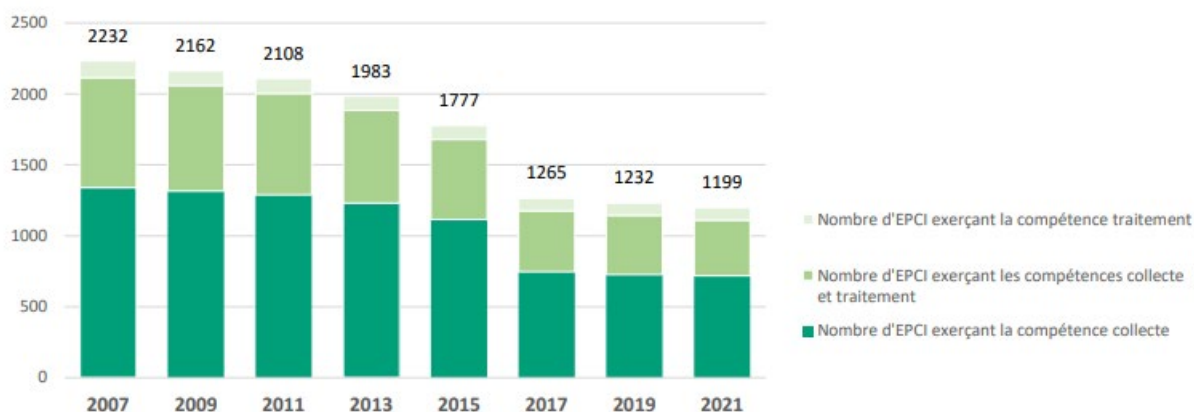


Figure 4. Évolution du nombre d'EPCI exerçant une compétence collecte et/ou traitement des déchets depuis 2007 en France (Source : ADEME 2023)

D'après la base SINOE®-Déchets, les EPCI préfèrent confier l'exploitation du service public à une entreprise privée. Le mode de gestion privilégié par les collectivités pour la collecte est les marchés de prestation de service (55 %). La régie arrive en deuxième position avec 39 % (Figure 5).

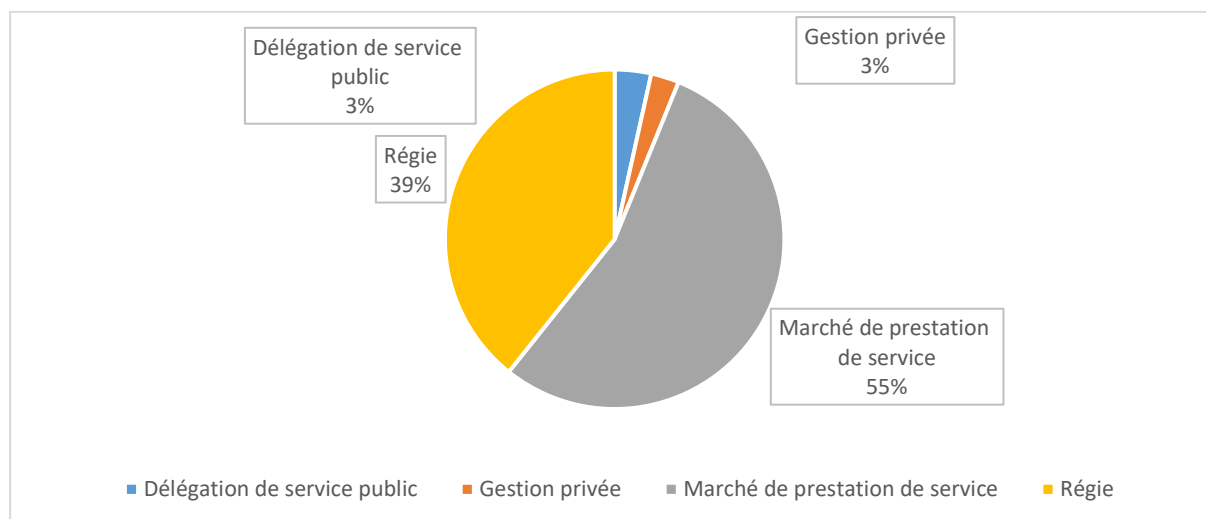


Figure 5. Mode de gestion de la collecte (Source : base SINOE consultée en Avril 2022)

### 3.1.2.2 Déchets collectés : nature et tonnage

D'après ADEME (2023b), le service public de prévention et de gestion des déchets (SPGD), relevant de la compétence des EPCI, a collecté 41,3 millions de tonnes de DMA en 2021 en France (métropolitaine et DROM/COM) contre 39 millions de tonnes en 2019, quantité qui était relativement stable depuis 2009. Les DMA sont composés majoritairement d'OMA et de déchets occasionnels<sup>13</sup> collectés en déchetterie (Cf. Figure 6). Les données rapportées n'incluent pas les déchets des ménages collectés par d'autres acteurs que le SPGD, comme les distributeurs qui reprennent les déchets dans le cadre des dispositifs REP.

<sup>13</sup> Par exemple les déchets encombrants et les déchets dangereux (cf 2.1.1).

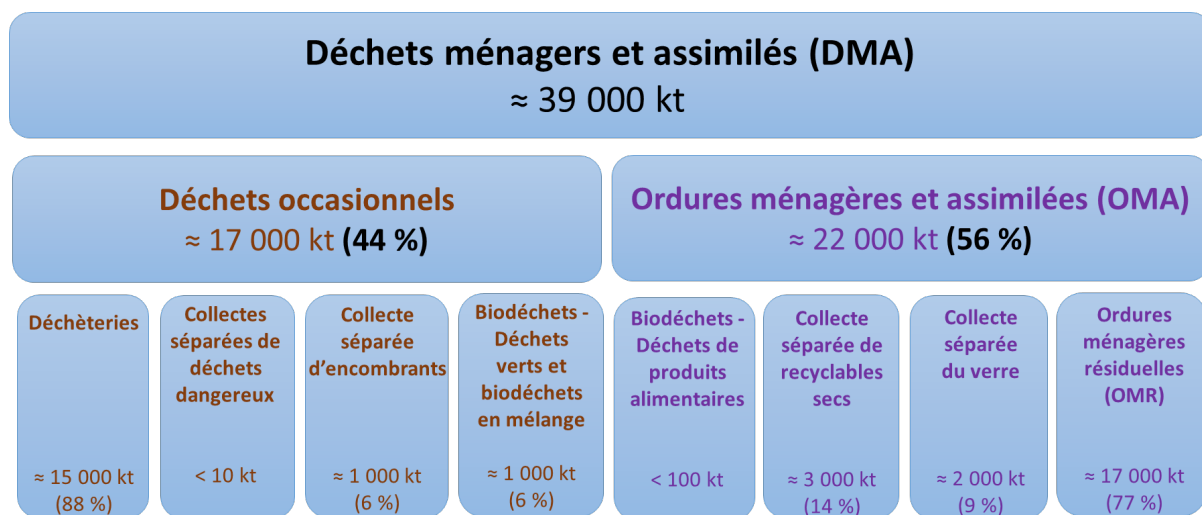


Figure 6 : Composition des déchets ménagers et assimilés collectés pour l'année 2019 (ADEME 2021a)

■ Collecte des OMR

La collecte des OMR représente 44 % massique des DMA et 77 % des OMA collectés en 2019 (environ 17 Mt) (Figure 6). La quantité des OMR collectées diminue régulièrement depuis 2009 au profit des collectes séparées et des déchetteries (cf. Figure 7).



Figure 7 : Évolution des quantités de DMA collectés par le SPGD, par type de collecte, depuis 2009 (ADEME 2023b)

■ Collectes séparées

Au sein des OMA, la **collecte séparée des recyclables secs (papiers, cartons, plastiques, métaux et composites)** représente 14 % (environ 3 Mt), la collecte séparée du verre 9 % (2 Mt), et les déchets de produits alimentaires représentent une proportion minime avec moins de 100 kt collectés. Ensemble, les collectes séparées représentent 13 % massique des DMA et 23 % des OMA.

Le Tableau 1 présente l'évolution des quantités et ratios par habitant des déchets issus des collectes séparées. L'encadré rouge identifie les déchets relevant de la catégorie des OMA. L'encadré vert identifie les chiffres associés aux biodéchets qui n'incluent pas uniquement les déchets ménagers alimentaires.

	Quantités, en millions de tonnes							Performance de collecte, en kg/hab						
	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021
Verre	1,9	1,9	1,9	1,9	2	2,1	2,3	29,7	29,6	28,8	29	30	32	34
Emballages et papiers	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,6	46	47	47	47	48,5	50,2	53
Biodéchets	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3	17,7	18,1	17,6	17,4	17,6	17	19
Encombrants	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	12,2	11,1	10,7	8,9	9,8	9,5	10
Déchets dangereux	4,4 kt	7,5kt	4,9 kt	8,6 kt	8,3 kt	0,1	0,01	0,07	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Autres (textiles,...)	51 kt	58 kt	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	0,9	1,7	1,8	2,8	2,9	6
TOTAL	6,9	7,0	7,0	7,0	7,4	7,4	8,2	106	107	106	104	109	112	121

Tableau 1 : Evolution des quantités de déchets collectés séparément à l'échelle nationale (ADEME 2023b)

En 2021, il ressort que la collecte séparée des déchets d'emballages et de papiers représente à l'échelle nationale un ratio moyen de 53 kg/habitant. Ces déchets peuvent être collectés selon 1 ou plusieurs flux selon les zones géographiques. La collecte en porte à porte est prédominante mais la répartition des modes de collecte varie selon la typologie des régions (territoire rural, urbain plus ou moins dense, touristique ou mixte) (Figure 8).

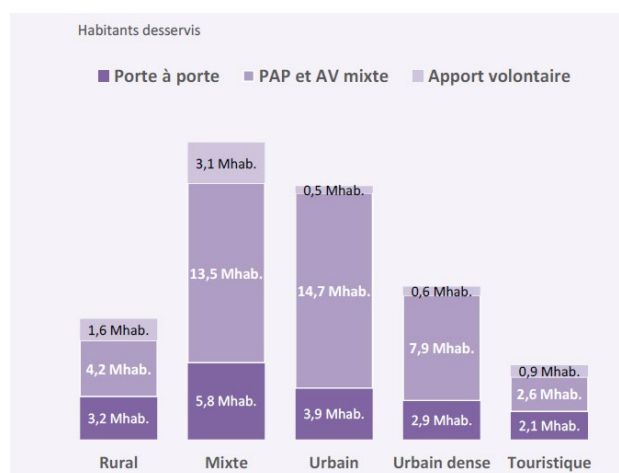


Figure 8 : Répartition des modes de collecte des déchets d'emballages et des papiers ménagers selon la typologie des régions en nombre d'habitants (ADEME 2023b)

La collecte séparée du verre représente à l'échelle nationale un ratio moyen de 34 kg/habitant. Le verre est collecté à 85 % par apport volontaire (ADEME 2023b) et le reste est collecté sélectivement en porte à porte (chiffres Paprec 2017<sup>14</sup>). Le verre est directement transporté vers une entreprise de valorisation (cf 2.2.2).

La collecte séparée des biodéchets représente à l'échelle nationale un ratio moyen de 19 kg/habitant. Les chiffres rapportés concernent les collectes séparées des végétaux seuls, des déchets alimentaires seuls ou les deux types de déchets. En 2019, les déchets

<sup>14</sup> <https://www.paprec.com/fr/solutions/les-matieres-que-nous-valorisons/verre/la-collecte-du-verre/>

alimentaires représentaient 7 % en tonnage des biodéchets collectés hors déchets verts collectés en déchetteries.

#### ■ Collecte en déchetteries

Au sein des déchetteries, il est possible de déposer des emballages ménagers. Les déchets collectés dans ces installations représentent 38 % massique des DMA et 88 % des déchets occasionnels. D'après la base SINOE®-Déchets, en 2019 la France comptait 4 615 déchetteries et en compte 4 620<sup>15</sup> en 2021. La répartition des déchetteries est inégale en France (RUDOLOGIA 2004).

#### 3.1.2.2.3 Données relatives aux emplois

D'après les données de la Cnam (2021), 40 630 salariés du régime général sont impliqués dans les activités de collecte des déchets non dangereux (code NAF 38.11Z), incluant les activités de prise en charge des OM. Les salariés, nombreux, des collectivités impliquées dans la prise en charge des OM, relevant des codes NAF « Administration », ne peuvent pas être identifiés par le biais des données de la Cnam (cf § 3.4.1).

Les salariés présents dans une déchetterie sont peu nombreux et s'occupent essentiellement de gérer les flux de véhicules des transporteurs de déchets et indiquer les bennes adéquates à ces derniers. Il est habituellement considéré que, au-delà de 40 usagers par heure, la déchetterie doit comprendre au minimum deux opérateurs. Ce ratio est augmenté en conséquence, par tranches de 40 usagers par heure (INRS 2018b).

#### 3.1.2.3 Traitements

##### 3.1.2.3.1 Types d'installations et modes de gestion du traitement

Une fois collectés, les DMA non dangereux sont dirigés vers des installations de traitements des ordures ménagères (ITOM) afin d'être valorisés ou éliminés. Au total, près de 53Mt de déchets entrent dans les ITOM.

Les ITOM comprennent les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), les unités d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) avec ou sans valorisation énergétique, les centres de tri, les unités de compostage, les installations de traitement mécano-biologique (TMB) et les unités de méthanisation<sup>16</sup>. Elles accueillent respectivement, 33,1 %, 27,7 %, 19,2 %, 15,6 %, 4 % et 0,3 % des déchets entrants (Tableau 2).

En 2020, l'ADEME dénombrait 1 418 ITOM de DMA en France (DOM-TOM compris) (ADEME 2022). Tout comme pour le service de collecte, les opérateurs de ces installations peuvent être privés ou publics et leurs modes de gestion peuvent être des régies, des délégations partielles ou totales ou de la gestion privée. D'après l'enquête ITOM 2020, le mode de gestion des centres de tri est essentiellement de la gestion privée (63 % des centres de tri de DMA sont la propriété d'opérateurs privés et représentent un peu plus de 75 % des tonnages entrants). La gestion du parc d'UIOM se répartit principalement entre la gestion déléguée (50 % pour 55 % du tonnage entrant) et la prestation de service (40 % pour 36 % du tonnage

<sup>15</sup> Site internet consulté le 22/01/2025

<sup>16</sup> Les installations de maturation de mâchefers et les centres de tri dédiés uniquement aux déchets des entreprises ne sont pas comptabilisés.

entrant). Les modes de gestion des installations de compostage, méthanisation et TMB ne sont pas précisés.

Une fois triés, certains déchets sont recyclés. Le bilan national du recyclage effectué par l'ADEME présente les principales évolutions des chiffres du recyclage en France pour les différents matériaux clés de l'économie française : métaux ferreux, métaux non ferreux (aluminium, cuivre, zinc, plomb), papiers et cartons, verre, plastiques, textiles, inertes du BTP, et bois. Les entreprises effectuant les opérations de recyclage sont privées. Elles sont, pour beaucoup, les entreprises initialement productrices de l'emballage, comme les verreries. D'après la base Sirène de l'Insee, 13 560 entreprises relèvent du code NAF « 38.32Z Récupération de déchets triés » et auraient pour activité la « transformation, généralement par un processus mécanique ou chimique, de déchets et de débris métalliques et non métalliques ou d'autres articles en matières premières secondaires ». Ce code NAF 38.32Z inclus un large panel d'activités dont certaines ne font pas partie de notre périmètre d'étude. La fédération représentative des entreprises du recyclage (FEDEREC) représente 1250 entreprises dont l'activité consiste en la collecte, le tri, la valorisation matières des déchets industriels et ménagers ou en négoce de matières premières issues du recyclages (MPiR). Le Conseil national de l'industrie<sup>17</sup> indique que 1529 entreprises évoluent en France dans la filière « transformation et valorisation des déchets ».

Le Tableau 2 synthétise les chiffres clés relatifs aux différents types d'ITOM, et le Tableau 5 synthétise les chiffres clés relatifs aux différentes voies de recyclage. A noter que les taux de valorisation pour les centres de tri sont calculés sur l'ensemble des centres de tri, y compris ceux traitant exclusivement les DAE. En outre, les quantités de déchets entrant dans les UIOM et les ISDND sont composées non seulement des déchets entrant directement dans les installations mais également de déchets provenant d'autres installations. Enfin, les informations collectées sur les voies et taux de valorisation ne reposent pas sur le tonnage sortant mais sur les flux principaux des tonnages sortant. La Figure 10 illustre ces flux pour l'année 2020 (ADEME 2022).

---

<sup>17</sup> Contrat de filière transformation et valorisation des déchets 2019-2022.

Tableau 2 : Synthèse des données des enquêtes ITOM 2020 (ADEME 2022) et ITOM 2022 (chiffres bleus en italique) (ADEME 2024b)

Type d'installations de traitement	Nombre d'unités	Tonnage entrant (Mt)	Composition principale des déchets entrants	Part du tonnage en provenance des ménages et collectivité (%)	Évolution du parc d'installations	Évolution du tonnage entrant	Modes de gestion	Nombre d'emplois estimés	Tonnage sortant (Mt)	Voies et taux de valorisation (% massique)
Centre de tri	364 <i>351</i>	10,09 <i>8,760</i>	matériaux recyclables pré-triés : 56 % / <i>55 %</i> déchets industriels et banals en mélange : 17 % / <i>24 %</i> équipements hors d'usage : 11 % / <i>11 %</i> déblais et gravats : 10 % / <i>7 %</i>	53 <i>59</i>	légère diminution observée en 2020 alors que parc stable depuis 2012 <i>confirmation de la diminution</i>	croissance jusqu'en 2018 puis baisse pour retour à nouveau observé en 2014 <i>confirmation de la baisse</i>	GP : 63 % PS : 14 % GD : 7 % R : 13 % Non précisé : 3 %	10083 <i>8870</i>	10,1 <i>8,7</i>	Matière / organique : 65 % / <i>66 %</i> ISDND : 24 % / <i>19 %</i> UIOM : 11 % / <i>15 %</i>
Compostage industriel	694 <i>667</i>	8,2 <i>6,788</i>	déchets verts : 64 % / <i>62 %</i> boues : 28 % / <i>30 %</i> biodéchets des ménages : 2 % / <i>3 %</i> matériaux recyclables : 2 % / <i>3 %</i>	75 <i>72</i>	croissance depuis 2004 <i>baisse</i>	croissance depuis 2004 <i>légère baisse</i>	NR	2049 <i>1688</i>	3,51 <i>3,54</i>	Compost : 96 % UIOM : 3 % ISDND : 1 %
Méthanisation	9 <i>16</i>	0,171 <i>0,341</i>	biodéchets et produits alimentaires : 71 % / <i>44 %</i> déchets verts : 25 % / <i>19 %</i>	81 <i>58</i>	croissance jusqu'en 2018. Baisse depuis 2018 <i>augmentation du nombre pour atteindre un record</i>	croissance jusqu'en 2018. Baisse depuis 2018 <i>augmentation de 100 %</i>	NR	NR	0,081 <i>0,236</i>	Compost : 72 % / <i>73 %</i> ISDND : 27 % / <i>22 %</i> UIOM : 1 % / <i>5 %</i>
TMB	45 (35 TMB compostage, 10 TMB-méthanisation) <i>33</i>	2,13 <i>1,809</i>	OMR : 88 % / <i>90 %</i> déchets organiques : 8 % / <i>7 %</i>	NR	augmentation de 2012 à 2016 puis diminution <i>confirmation de la diminution</i>	augmentation de 2012 à 2016 puis diminution <i>confirmation de la diminution</i>	NR	809 <i>614</i>	1,4 <i>1,4</i>	ISDND : 44 % / <i>37 %</i> UIOM : 38 % / <i>37 %</i> Compost : 17 % / <i>23 %</i> Valorisation matière : 1 % / <i>3 %</i>

Type d'installations de traitement	Nombre d'unités	Tonnage entrant (Mt)	Composition principale des déchets entrants	Part du tonnage en provenance des ménages et collectivité (%)	Évolution du parc d'installations	Évolution du tonnage entrant	Modes de gestion	Nombre d'emplois estimés	Tonnage sortant (Mt)	Voies et taux de valorisation (% massique)
UIOM	119 (117 avec dispositif récupération énergétique, 2 sans dispositif de récupération énergétique) 119	14,6 14,374	OMR : 79 % / 80 % DAE : 9 % / 9 % résidus de traitement : 5 % / 5 %	83 82	baisse depuis 2014 <i>stabilisation du nombre</i>	tonnage relativement stable depuis 2012 stabilité <i>confirmation de la stabilité</i>	% du parc : PS : 40 % GD : 50 % R : 8 % GP : 3 %  en % tonnage entrant PS : 36 % GD : 55 % R : 7 % GP : 2 %	4141 4126	2,9 2,9	Valorisation énergétique : 90 % Mâchefers : 84 % / 83 % REFIOM : 14 % ISDN : 2 % / 3 %
ISDND	187 165	17,4 14,248	résidus de traitement : 41 % / 43 % OMR : 26 % / 28 % DAE : 16 % / 13 % encombrants : 10 % / 11 % déblais et gravats : 5 % / 3 %	33 35	baisse depuis 2004 <i>confirmation de la diminution</i>	baisse en 2020 pour atteindre niveau le plus bas observé depuis 2014 (liée à la crise covid) <i>confirmation de la baisse</i>	% du parc : PS : 13 % GD : 6 % R : 26 % GP : 55 %  en % tonnage entrant PS : 5 % GD : 6 % R : 9 % GP : 79 %	1861 1517	Non applicable	Non applicable
NR : non renseigné / GD : gestion déléguée / PS : prestation de service / GP : gestion privée / R : régie TMB : traitement mécano-biologique ; ISDND : installations de stockage de déchets non dangereux ; UIOM : unités d'incinération d'ordures ménagères										

3.1.2.3.2 Nature et tonnage des déchets traités

Selon l'ADEME (2022), les OMR représentent 34 % des déchets entrant dans les ITOM, les déchets organiques 12 % et les matériaux recyclables 11 % (Figure 9). Il est à noter que près d'un tiers des OMR sont composés de déchets organiques.

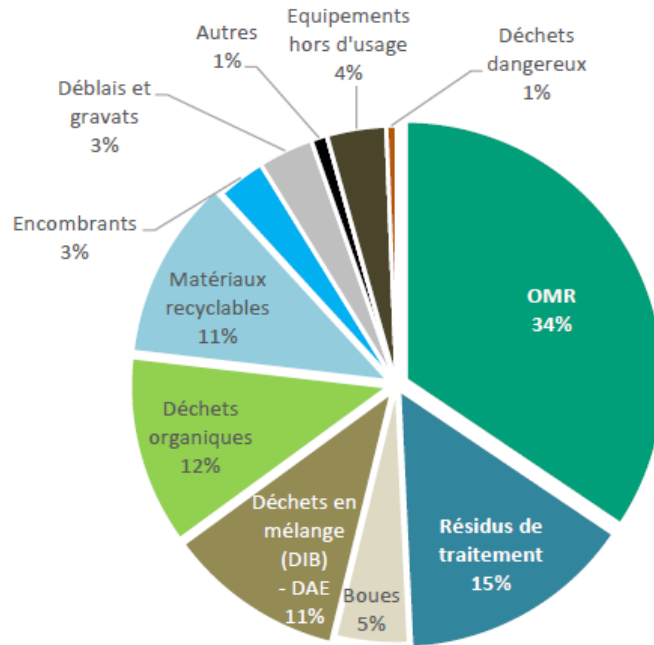
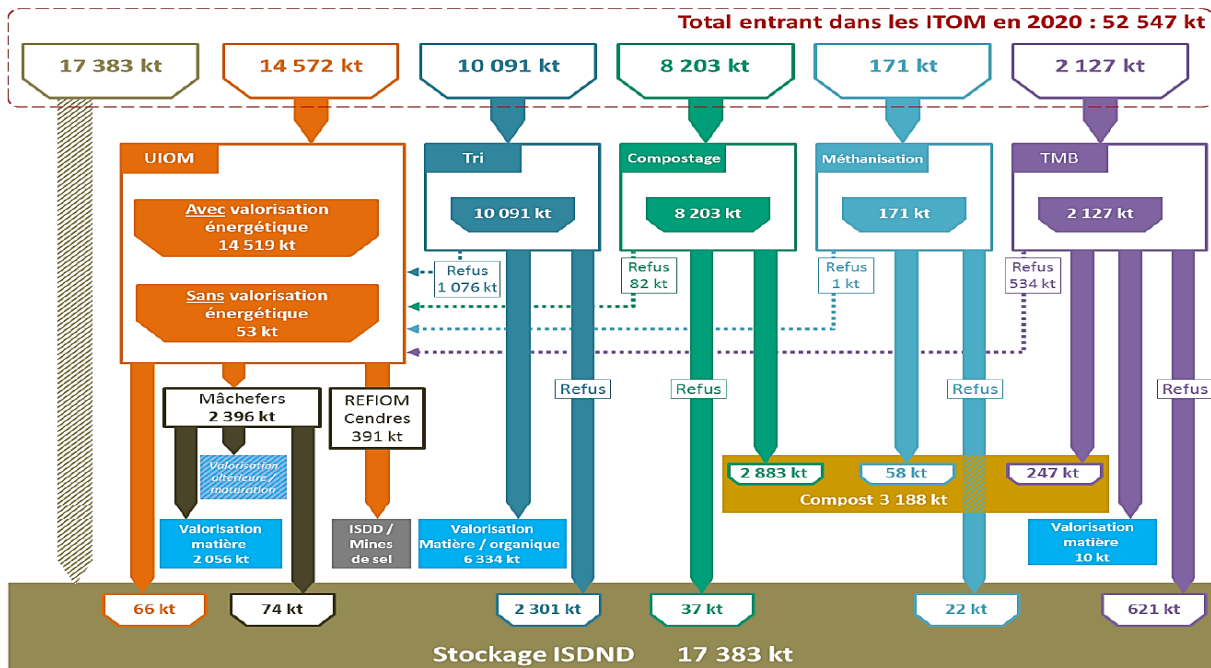


Figure 9. Nature des déchets entrant dans les ITOM (Source : ADEME (2022))<sup>18</sup>

La Figure 10 présente les principaux flux de déchets entrants dans les ITOM en 2020 (ADEME 2022).



TMB = Traitement Mécano-Biologique ; ITOM = Installation de Traitement des Ordures Ménagères

Figure 10. Les principaux flux de déchets en 2020 en France (Source : ADEME (2022))

<sup>18</sup> Ici, les résidus de traitement sont les refus de tri.

Le volume total de déchets ménagers entrés dans les ITOM en 2020 représente 52 547 kt dont le tiers est dirigé vers les ISDND, un quart vers les UIOM et environ un cinquième vers les centres de tri DMA. Le reste se dirige principalement vers le compostage. La méthanisation ne représente que 171 kt des déchets entrants, soit 0,3 %.

Une partie des déchets initialement destinés à être pris en charge dans les installations de tri<sup>19</sup>, compostage, méthanisation ou TMB est finalement redirigée vers les UIOM ou les ISDND ; il s'agit des refus.

La quantité de déchets admis en ISDND pourrait baisser à l'avenir en raison de l'augmentation annuelle depuis 2022 (jusqu'en 2025) de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP). Cette taxe est fondée sur le principe du pollueur-payeur et s'applique à tous les déchets dangereux et non-dangereux n'étant pas exemptés (<https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F23497>). Sont exemptés les déchets faisant l'objet d'une valorisation matière ou organique.

#### ■ OMR

Les deux tiers des OMR sont orientées vers les UIOM, un quart vers les ISDND, moins de 10 % vers les installations TMB.

#### ■ Matériaux recyclables

Ici, les matériaux recyclables représentent les matériaux recyclables pré-triés et excluent les encombrants. Parmi ces matériaux, il y a entre autres les emballages, les papiers, cartons, les métaux et le bois. D'après le rapport d'activité de CITEO & ADELPHÉ (2024), le gisement contribuant des emballages est composé de verres (46 %), de papiers-cartons (25 %), de produits à base de plastiques (22 %), d'acier (4 %) et d'aluminium (2 %)<sup>20</sup>. Les déchets qui composent ces différents gisements proviennent de la collecte de déchets ménagers gérée par les collectivités locales, des déchets de la grande distribution, de l'industrie et des commerces de taille moyenne et des chutes de production.

Les déchets recyclés issus de la collecte sélective sont principalement du verre et du papier-carton (87 %) (CITEO & ADELPHÉ 2021).

A cela s'ajoutent des matériaux (ne provenant pas initialement des ordures ménagères) qui peuvent être extraits du compostage, de la maturation de mâchefer et des installations TMB comme l'acier et l'aluminium. Les taux de recyclage sont alors augmentés pour ces deux matériaux, ce qui explique le taux de recyclage de l'acier supérieur à 100 % dans le Tableau 3. Le verre et l'acier sont les deux matériaux avec le taux de tonnages recyclés le plus élevé. Il est à noter que les chiffres de Citeo ne concernent que les tonnages contribuant des entreprises clientes de Citeo et Adelphé, et que les déchets pris en compte n'ont pas tous une origine ménagère.

<sup>19</sup> 10% (1076 kt parmi les 10091 kt entrés) sont redirigés vers les UIOM et 20% (2301 kt parmi les 10 091 kt entrés) vers les ISDND

<sup>20</sup> 1 % du gisement contribuant est composé par d'autres matériaux.

**Tableau 3. Tonnages contribuant<sup>21</sup>, tonnages recyclés et taux de recyclage (Source : CITEO & ADELPHÉ (2021))**

En kt	Acier	Alu.	Papier carton	Plastique	Verre	Autres	Total
Tonnages contributeurs	275	90	1 192	1 189	2 607	31	5 383
Tonnages recyclés	329	43	759	329	2 210	0	3 670
Taux de recyclage	120%	48%	64%	28%	85%	0%	68%

Le tableau suivant présente les données les plus récentes de CITEO : les données de l'arrêté des comptes 2023.

**Tableau 4. Tonnage contributeur, tonnage recyclé et taux de recyclage (Source : CITEO & ADELPHÉ (2024))**

Tonnage (kt) <sup>22</sup>	Acier	Al.	Papier-Carton	Plastique	Verre	Autre	Total
Contributeur	241	97	1376	1190	2474	27	5405
Recyclé	323	62	1082	431	2220	0	4118
Taux de recyclage	134 %	64 %	77 %	36 %	90 %	0 %	76 %

Al. : aluminium

### 3.1.2.3.3 Évolution des filières de traitement et valorisation

#### ■ Évolution du parc d'ITOM et de la quantité de DMA entrant dans les ITOM

La quantité de déchets orientés en centres de tri de DMA a augmenté de 2000 à 2018 passant de 4,9 Mt à 12,4 Mt, avant de diminuer pour atteindre 8,760 Mt en 2022. Cette diminution est accompagnée d'une baisse du nombre de centres de tri de DMA, passant de 408 centres en 2018 à 351 en 2022, alors que depuis 2012 leur nombre était stable, d'après l'enquête ITOM 2020 (ADEME 2022). Cette baisse peut s'expliquer par une modernisation et une automatisation des centres ainsi que d'un regroupement d'infrastructures et une volonté de rationaliser les coûts, évolutions qui entraînent un traitement de volumes de déchets plus importants dans un nombre réduit d'installations. La baisse du nombre de centres de tri peut s'expliquer aussi par les politiques de réduction des emballages et l'amélioration des processus de recyclage à la source qui réduit la quantité de déchets nécessitant un tri, ainsi que par l'harmonisation des consignes de tri<sup>23</sup> qui facilite le regroupement et l'optimisation des flux de déchets<sup>24</sup>. D'après cette même enquête, 63 % des centres de tri de DMA sont la propriété d'opérateurs privés et représentent un peu plus de 75 % des tonnages entrants ; 13 % des centres de tri de DMA sont en régie et représentent 6 % des tonnages entrants.

La quantité de déchets orientés vers les unités de compostage, ainsi que le nombre de ces unités, sont en croissance quasiment continue depuis 2004, passant de 401 installations pour moins de 5 Mt de déchets entrants à 694 pour 8,2 Mt en 2020 et 667 pour 6,8 Mt en 2022. La baisse entre 2020 et 2022 peut s'expliquer par les mesures politiques prises en France entre

<sup>21</sup> Les tonnages contributeur (ou gisement contributeur) sont les emballages ménagers mis sur le marché français par les entreprises clientes de Citeo ou d'Adelphé.

<sup>22</sup> Données de l'arrêté des comptes 2023.

<sup>23</sup> L'harmonisation des consignes de tri se déroula principalement entre 2016 et 2020.

<sup>24</sup> Le plastique nécessite un tri complexe en raison de la multitude de types de plastiques.

2020 et 2021 pour limiter la propagation du Covid-19 qui ont conduit à une réduction des déchets des producteurs professionnels de biodéchets (comme les restaurateurs). Le parc de TMB s'est créé en 2012 avec 39 unités, a augmenté jusqu'en 2016 avant de diminuer pour atteindre 45 unités en 2020 (ADEME 2022) et 33 en 2022 (ADEME 2024b). Cette tendance à la baisse devrait continuer, en raison du moindre intérêt relatif de disposer de ces unités. En effet, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2024, conformément au droit européen et à la loi anti-gaspillage de 2020, le tri des biodéchets est généralisé et concerne tous les professionnels et les particuliers. Les OMR représentant 88 % des déchets entrant dans les TMB. Cela a donc entraîné une baisse du nombre d'emplois dans ce type d'ITOM, passant de 809 en 2020 (ADEME 2022) à 614 en 2022 (ADEME 2024b). Cette baisse pourrait continuer.

Les tonnages entrant dans les UIOM sont stables malgré une légère baisse de leur nombre (passant de 131 en 2004 à 119 en 2020). Ceux entrant dans les ISDND sont stables malgré une baisse du nombre d'ISDND passant de 322 en 2004 à 165 en 2022. Ces baisses devraient se confirmer dans le temps en raison de l'application des lois sur le tri à la source susmentionnées.

#### ■ Évolution des activités de recyclage

Le Tableau 5 propose une synthèse des chiffres clés relatifs aux différentes voies de recyclage.

**Tableau 5. Synthèse des chiffres clés relatifs aux différentes voies de recyclage (CITEO & ADELPHÉ (2024), COPACEL (2022))**

	Gisement	Tonnage collecté (évolution depuis 2012)	Tonnage matière produite / recyclée (évolution depuis 2012)	Sites	Emplois
<b>Papiers et cartons</b>	8434 kt (consommation apparente de l'année 2021 = production + importation + exportation)	7 820 kt	Ouate de cellulose : NR Pâte à papier recyclée à partir de PCR : 5 249 (+ 4 % depuis 2012) Production de l'année 2022 = 7092 A diminué depuis 2012	81 usines pour 70 entreprises	10 459 salariés
<b>Plastiques</b>	3,76 Mt (+3 % depuis 2018)	1327 kt (+142 %) Dont emballages ménager 353 kt	Valorisation énergie/enfouissement : 2831 kt Export déchets non régénérés ; 3452 kt (-33 %) Régénération ; 550 kt	Régénération : au moins 38 entreprises	Régénération : au moins 1532 salariés
<b>Verre</b>	verre plat : estimé à 250 kt Verre creux : 2961 kt dont 2560 kt verre creux ménager	2730 kt Dont verre creux usagés ménagers : 2 252 kt (verre creux usagés total : 2304 kt). (entre +2 % et +4 % depuis 2017)	Laine de verre : NR Calcin : export 328 kt (+90 %) ; utilisation nationale : 2 540 kt (+8 %)	14 centres de traitement de calcin (idem 2012) 17 verrerie de verre creux intégrant du verre ménager recyclé	NR
<b>Acier / métaux ferreux</b>	Non connu	12 900 kt dont 323 kt issus de déchets d'emballages ménagers	Export : 7 128 kt (+14 %) Préparation ferraille : NR Incorporation de ferraille sidérurgie : 6026 kt -31,8 % Incorporation fonderie : NR		

Aluminium	Non connu	767 kt (+20 %) dont 49 kt issus d'emballages ménagers	Recyclage direct : 282 kt (+3 %) Affinage : 143 kt (-25 %) Export de déchets d'Al : 566 kt (+27 %)	Affinage et recyclage direct : 16 entreprises dont 9 affineurs	320 salariés dans le recyclage par affinage
NR : non renseigné					

#### 3.1.2.3.4 Données relatives aux emplois

Le Tableau 2 présente notamment les données disponibles relatives à l'emploi dans les différentes ITOM d'après l'ADEME (ADEME 2024b, 2022). Avec 8870 emplois en 2022, les centres de tri sont les installations qui emploient le plus de salariés. Cela représente près de 53 % des emplois dans les ITOM, selon les données disponibles.

Il est difficile de comptabiliser les emplois générés par les unités de méthanisation accueillant plus de 10 % de DMA car le chiffre de l'emploi concerne l'ensemble des unités. Or, la France compte plus de 1 000 unités (1 018 en 2020 selon l'ADEME, 1 075 selon une mission d'information du Sénat, 1 244 en 2021 selon Ifip, Itavi et Idele et 1 705 en 2022 d'après MéthaFrance) dont seulement 16 sont d'intérêt pour ce rapport (Tableau 2).

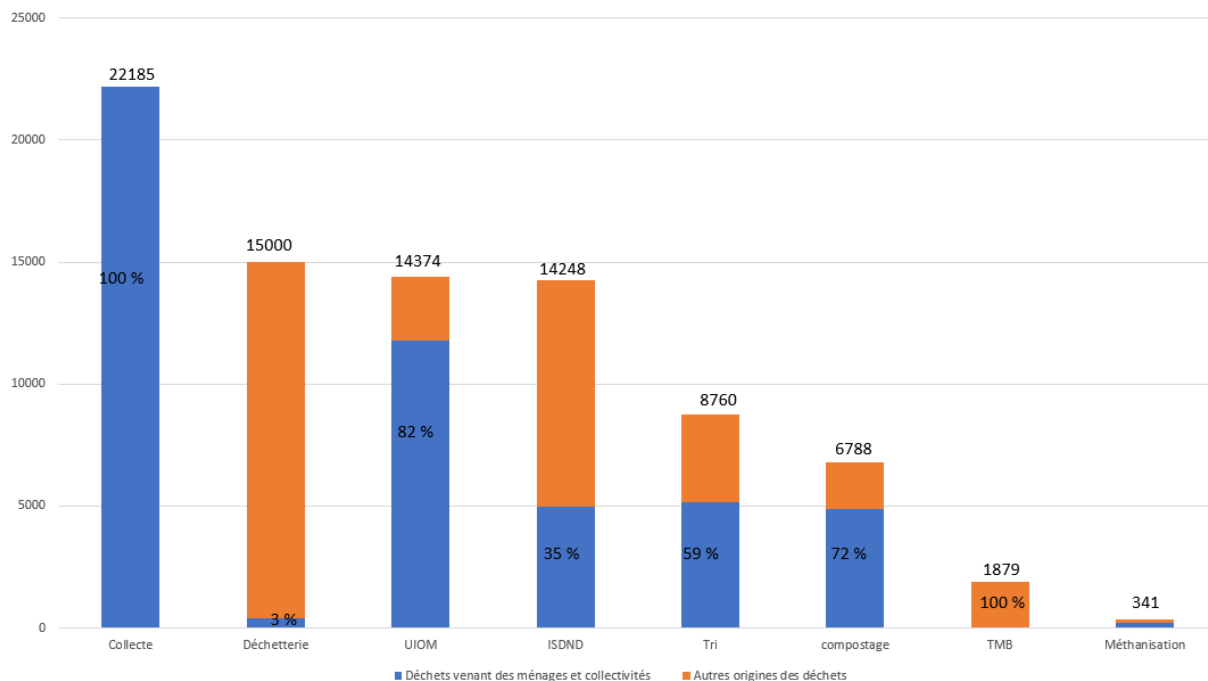
Les chiffres concernant le nombre de personnes travaillant dans le secteur du recyclage varient selon les sources. Le Conseil national de l'industrie<sup>25</sup> indique que la filière « transformation et valorisation des déchets » génère 112 000 emplois directs (équivalent temps plein) en 2019, Alliance recyclage indique 134 000 en 2024, FEDEREC indique 34 500 emplois dans le secteur qui inclus des filières non prises en compte dans cette étude (comme la filière BTP, textiles ou DEEE) alors que d'après les sources utilisées dans le Tableau 5, les filières représentent au moins 12 311 emplois. Il est difficile d'obtenir des chiffres précis dans le secteur du recyclage étant données les croisements de flux (des ménages et des industries) et les informations des fédérations qui comptabilisent les emplois de l'ensemble de la filière du recyclage et non seulement les emplois dans le recyclage.

### 3.1.3 Conclusions

Les figures ci-dessous représentent le classement des étapes en fonction du nombre d'unités, de la quantité de déchets provenant de ménages et collectivités et du nombre d'emplois.

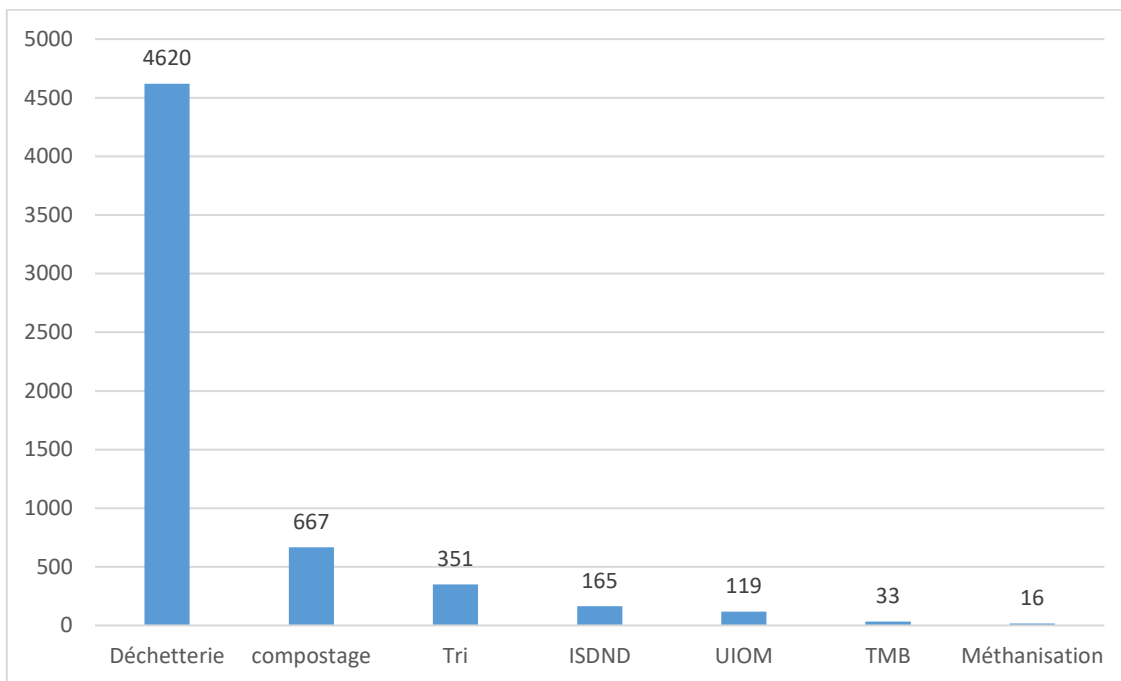
Certaines étapes prennent en charge des flux beaucoup plus larges que les seuls déchets ménagers. C'est notamment le cas des déchetteries, des centres de tri ou des installations de stockage. L'obtention de données robustes sur les emplois est très difficile. La multi-activité de certains sites et l'entremêlement des flux de déchets ne permet pas toujours d'associer de façon certaine un travailleur à une étape.

<sup>25</sup> Contrat de filière transformation et valorisation des déchets 2019-2022



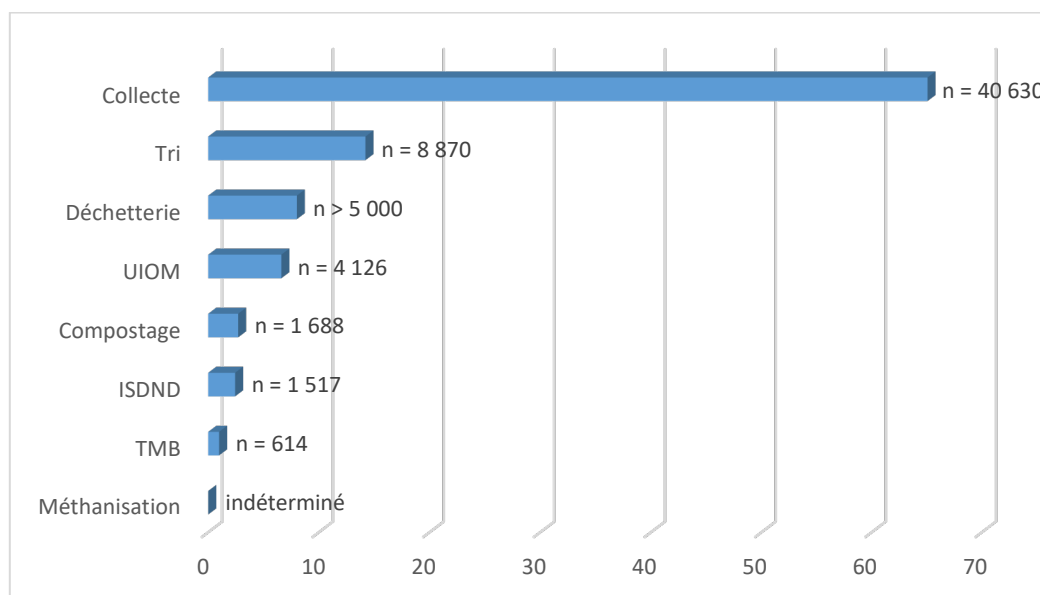
Sources : données de 2022 pour les ITOM et de 2019 pour la collecte hors déchetterie et celle en déchetterie.

Figure 11. Classement des étapes selon les quantités de déchets entrant et pourcentages de répartition des déchets entrant selon leur origine



Sources : données de 2022 pour les ITOM et 2021 pour les déchetteries (la collecte hors déchetterie n'est pas représentée par manque de données)

Figure 12. Classement des étapes selon le nombre d'unités/installations estimé



Sources : données de 2021 (Cnam) pour la collecte hors déchetterie, 2022 pour les ITOM et calcul réalisé pour les déchetteries considérant le nombre de déchetteries de 2021 et un minimum de 1 employé par site

**Figure 13. Classement des étapes selon le nombre d'emplois estimés**

### Perspectives d'évolution des étapes :

#### Tendances à la hausse :

→ Le nombre de centres de tri tend à diminuer depuis 2018 en raison de leur modernisation et leur automatisation, d'un regroupement d'infrastructures, d'une mutualisation et une rationalisation des coûts, et d'une harmonisation des consignes de tri. En parallèle, dans la lignée des 10 dernières années, cette étape est contrainte d'absorber des volumes de recyclables croissants d'une part, sous l'impulsion réglementaire de l'extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques, et d'autre part, en conséquence de la forte diminution des exportations notamment en Chine suite au renforcement des critères d'acceptation sur son territoire pour les déchets plastiques et autres constituants des emballages. L'évolution des activités en centres de tri est attendue à la hausse.

→ La quantité de déchets orientés vers les unités de compostage ainsi que le nombre de ces unités sont en croissance continue depuis 2004 (hormis une légère baisse entre 2020 et 2022 qui semble être anecdotique). L'application en 2020 puis 2024 de la loi sur le tri à la source (cf 3.2.2.2) devrait entraîner une meilleure prise en charge des biodéchets des ménages dans des filières spécifiques et ainsi induire une évolution à la hausse des activités de compostage et méthanisation.

#### Tendances à la baisse :

→ L'application en 2020 et 2024 de la loi sur le tri à la source (cf 3.2.2.2) induit une meilleure prise en charge des biodéchets dans des filières spécifiques qui devrait entraîner une baisse des volumes d'OMR (dont le tiers était jusqu'à présent composé de biodéchets alimentaires) et ainsi une diminution des volumes de déchets pris en charge lors des activités de collecte ainsi que dans les installations d'incinération et de stockage.

→ Les installations TMB sont récentes, ce qui explique que peu de données sont disponibles pour le moment. De plus, leur utilisation risque de diminuer en raison des incitations au tri à la source. Pour ces raisons, elles ne seront pas plus approfondies dans la suite de l'expertise.

### Tendances incertaines :

Considérant notamment l'hétérogénéité des installations et des déchets pris en charge, aucune tendance d'évolution n'a pu être dégagée pour les déchetteries. Le peu de données disponibles concernant le recyclage n'a pas non plus permis de dégager une tendance d'évolution pour cette étape.

## **3.2 Historique de l'encadrement réglementaire**

L'objectif de ce chapitre est de :

- comprendre l'influence des évolutions réglementaires européennes et françaises sur la variation des flux de déchets pour en déduire les filières de traitement de déchets susceptibles de se développer dans l'avenir ;
- faire un état des lieux sur la réglementation et les normes relatives à la santé et sécurité des travailleurs des déchets.

### **3.2.1 Méthode**

La réglementation européenne relative à la gestion des déchets est fondée sur différentes directives communautaires. Dans la suite du rapport, la réglementation française transposant ces dispositions dans des lois, décrets, arrêtés, et circulaires relatifs à l'encadrement des installations relevant de la filière des ordures ménagères, ainsi que ceux concernant les mesures de prévention générales et spécifiques aux travailleurs de la filière de gestion des déchets ont été principalement identifiés à partir d'une recherche par mots-clés sur internet et sur le site officiel du gouvernement français pour la publication des textes légaux et la diffusion des décisions juridiques de droit français « Légifrance » (<https://www.legifrance.gouv.fr/>).

Il ne s'agit pas de réaliser un bilan exhaustif mais de lister les principaux textes réglementaires permettant notamment de retracer l'historique des évolutions réglementaires autour de la prise en charge des OM. Certains textes de portée générale sont spécifiquement cités de par leur caractère fondateur, et certaines des prescriptions réglementaires applicables aux différentes activités de prise en charge des OM sont rappelées. Une partie des éléments ont notamment été repris du rapport (Anses 2019a).

### **3.2.2 Encadrement des activités de prise en charge des déchets**

#### **3.2.2.1 Prescriptions réglementaires générales (toutes activités confondues)**

La première loi française sur la gestion des déchets a été adoptée en 1975 suite à la directive cadre européenne de 1975. Cette loi définit les responsabilités des communes en matière de collecte et d'élimination des déchets des ménages et instaure le principe du pollueur payeur.

Les réglementations qui ont suivi ont conduit à des évolutions des modes de collecte et de traitement des déchets, avec pour objectif de réduire les déchets à la source et de favoriser leur recyclage ou leur réutilisation.

La frise chronologique ci-dessous (Figure 14) présente les principaux textes régissant les déchets en France et en Europe. Le détail de chacun des textes est précisé ci-après.

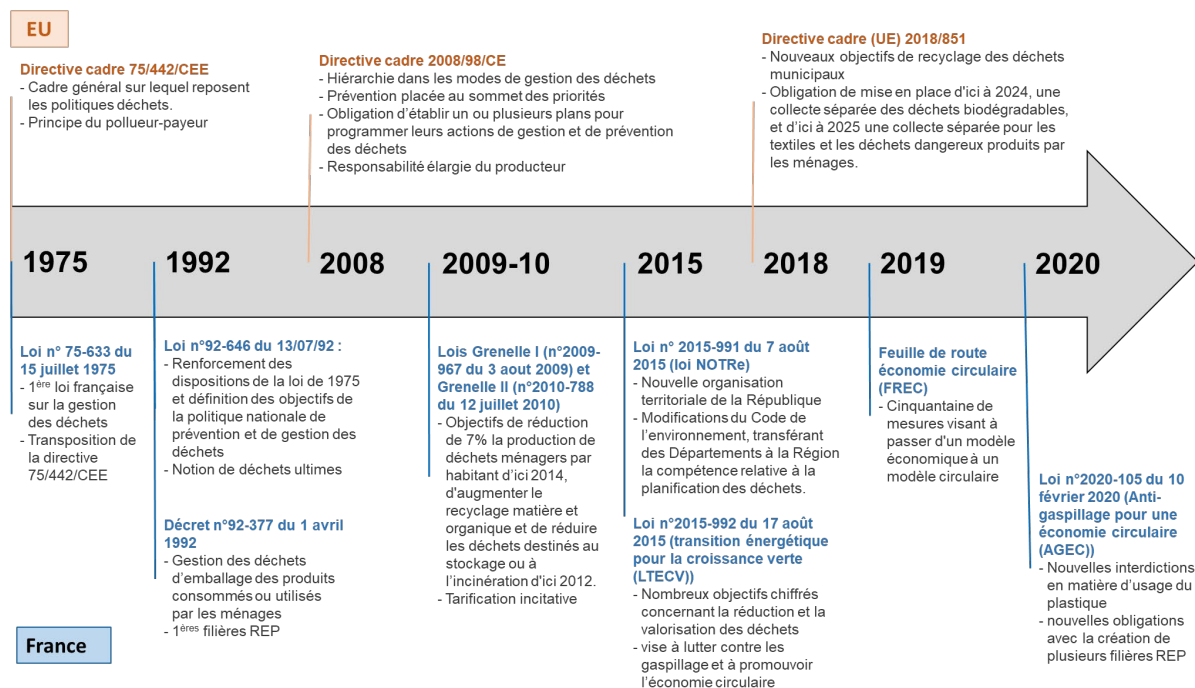


Figure 14 : Principaux textes réglementaires européens et français relatifs à la gestion des déchets

**Première loi française sur la gestion des déchets = Loi n°75-633 du 15/07/1975** : Définition du déchet et des responsabilités : Cette loi est relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux - définit la notion de déchet ; - applique le principe du pollueur-payeur, qui attribue la charge du traitement et de l'élimination des déchets à leurs producteurs ; - confie la responsabilité de l'élimination des déchets des ménages aux communes ou aux groupements constitués entre elles ; - incite les producteurs de déchets à diminuer le volume de débris détruits et à valoriser les matériaux lorsque cela est possible ; - prévoit que le transport, l'élimination des déchets soient des activités réglementées et que la récupération des matériaux ou de l'énergie puisse être réglementée pour son essor.

**Loi n°92-646 du 13/07/1992** : stockage des déchets ultimes. Loi relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Les dispositions de la présente loi ont pour objet de : - prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la fabrication et sur la distribution des produits ; - organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume ; - valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie ; - assurer l'information du public sur les effets pour l'environnement et la santé publique des opérations de production et d'élimination des déchets, sous réserve des règles de confidentialité prévues par la loi, ainsi que sur les mesures destinées à en prévenir ou à en compenser les effets préjudiciables.

**Loi n°2009-967 Grenelle 1 du 3/08/2009** : prévention des déchets, en promouvant notamment l'écoconception : organise la gouvernance à long terme et énonce les instruments

de la politique mise en œuvre pour lutter contre le changement climatique et s'y adapter, préserver la biodiversité ainsi que les services qui y sont associés, contribuer à un environnement respectueux de la santé, préserver et mettre en valeur les paysages.

**Loi n°2010-788 Grenelle 2 du 12/07/2010** : diminution de 15 % des quantités de déchets partant en stockage ou en incinération et « Mieux valoriser les déchets organiques » : cette loi portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle 2, codifiée à l'article L. 541-21-1 du code de l'environnement, prévoit que les personnes qui produisent ou détiennent une quantité importante de biodéchets sont tenues d'en assurer le tri à la source en vue de leur valorisation organique.

L'obligation de tri consiste à ne pas mélanger les déchets organiques avec les autres déchets (emballages par exemple). Cette obligation doit contribuer à l'atteinte de différents objectifs du Grenelle de l'environnement : - l'objectif de 75 % de recyclage des déchets non dangereux d'activités économiques hors bâtiment et travaux publics, agriculture et industries agroalimentaires. - la diminution de 15 % des quantités de déchets partant en stockage ou en incinération. - la mise en œuvre de l'axe 3 « Mieux valoriser les déchets organiques » du Plan Déchets pour les années 2009-2012, qui prévoit notamment un doublement entre 2009 et 2015 des capacités de valorisation biologique des déchets.

**Loi n°2015-991 du 7/08/2015**, dite Loi « NOTRe » : plan régional de prévention et de gestion des déchets, compétence déchets aux EPCI ; renforce le rôle de la région en matière de développement économique. La région a également la charge de l'aménagement durable du territoire. Elle rédige un schéma régional d'aménagement durable du territoire (SRADDT) dans lequel figurent les orientations stratégiques en matière d'aménagement du territoire, mobilité, lutte contre la pollution de l'air, maîtrise et valorisation de l'énergie, logement et gestion des déchets.

**Loi n° 2015-992 de transition énergétique pour la croissance verte du 17 aout 2015 (LTECV)** : fixation des grands objectifs d'un nouveau modèle énergétique français. Elle vise à encourager une « croissance verte » en réduisant la facture énergétique de la France et en favorisant des énergies dites « nouvelles », propres et sûres. Elle comporte aussi des dispositions favorisant l'économie circulaire et une meilleure gestion des déchets en luttant contre les gaspillages et en promouvant l'économie circulaire, de la conception des produits à leur recyclage. Concrètement, pour limiter les déchets ménagers, à compter du 1er janvier 2016, sont interdits les sacs de caisse en matières plastiques à usage unique destinés à l'emballage de marchandises au point de vente. A partir du 1er janvier 2020, il est mis fin à la mise à disposition des gobelets, verres et assiettes jetables de cuisine pour la table en matière plastique, sauf ceux compostables en compostage domestique et constitués, pour tout ou partie, de matières biosourcées. Il y est également inscrit de réduire de 50 % la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025 et de découpler progressivement la croissance économique et la consommation de matières premières.

**Loi n°2020-105 du 10/02/2020 relative à l'Anti-gaspillage pour une économie circulaire (AGEC)** : - Objectifs stratégiques de gestion et de prévention de la production de déchets ; - information du consommateur ; - favoriser le réemploi et la réutilisation ainsi que l'économie de la fonctionnalité et servicielle dans le cadre de la lutte contre le gaspillage ; - la responsabilité des producteurs ; - lutte contre les dépôts sauvages ; - Obligation du tri à la source des biodéchets.

### 3.2.2.2 Prescriptions réglementaires spécifiques aux étapes/installations de prise en charge des déchets

#### Collecte

Depuis la [loi n°96-142 du 21 février 1996](#) relative à la partie législative du Code général des collectivités territoriales (CGCT), il est instauré la responsabilité des communes pour l'élimination des déchets des ménages (Article L2224-13 du CGCT). Cette compétence est obligatoirement transférée à la communauté de communes, communauté d'agglomérations ou communauté urbaine à laquelle appartient la commune.

Le [décret n° 2016-288 du 10/03/2016](#) portant diverses dispositions d'adaptation et de simplification dans le domaine de la prévention et de la gestion des déchets modifie les dispositions réglementaires relatives à l'économie circulaire et à la prévention et la gestion des déchets. Il modifie les règles applicables à la collecte des ordures ménagères par le service public de gestion des déchets. Il prévoit de nouvelles mesures pour le tri et la collecte séparée par les producteurs ou détenteurs de déchets de papier, de métal, de plastique, de verre et de bois.

La [loi n°2020-105 dite loi AGECE](#) prévoit que les **collectivités locales** doivent proposer davantage de **collectes séparées de déchets aux ménages** afin de développer leur **recyclage** : sont concernés le papier, le carton, les métaux, les plastiques, le verre, le plâtre, les fractions minérales, le bois, les textiles et les déchets dangereux.

Il existe par ailleurs différentes normes portant sur les véhicules de collecte de déchets (VCD) applicables à la conception et à la fabrication des VCD à chargement arrière, latéral, et frontal en vue de garantir que les véhicules puissent accomplir leur fonction prévue et être utilisés, nettoyés, réglés et entretenus durant leur durée de vie entière, à savoir :

- [NF EN 1501-1 \(2021\)](#) : Véhicules de collecte de déchets - Exigences générales et exigences de sécurité - Partie 1 : véhicules de collecte de déchets à chargement arrière.
- [NF EN 1501-2 \(2021\)](#) : Véhicules de collecte de déchets - Exigences générales et exigences de sécurité - Partie 2 : véhicules de collecte de déchets à chargement latéral.
- [NF EN 1501-3 \(2021\)](#) : Véhicules de collecte de déchets - Exigences générales et exigences de sécurité - Partie 3 : véhicules de collecte des déchets à chargement frontal

D'autres normes sont relatives aux bennes de collecte (détermination et la déclaration des émissions sonores des bennes de collecte des déchets), et aux lève-conteneurs (dangers significatifs, situations et phénomènes dangereux importants), et d'autres spécifiques aux lève-conteneurs utilisés pour le vidage des conteneurs à déchets prévus dans les VCD et à leur installation sur le VCD lorsqu'ils sont utilisés conformément aux attentes et dans des conditions de mauvaise utilisation raisonnablement prévisibles par le fabricant durant toute leur durée de vie prévue :

- [NF EN 1501-4 \(2007\)](#) : Bennes de collecte des déchets et leurs lève-conteneurs associés - Exigences générales et exigences de sécurité - Partie 4 : code d'essai acoustique des bennes de collecte des déchets
- [NF EN 1501-5 \(2021\)](#) : Véhicules de collecte de déchets - Exigences générales et exigences de sécurité - Partie 5 : lève-conteneurs pour véhicules de collecte de déchets

## Tri

L'obligation de tri à la source et de collecte séparée de certains flux de déchets (au minimum papier, plastique, métal et verre) a été instaurée par la directive 2008/98/CE, et transposée notamment par les lois LTECV et AGEC. Le tri actuel à la source de 9 flux de déchets (cartons ou papier, métal, plastique, bois, verre, plâtre, fractions minérales, textile et biodéchets) est issu d'une mise en place progressive, suite à différentes évolutions réglementaires :

- Loi sur le tri sélectif ([loi n°2009-967 « Grenelle I » du 3 août 2009](#)) : obligation pour les entreprises et les particuliers de trier les déchets pour les valoriser
- Loi n°2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ;
  - 1er janvier 2016 - Obligation du tri à la source pour les gros producteurs de biodéchets (seuil à plus de 10 t/an) ;
  - [Décret n°2016-288 du 10 mars 2016](#) portant diverses dispositions d'adaptation et de simplification dans le domaine de la prévention et de la gestion des déchets avec la section 3 instaurant des mesures relatives au tri à la source, appelé décret « 5 flux » : papier, métaux, plastiques, verre, bois ;
  - [Décret n° 2021-950 du 16 juillet 2021](#) relatif au tri des déchets de papier, de métal, de plastique, de verre, de textiles, de bois, de fraction minérale et de plâtre appelé décret « 7 flux » qui prévoit de nouvelles mesures pour le tri et la collecte séparée par les producteurs ou détenteurs de déchets de papier, de métaux, de plastiques, de verre et de bois et où s'est ajouté les déchets de fraction minérale et de plâtre. Le décret prévoit également l'ajout des déchets de textiles à partir du 1er janvier 2025.
- [Loi n°2020-105 relative à l'Anti-gaspillage pour une économie circulaire \(AGEC\)](#)
  - 1er janvier 2023 - Abaissement du seuil d'obligation de tri des biodéchets (5 t/an) ;
  - 31 décembre 2023 - Disparition du seuil d'obligation de tri des biodéchets ;

## Recyclage

- [Arrêté du 18/11/2011](#) relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (modifié par arrêté du 27 juillet 2012 modifiant divers arrêtés relatifs au traitement de déchets) : définitions des règles relatives au recyclage des mâchefers en technique routière.
- La loi sur le tri sélectif ([loi n°2009-967 « Grenelle I » du 3 août 2009](#)) oblige les entreprises et les particuliers à trier les déchets pour les valoriser. Elle encourage également le développement de systèmes de recyclage plus performants et l'utilisation de matériaux durables dans la production de produits.

## Compostage

- [Arrêté du 21/08/2007](#) modifiant l'arrêté du 5 septembre 2003 portant mise en application obligatoire de normes : cet arrêté rend notamment obligatoire la norme NF U 44-051 (avril 2006) sur les amendements organiques et fixe des exigences concernant l'innocuité des composts obtenus à partir de matières végétales et/ou animales ou de la fraction fermentescible de déchets ménagers.
- [Arrêté du 22/04/2008 modifié par l'arrêté du 27 mai 2021](#) sur les installations de compostage : règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à autorisation : exploitation et déroulement du procédé de compostage, consommation d'eau, etc..

- [Arrêté du 09/04/2018](#) fixant les dispositions techniques nationales relatives à l'utilisation de sous-produits animaux et de produits qui en sont dérivés, dans une usine de production de biogaz, une usine de compostage ou en « compostage de proximité » et à l'utilisation du lisier
- [Arrêté du 17/12/2019](#) pour le compostage et la méthanisation : meilleures techniques disponibles (MTD) applicables à certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation et de la directive IED (*Industrial Emissions Directive*).
- [Loi n°2020-105 du 10/02/2020 contre le gaspillage et pour l'économie circulaire \(AGEC\)](#) : les collectivités territoriales (communes ou communautés de communes) devront proposer les solutions permettant aux ménages d'effectuer le tri à la source des déchets alimentaires **à partir du 1er janvier 2024**. Solutions multiples possibles : mise à disposition de composteurs individuels/collectifs, de poubelles individuelles ou de conteneurs collectifs pour une collecte spécifique en benne à ordures, comme il en existe déjà pour les emballages ou le verre. L'objectif est de valoriser ces biodéchets, sous forme de compost ou de combustible (méthanisation).
- [Arrêté du 15 mars 2022](#) listant les emballages et déchets compostables, méthanisables et biodégradables pouvant faire l'objet d'une collecte conjointe avec des biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source

### **Méthanisation**

- Arrêté du 09/04/2018 fixant les dispositions techniques nationales relatives à l'utilisation de sous-produits animaux et de produits qui en sont dérivés, dans une usine de production de biogaz, une usine de compostage ou en « compostage de proximité » et à l'utilisation du lisier
- [Arrêté du 17/12/2019](#) relatif aux meilleures techniques disponibles (MTD) applicables à certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation et de la directive IED (*Industrial Emissions Directive*)
- [Loi n°2020-105 \(loi AGECE\)](#) : Dans les solutions multiples déjà présentés, il y a la mise à disposition de composteurs individuels/collectifs, de poubelles individuelles ou de conteneurs collectifs pour une collecte spécifique en benne à ordures, comme il en existe déjà pour les emballages ou le verre. L'objectif est de valoriser ces biodéchets, sous forme de compost ou de combustible (méthanisation).
- [Arrêté du 15 mars 2022](#) listant les emballages et déchets compostables, méthanisables et biodégradables pouvant faire l'objet d'une collecte conjointe avec des biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source

### **Incineration**

- [Directive 89/369/CEE du 08/06/1989 \(abrogée par la Directive 2000/75/CE\)](#) concernant la prévention de la pollution atmosphérique en provenance des nouvelles installations d'incinération des déchets municipaux (valeurs limites d'émission et conception des installations nouvelles d'incinération des déchets municipaux de manière à protéger la santé humaine et l'environnement).
- [Directive 89/429/CEE du 21/06/1989 \(abrogée par la Directive 2000/75/CE\)](#) concernant la réduction de la pollution atmosphérique en provenance des installations existantes d'incinération des déchets municipaux.
- [Arrêté du 25/01/1991 \(abrogé depuis le 28 décembre 2005 par arrêté du 20/09/2002\)](#) concernant les conditions d'évacuation des gaz de combustion vers

l'atmosphère, conditions d'incinération, autosurveillance, normes d'émission, bruit : l'installation sera construite, équipée et exploitée de façon que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits aériens ou de vibrations mécaniques susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou de constituer une gêne pour sa tranquillité.

- [Directive n°2000/76/CE du 04/12/2000 \(abrogée par la Directive 2010/75/CE relative aux émissions industrielles \(prévention et réduction intégrées de la pollution\)\)](#) dont l'objectif est de prévenir ou de limiter dans toute la mesure du possible les effets négatifs de l'incinération et de la co-incinération de déchets sur l'environnement et en particulier la pollution due aux émissions dans l'air, le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines, ainsi que les risques qui en résultent pour la santé des personnes.
- [Arrêté du 20/09/2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux \(modifié par arrêtés du 10 février 2005, du 3 août 2010, du 18 décembre 2012, du 7 décembre 2016, du 24 août 2017 et du 21 juin 2018\)](#) concernant la conception et l'aménagement général des installations.
- [Directive 2010/75/UE du 24/11/2010 relative aux émissions industrielles](#)
- [Arrêté du 18/12/2012](#) qui définit des valeurs limites d'émission issue de la transposition de la directive 2010/75/UE
- [La loi de transition énergétique pour la croissance verte \(17/08/2015\)](#) prévoit qu'il faut « assurer la valorisation énergétique des déchets qui ne peuvent être recyclés en l'état des techniques disponibles ».
- [Arrêté du 07/12/2016](#) modifiant l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux qui définit dans quel cas une opération d'incinération de déchets non dangereux peut être qualifiée d'opération de valorisation ou d'opération d'élimination. Le présent arrêté assure la transposition du facteur de correction climatique et l'intègre dans le calcul de la performance énergétique des installations d'incinération des déchets municipaux et assimilés.

#### ➤ **Stockage**

- [Loi n°75-633 du 15/07/1975](#) : définition du déchet (objet dont la valeur économique est considérée comme négative ou nulle par son propriétaire à un moment donné) et des responsabilités.
- [Loi n°92-646 du 13/07/1992](#) : seuls les déchets ultimes peuvent être stockés.
- [La loi n°2015-992 de transition énergétique pour la croissance verte \(17/08/2015\)](#) prévoit de réduire de 50 % la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025.
- [Arrêté du 15/02/2016 \(modifié par arrêtés du 24 août 2017 et du 7 août 2023\)](#) relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux : les dispositions du présent arrêté mettent à jour l'encadrement technique des installations de stockage de déchets non dangereux en fonction des évolutions technologiques, notamment des bonnes pratiques en matière de barrières d'étanchéité passive et active, de mise en place du réseau de captage de biogaz dès le début de sa production et d'exploitation des casiers en mode bioréacteur. L'arrêté ministériel actualise également la liste des déchets admissibles en installations de stockage de déchets non dangereux.
- [Loi n°2020-105 \(loi AGECE\) du 10/02/2020](#) : à compter du 31/12/2023, le tri et la valorisation des biodéchets deviennent obligatoires pour tous. La charge organique du lixiviat et la production de biogaz devraient diminuer.

- [Décret n° 2021-838 du 29/06/2021](#) : il prévoit les modalités d'application de l'article 91 de la loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire concernant la justification de la performance des installations de valorisation et l'encadrement du prix des déchets et refus de tri admis en priorité dans les installations de stockage. Il définit également les sanctions pénales relatives au non-respect de ces dispositions.
- [Décret n° 2021-1199 du 16/09/2021](#) relatif aux conditions d'élimination des déchets non dangereux : il a pour objet l'interdiction de stockage des déchets non dangereux non inertes valorisables et la justification du respect des obligations de tri avant élimination par mise en décharge ou incinération.

➤ **Transfert et transport**

- [Loi n°75-633 du 15/07/1975](#) Définition du déchet et des responsabilités : Cette loi est relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Elle prévoit que le transport, l'élimination des déchets soient des activités réglementées et que la récupération des matériaux ou de l'énergie puisse être réglementée pour son essor.
- [Loi n°92-646 du 13/07/1992](#) : stockage des déchets ultimes. Parmi les dispositions de la présente loi : organiser le transport des déchets et le limiter en distance et en volume.

### 3.2.3 Encadrement réglementaire pour la santé et sécurité des travailleurs des déchets

#### 3.2.3.1 Prescriptions générales de prévention applicables aux travailleurs des déchets

En France, les travailleurs de la gestion des déchets sont soumis à plusieurs prescriptions réglementaires générales, visant à garantir leur santé et leur sécurité. Ainsi, le Code du travail impose aux employeurs de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale de leurs salariés. Ils doivent notamment assurer l'information et la formation des travailleurs, évaluer les risques professionnels, et mettre en place des actions de prévention pour éviter ces risques.

Plus précisément, des dispositions relatives au Code du travail s'appliquent aux travailleurs de la gestion des déchets. Par ailleurs, les installations de gestion des déchets sont soumises à une réglementation environnementale visant à prévenir les risques, nuisances et pollutions qu'elles sont susceptibles de créer.

Un état des lieux de la réglementation et des politiques publiques en matière de gestion i) des déchets et ii) de la santé des travailleurs du secteur a été étudié dans le cadre de la première expertise relative aux risques sanitaires pour les professionnels de la gestion des déchets en France. Ces derniers ne font pas l'objet d'une régulation particulière en termes de santé au travail. Les réglementations et dispositifs qui s'appliquent sont génériques, institués dans le Code du travail. A l'échelle européenne, des directives quant à la santé et à la sécurité au travail ont été établies. En France, la loi n°2002-73 du 17/01/2002 de modernisation sociale de 2002 a présenté quelques ajustements par rapport aux dispositions existantes. Le principe de la prévention primaire soutenue par l'évaluation des risques a été acté. Une surveillance médicale renforcée a été mise en place pour certains travailleurs exposés à des dangers. De nouveaux instruments ont également été adoptés : le document unique synthétisant les

résultats de l'évaluation de risques ; le contrôle des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) ou encore la fiche de prévention des expositions.

### 3.2.3.2 Dispositions générales pour le suivi médical (code du Travail)

#### ***Dans le secteur privé***

La surveillance médicale des travailleurs en France est définie par la loi n° 2016-1088 du 8 août 2016 relative au travail, à la modernisation du dialogue social et à la sécurisation des parcours professionnels avec ses décrets d'application. Notamment, la surveillance de l'état de santé des travailleurs, assurée par les services de prévention et de santé au travail, est définie en fonction des risques concernant la santé et sécurité des travailleurs, celle des tiers, des effets de l'exposition aux facteurs de risques professionnels des travailleurs, et de leur âge (Article L4622-2 du Code du travail). Cette surveillance varie donc, en fréquence et en modalités, en fonction des risques professionnels évalués par l'employeur avec le concours du service de prévention et de santé au travail.

De manière générale, tout travailleur bénéficie d'un suivi de santé individuel, simple (suivi individuel simple, SIS) ou adapté (suivi individuel adapté, SIA) dans certaines situations (handicap, travail de nuit...).

Les travailleurs exposés à des facteurs de risques ou affectés à un poste particulier, définis dans l'article R 4624-23 du Code du travail, doivent bénéficier d'un suivi individuel renforcé (SIR). Il s'agit notamment pour les travailleurs des déchets, des situations de travail comme la conduite d'équipements de travail automoteurs et d'appareils de levage nécessitant une autorisation de conduite, la réalisation d'opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage nécessitant une habilitation électrique, la manutention manuelle de plus de 55kg, l'exposition aux agents CMR<sup>26</sup>, aux agents biologiques des groupes 3 et 4<sup>27</sup> qui amènent les travailleurs concernés à bénéficier d'un suivi individuel renforcé.

#### ***Dans le secteur public***

Le suivi médical des agents par la médecine professionnelle et préventive varie selon leur fonction publique d'appartenance (fonction publique d'Etat ou territoriale). Le suivi médical est défini en fonction des risques concernant la santé et sécurité des travailleurs. De manière générale les agents sont soumis à une visite d'information et de prévention, initiale au moment de l'embauche et périodique tous les 2 ans dans la fonction publique territoriale, et 5 ans dans la fonction publique d'Etat.

Dans certaines situations, et notamment affectation dans un service comportant des risques particuliers, selon l'évaluation des risques réalisée par l'administration, les agents concernés bénéficient d'une surveillance médicale particulière (équivalent du suivi individuel renforcé dans le privé).

### 3.2.3.3 Recommandations de la Cnam à l'attention des travailleurs des déchets

En complément des textes réglementaires, la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam) a élaboré la recommandation R437 remplaçant la recommandation R388 pour les travailleurs salariés. Elle est applicable depuis le 20 novembre 2008, en complément des textes réglementaires en vigueur. Elle concerne le secteur de la collecte des déchets ménagers et

<sup>26</sup>Agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction mentionnés à l'article [R. 4412-60](#)

<sup>27</sup> Agents biologiques des groupes 3 et 4 mentionnés à l'article [R. 4421-3](#)

assimilés. Celle-ci indiquait que les travailleurs de ce secteur étaient soumis à une surveillance médicale renforcée par le médecin du travail, selon la réglementation alors en vigueur. Depuis, la réglementation a évolué (cf paragraphe précédent), et la surveillance médicale renforcée n'existe plus dans cette nouvelle réglementation. Le suivi individuel renforcé des travailleurs, actuellement en vigueur, qui concerne les salariés exposés à des risques particuliers pour leur santé et leur sécurité, n'est pas équivalent à l'ancienne surveillance médicale renforcée (ne concerne pas les mêmes postes de travail, pas les mêmes risques et les périodicités de visites sont différentes).

Hormis pour l'étape de collecte, il n'existe pas de recommandations spécifiques de la Cnam concernant le suivi médical des autres travailleurs du secteur des déchets ménagers.

La recommandation R437 de la Cnam rappelle également aux collectivités locales en tant que donneurs d'ordre, aménageurs urbains et/ou opérateurs leurs obligations en termes d'organisation et de gestion des **activités liées à la collecte des déchets ménagers et assimilés**. Elle concerne également les chefs d'établissement dont tout ou partie du personnel relève du régime général de la Sécurité sociale et effectue, même à titre occasionnel ou secondaire, des opérations de collecte des déchets ménagers et assimilés<sup>28</sup>.

■ *Mesures de prévention relevant de la compétence du donneur d'ordre*

Le donneur d'ordre optimise la prévention des risques professionnels dans le cadre d'un marché des collectes d'ordures ménagères. Il contribue activement à l'analyse des risques et doit intégrer dans le cahier des charges les aspects liés à la prévention des risques professionnels en incluant un volet spécifique à l'hygiène, à la santé et à la sécurité au travail (INRS 2019b). Les mesures relevant de la compétence des donneurs d'ordre comprennent le choix des véhicules de collecte en privilégiant la sécurité de l'équipe de collecte (gabarit, cabine basse, hauteur de chargement...), le choix et maintenance des conteneurs et la prise en compte des dispositions pour faire collecter les déchets non prévus dans le plan des tournées. Le donneur d'ordre a aussi l'obligation d'aider le prestataire de collecte pour qu'il puisse réaliser dans les meilleures conditions les plans de tournées notamment en identifiant clairement les points noirs et les signaler au prestataire. Il doit aussi prendre en compte les exigences liées aux opérations de collecte et prévoir des voies de circulation conçues pour faciliter le passage du véhicule de collecte, des zones de demi-tour permettant au véhicule de collecte de ne pas faire de marche arrière. Enfin, le donneur d'ordre doit contribuer à la formalisation d'un système d'échange permettant une information rapide – et le plus en amont possible – de tout ce qui peut avoir une influence sur la collecte.

■ *Mesures de prévention relevant de la compétence du prestataire de collecte*

Les mesures relevant de la compétence du prestataire de collecte comprennent les mesures de prévention des risques professionnels suivantes : la suppression du recours de la marche arrière sauf en cas de manœuvre de repositionnement, l'interdiction bilatérale sauf dans des cas très exceptionnels où tout dépassement ou croisement avec un véhicule tiers n'est pas possible, l'utilisation des commandes du lève-conteneur côté trottoir, notamment sur les axes à circulation rapide et/ou à trafic important et la suppression de la pratique accidentogène du « fini quitté » ou « fini parti ». L'organisation de la collecte relève aussi de la compétence du prestataire de collecte, des recommandations concernant les modalités organisationnelles

---

<sup>28</sup> ([1403\\_29601\\_Prevention\\_Environnement\\_Fiche\\_n15\\_La\\_collecte\\_des\\_dechets\\_menagers\\_et\\_assimiles.pdf](https://cdg35.fr/1403_29601_Prevention_Environnement_Fiche_n15_La_collecte_des_dechets_menagers_et_assimiles.pdf) (cdg35.fr)).

concernant un nouvel arrivant et en cas de présence de déchets non prévus dans le plan de tournée ont été élaborées.

D'autres mesures ont été recommandées concernant les plans de tournées, la réponse à l'appel d'offre, le suivi de collecte, les caractéristiques des véhicules de collecte ainsi que leur maintenance et lavage, les équipements de protection individuelle, la circulation dans l'entreprise, le suivi médical<sup>29</sup>, les locaux sociaux, les procédures à suivre en cas de piqûre ou de blessure et l'information et la formation des travailleurs.

En 1982, la Cnam a élaboré une autre recommandation R206 remplaçant la recommandation R168. Cette recommandation porte sur le traitement des ordures ménagères. On y trouve des mesures générales de prévention, des mesures particulières de prévention (relatives aux véhicules et engins, quais et fosse, trémie d'alimentation, matériels de traitement, sécurité incendie) et des mesures générales concernant le personnel.

### 3.2.4 Conclusions

La hausse constante des quantités de déchets collectés par les collectivités et l'attention croissante portée aux risques sanitaires et environnementaux ont favorisé l'adoption de réglementations et de mesures visant à réduire les déchets à la source et à favoriser leur recyclage ou leur réutilisation. La directive-cadre de l'UE sur les déchets a été actualisée en 2018 dans le cadre d'un ensemble de mesures sur l'économie circulaire (cf. Directive 2028/851 - Figure 14). Elle fixe de nouveaux objectifs de recyclage des déchets municipaux de 55 % en 2025, 60 % en 2030 et de 65 % en 2035.

En conséquence :

- les déchets destinés au tri, recyclage, compostage et méthanisation devraient significativement augmenter et le nombre et/ou les capacités des installations territoriales (déchetteries) et industrielles correspondantes devraient croître ;
- les déchets destinés au stockage ou à l'incinération devraient significativement être réduits et le nombre et/ou les capacités des installations industrielles correspondantes devrait baisser.

En France, les travailleurs des déchets exerçant dans le domaine privé sont soumis, comme tous les travailleurs, aux dispositions réglementaires générales du Code du travail, visant à garantir leur santé et leur sécurité. Des dispositions équivalentes existent pour les travailleurs exerçant dans la fonction publique. Des recommandations spécifiques en matière de santé et sécurité ont été proposées par la Cnam et concernent uniquement l'étape de collecte.

Concernant l'encadrement réglementaire des installations de gestion des déchets, il est à noter que l'année 2010 (en droit européen – Directive 2010/75/UE) puis 2012 (en droit français - Arrêté du 18/12/2012, cf. 3.2.2.2) marquent un tournant concernant les exigences de performances auxquelles doivent répondre les UIOM, notamment en termes d'émissions de métaux lourds et de substances organiques. La mise en conformité des UIOM durant cette période implique une modification des émissions auxquelles sont exposés les travailleurs impliqués dans cette activité.

---

<sup>29</sup> Il est recommandé une surveillance médicale renforcée qui a évolué depuis sur un suivi individuel adapté

### 3.3 Analyse de la littérature

#### 3.3.1 Méthode

##### ■ Littérature scientifique

Dans l'objectif d'identifier des publications documentant la santé et les expositions des travailleurs impliqués dans la prise en charge des ordures ménagères, une recherche bibliographique a été menée sur la base de données Scopus. Les mots clés utilisés dans cette requête sont détaillés sur la Figure 15.

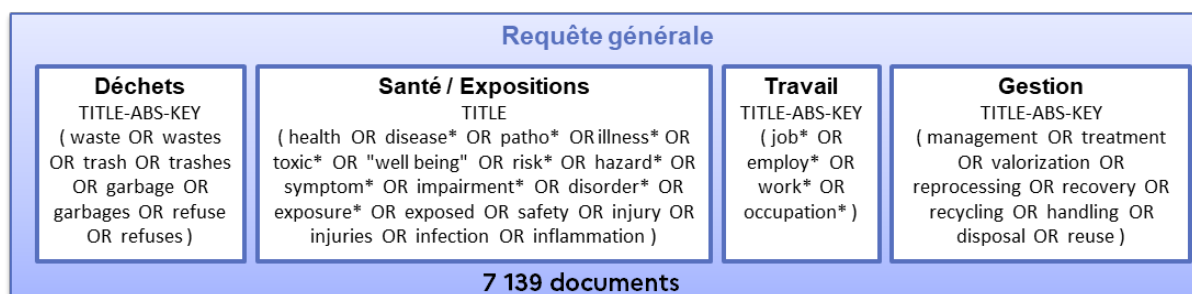
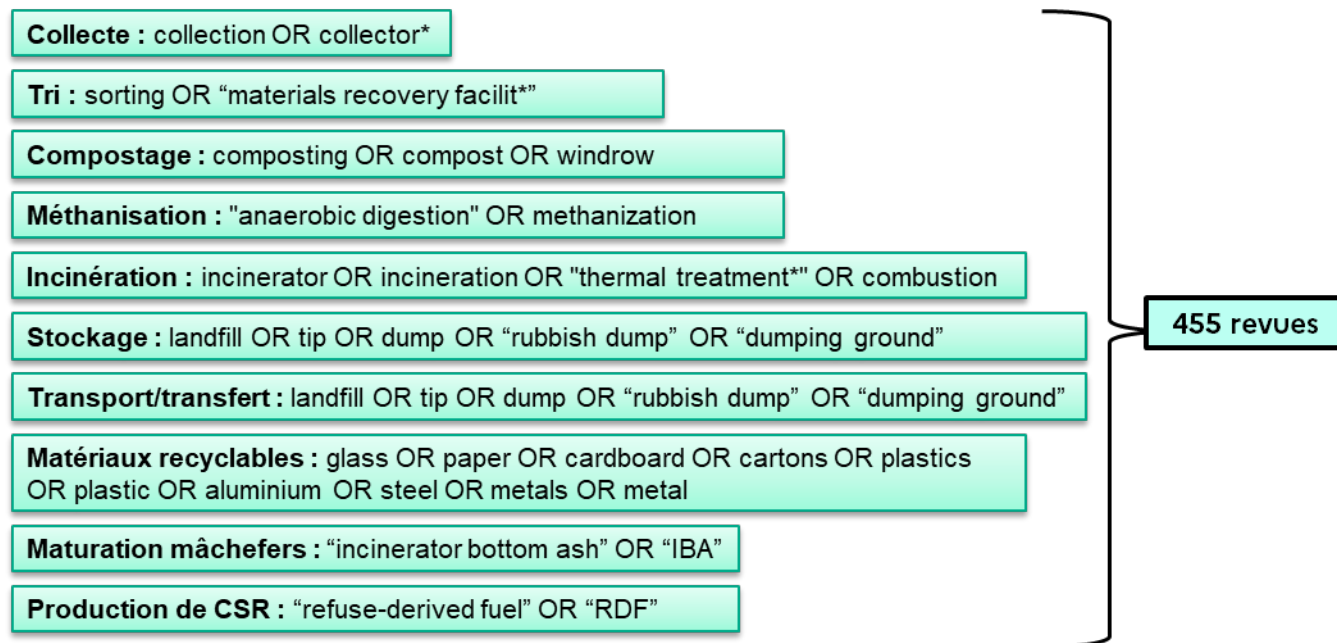


Figure 15 : Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

La requête a permis d'identifier plus de 7 000 publications. Considérant le volume important de publications identifiées, les ressources disponibles et l'enjeu de la première étape de l'expertise, le GT a choisi de resserrer l'analyse bibliographique sur les revues et articles de synthèse identifiés par le biais de cette requête.

Sur un pool initial de 668 revues de littérature, une première sélection a consisté à ne retenir que celles contenant, dans leur titre et/ou résumé, les mots clés se rapportant aux différentes étapes de gestion des déchets. Le détail des mots clés considérés est précisé dans la Figure 16.



CSR : combustibles solides de récupération

Figure 16. Première étape de sélection des revues

Cette sélection a permis d'identifier 455 revues de littérature qui ont ensuite fait l'objet d'un tri sur la base de la lecture du titre et du résumé afin de sélectionner celles qui se sont intéressées aux questions de santé et/ou d'exposition des travailleurs ayant des activités de gestion des déchets et qui ont été publiées à partir de 2009. Cette limitation de date a pour objectif de concentrer l'analyse sur des données récentes afin de mieux correspondre aux situations de travail actuelles. De plus, l'Observatoire régional de santé (ORS) Rhône Alpes (2010) a réalisé une revue systématique portant sur l'impact de la gestion des déchets ménagers et assimilés sur la santé des populations (riverains et travailleurs du secteur) qui couvre la bibliographie sur la période 1995 à 2010. Cette revue de littérature est incluse dans notre sélection et considérée comme un document socle.

Au final, 11 publications d'intérêt ont été retenues. Elles traitent des questions de santé et/ou des expositions des travailleurs impliqués dans les activités de gestion des déchets, qu'il s'agisse de plusieurs étapes ou d'une activité spécifique. Elles abordent également la santé des travailleurs en général en lien avec des expositions professionnelles spécifiques parmi lesquelles figurent les activités de gestion des déchets.

#### ■ Littérature grise

Une recherche internet a été effectuée sur les sites des organismes institutionnels français, européens et internationaux dans le domaine de la santé au travail et/ou environnementale afin d'identifier les documents se rapportant à notre périmètre d'étude.

Considérant un pas de temps comparable à celui retenu pour l'analyse de la littérature scientifique, les rapports institutionnels publiés à partir de 2009 ont été privilégiés, sauf pour l'étape de stockage, pour laquelle seuls des documents antérieurs ont pu être identifiés. Au total, cette recherche a conduit à la sélection de 10 rapports institutionnels d'intérêt permettant de documenter l'ensemble des étapes hormis la collecte et le recyclage.

### 3.3.2 Résultats

Le Tableau 6 présente les documents de synthèse considérés dans l'analyse des étapes.

Tableau 6. Présentation des documents de synthèse considérés dans l'analyse

Référence	Thème de la revue	Période de la bibliographie	Expositions rapportées	Effets sanitaires rapportés	Commentaires
RECORD (2001)	Etude des polluants atmosphériques émis dans 2 centres de <b>stockage</b> des ordures ménagères : caractérisation et mesure des niveaux d'exposition / mise au point d'outils de suivi en vue de l'évaluation des risques sanitaires	1998-1999	Chim. ; Bio. ; Odeurs	Resp.	Étude ancienne considérant de faibles effectifs
InVS (2005)	Synthèse et recommandations suite à la réalisation d'un état des connaissances scientifiques sur l'impact sanitaire potentiel du <b>stockage</b> des déchets ménagers et	1999-2004	Chim.	/	Risques encourus par la population riveraine

Référence	Thème de la revue	Période de la bibliographie	Expositions rapportées	Effets sanitaires rapportés	Commentaires
	assimilés, et des déchets industriels				
CIRE-Ile-de-France (2008)	Evaluation du risque sanitaire pour les riverains d'une installation de <b>stockage</b> de déchets ménagers et assimilés et recommandations associées	2002-2007	Chim. ; Bio. ; Odeurs	Resp. ; Oc. ; Cut. ;	Données pour les riverains et les salariés
Domingo et Nadal (2009b)	Revue sur les risques sanitaires liés au processus de <b>compostage</b> de la fraction organique des déchets ménagers pour les populations de travailleurs et riverains	1999 - 2008	Chim. ; Bio. ; Odeurs	Resp. ; Digest. ; Infect.	/
Kuijer, Sluiter et Frings-Dresen (2010)	Santé et expositions des <b>collecteurs</b> de déchets	Jusqu'à fev 2009 (50 études)	Bio. ; Bioméca	Resp. ; Digest. ; Cut. ; Infect. ; TMS. ; Surd.	/
Anzivino-Viricel <i>et al.</i> (2012)	Revue systématique des connaissances scientifiques concernant l'impact de la gestion des déchets ménagers et assimilés ( <b>collecte</b> et <b>tri</b> , <b>compostage</b> , <b>incinération</b> et <b>stockage</b> ) sur la santé des populations riveraines et professionnelles avec formalisation du niveau de preuve	1995 – 2010 (26 rapports de synthèse et revues systématiques, 48 études épidémiologiques + 29 études issues des rapports)	Chim. ; Bio. ;	Resp. ; Digest. ; TMS ; Infect. ; Cut.	/
INRS (2014)	Exposition aux substances chimiques et aux bioaérosols dans les centres de traitement thermique des déchets non dangereux ( <b>incinération</b> )	2003 - 2005	Chim. ; Bio.	/	/
INRS (2015)	Evaluation des expositions aux agents chimiques et biologiques présents dans les installations de traitement thermique des déchets non dangereux ( <b>incinération</b> )	2003 - 2012	Chim. ; Bio.	/	Caractérisation de l'étape et des expositions + préconisations de prévention
Mol <i>et al.</i> (2017)	Méta-analyse sur le risque de contracter une hépatite B chez travailleurs de la <b>collecte</b> d'OM et/ou de déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI)	déc 2013 - déc 2016 (17 études incluses)	Bio.	Infect.	/
Ncube, Ncube et	Risques sanitaires liés aux activités de <b>stockage</b> et <b>incinération</b> des déchets	1995 - 2014	Chim.	Resp. ; TMS.	/

Référence	Thème de la revue	Période de la bibliographie	Expositions rapportées	Effets sanitaires rapportés	Commentaires
Voyi (2017)	ménagers pour les populations de riverains et les travailleurs				
INRS (2018a)	Prévention des risques lors de la conception ou de la réhabilitation des <b>centres de tri</b> pour déchets ménagers et assimilés issus des collectes séparées	Non précisée	Chim. ; Bio. ; Phys. ; Orga. Bioméca	Resp. ; TMS ; Infect. ; Cut.	Identification des risques et préconisations selon les étapes dans le centre de tri
INRS (2018c)	Impacts de l'extension des consignes de tri sur la santé et la sécurité des opérateurs des <b>centres de tri</b>	2012 - 2015	Orga.	/	/
INRS (2018b)	Favoriser l'intégration des principes et mesures de prévention des risques aux différentes étapes de conception d'une <b>déchetterie</b>	Non précisée	Chim. ; Bio. ; Phys. ; Orga. Bioméca	TMS ;	/
IRSST (2018)	Exposition des travailleurs aux substances chimiques et aux agents biologiques dans les usines de <b>méthanisation</b>	1997 - 2017	Chim. ; Bio.	Resp. ; Digest. ; Infect. ; Cut. ; CV. ; Cancéro. ; Neuro. (liste non exhaustive)	Les effets rapportés sont les effets associés aux agents biologiques et chimiques identifiés
Asante, Bath et Trask (2018)	Prévalence des troubles lombaires chez les travailleurs de la <b>collecte</b> des déchets et facteurs de risque associés.	1946 - 2015	Phys. ; Orga.	TMS	/
Robertson et al. (2019)	Expositions professionnelles aux bioaérosols lors du <b>compostage</b> des déchets et effets sanitaires associés	jan 2014 - juin 2019	Bio.	Resp. ; Digest.	résumé des mesures d'expositions existantes
Van Kampen et al. (2020)	Santé des nettoyeurs de rue 1) dans les pays émergents, 2) en Europe et en Allemagne	jan 2000 - nov 2018	Chim. ; Bio. ; Phys. ; Orga. ; Boméca.	Resp. ; CV. ; Digest. ; Cut. ; Infect. ; TMS. ; Psych.	/
Madsen et al. (2021)	Revue et évaluation des risques biologiques liés à la <b>collecte</b> des déchets ménagers	jan 2015 - oct 2019	Chim. ; Bio. ; Odeurs ; Phys. ; Orga. ; Boméca.	Resp. ; Infect. ;	présentation de potentielles mesures de prévention
Nair (2021)	Revue de synthèse concernant la diversité microbienne et les effets sanitaires associés aux	1990 – 2020 (pour les effets sanitaires)	Chim. ; Bio. ; Odeurs	Resp.	synthèse des niveaux d'exposition

Référence	Thème de la revue	Période de la bibliographie	Expositions rapportées	Effets sanitaires rapportés	Commentaires
	bioaérosols émis par les sites de <b>stockage</b>				
INRS (2022)	Risques rencontrés dans les centres de valorisation des biodéchets ( <b>méthanisation</b> et <b>compostage</b> ) et mesures de prévention à mettre en œuvre pour limiter ces risques.	2000 - 2016	Chim. ; Bio.	Resp.; Digest ; Infect. ; Cut.; CV.; Neuro. (liste non exhaustive)	/
Siddiqua, Hahladakis et Al-Attiya (2022)	Effets sanitaires liés à la pollution environnementale associée aux centres de <b>stockage</b>	2010 - 2020	Chim.		Concerne plutôt les riverains

## Littérature scientifique

## Littérature grise

*Chim.* : agents chimiques ; *Bio.* : agents biologiques ; *Phys.* : agents physiques ; *Orga.* : Facteurs organisationnels, relationnels et éthiques ; *Bioméca* : facteurs biomécaniques ; *Resp.* : atteintes respiratoires ; *Infect.* : infections ; *Digest.* : troubles digestifs ; *Cut.* : atteintes cutanées ; *CV* : atteintes cardiovasculaires ; *TMS* : troubles musculo-squelettiques ; *Psych* : pathologies psychiques.

## 3.3.3 Conclusions

Etape	Littérature scientifique	Littérature grise	Synthèse de la disponibilité et du type de données identifiées
<b>Collecte</b> (par les services d'enlèvement)	Kuijer, Sluiter et Frings-Dresen (2010), Mol <i>et al.</i> (2017), Ncube, Ncube et Voyi (2017), Asante, Bath et Trask (2018), Van Kampen <i>et al.</i> (2020), Madsen <i>et al.</i> (2021)	/	Des données nombreuses sont disponibles et décrivent les expositions, les effets sanitaires, les principaux risques identifiés ainsi que des outils d'évaluation et mesures de prévention.
(Collecte en) <b>Déchetterie</b>	/	INRS (2018b)	Peu de données récentes sont disponibles. Aucune donnée spécifique concernant les effets sanitaires chez les travailleurs n'a été identifiée. Un document récent (2018) aborde la prévention des risques dès la conception des déchetteries.
<b>Tri</b>	Anzivino-Viricel <i>et al.</i> (2012)	INRS (2018a, 2018c, 2019a)	Des données sont disponibles mais sont souvent assimilées avec la collecte. Elles décrivent les expositions (notamment biologiques), la santé, les risques et les mesures de prévention.
<b>Compostage</b>	Domingo et Nadal (2009a) ; Anzivino-Viricel <i>et al.</i> (2012) ; Robertson <i>et al.</i> (2019)	INRS (2022)	Des données nombreuses sont disponibles. Elles décrivent la chaîne de prise en charge des biodéchets, des exemples d'accidents, les risques pour les travailleurs liés aux déchets organiques, les expositions (chimiques et biologiques), les effets sanitaires et fournissent des niveaux de preuve selon les pathologies.
<b>Méthanisation</b>	/	IRSST (2018), INRS (2022)	Des données récentes mais peu nombreuses sont disponibles car cette technique est déployée depuis peu. Un rapport de 2018 aborde les risques biologiques et chimiques pour les travailleurs ainsi que les expositions et les effets sur la santé.
<b>Recyclage</b>	/	/	Aucun document de synthèse récent n'a été identifié concernant les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de recyclage de matériaux.
<b>Incinération</b>	Anzivino-Viricel <i>et al.</i> (2012)	INRS (2014, 2015)	Des données anciennes (avant l'évolution des technologies d'incinération) sont disponibles sur les effets sanitaires et les niveaux de preuve selon les pathologies. Une étude récente (2014-2015) concerne les expositions chimiques et biologiques (pas de nouveaux incinérateurs développés depuis cette étude).
<b>Stockage</b>	Anzivino-Viricel <i>et al.</i> (2012), Nair (2021), Siddiqua, Hahladakis et Al-Attiya (2022)	CIRE-Ile-de-France (2008), RECORD (2001)	Des données anciennes (début des années 2000) sont disponibles sur les expositions et les niveaux d'exposition chimiques et biologiques (ambiance et poste de travail), odeurs, effets sanitaires et niveaux de preuve de pathologies. Une revue de synthèse récente documente les expositions

aux bioaérosols (bactéries et moisissures principalement).  
Beaucoup de données concernent les riverains.

Le niveau de documentation et les thématiques couvertes varient selon les étapes. Les étapes de collecte (par les services d'enlèvement) et de compostage sont celles pour lesquelles le niveau de documentation est le plus complet. A l'inverse, pour le recyclage, aucune ressource spécifique n'a pu être identifiée. Le détail des données recueillies selon les étapes est disponible dans les fiches étapes correspondantes (Annexe 6).

Il est à noter que les choix pragmatiques de méthode mis en œuvre présentent toutefois certaines limites. Ainsi, les observations réalisées se fondent uniquement sur l'analyse de documents de synthèse, aucune recherche bibliographique ciblée par étapes visant à identifier des articles princeps n'a été réalisée. Le choix a été fait de ne pas considérer les thèses dans cette première étape d'expertise.

Il est également à noter que les données bibliographiques relatives à la pénibilité psychologique ou à l'organisation du travail dans ces activités sont très limitées.

## 3.4 Exploitation de bases de données santé au travail

### 3.4.1 Cnam

#### ■ Présentation de la base

La Cnam publie sur son site Internet les statistiques sur les accidents de travail (AT) et maladies professionnelles (MP) déclarés par les salariés du régime général. Les données sont disponibles selon la Nomenclature des activités françaises (NAF, version 2008) ou selon les comités techniques nationaux (CTN)<sup>30</sup>.

#### ■ Méthode

Une extraction par codes NAF des statistiques de la Cnam relatives aux AT/MP des travailleurs du secteur de la gestion et valorisation des déchets a été réalisée en 2023.

Les codes NAF utilisés sont les suivants : 38.11Z « Collecte des déchets non dangereux », 38.21Z « Traitement et élimination des déchets non dangereux » et « 38.32Z Récupération de déchets triés ».

#### ■ Résultats

##### ➔ Accidents du travail

**Au niveau de l'ensemble des secteurs professionnels**, soit un total de plus de 19 millions de salariés, 564 189 accidents du travail ayant entraîné un arrêt de travail ou une incapacité permanente (IP) ont été reconnus en France en 2022. Les AT surviennent majoritairement au sein des activités de la santé, du nettoyage et du travail temporaire (29 % des AT en 2022), de l'alimentation (17 %), du transport (15 %) et du BTP (14 %).

<sup>30</sup> Il existe 9 Comités techniques nationaux (CTN). Ils sont constitués par branche d'activité. Chacun d'entre eux est chargé de définir les priorités de prévention de son secteur. Ils élaborent des recommandations nationales qui font office de références pour la prévention des risques. Ils assistent la commission des accidents du travail/maladies professionnelles de l'Assurance Maladie – Risques professionnels.

Tous secteurs d'activités confondus, les 2 principales causes d'accidents du travail sont les manutentions manuelles (environ 50 % des AT) et les chutes de hauteur ou de plain-pied (environ 30 %).

D'après les données 2021, **les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse représentent 86 171 salariés**. Entre 2010 et 2021, l'effectif de salariés est relativement stable, hormis pour le secteur de la récupération des déchets où une hausse s'observe depuis 2016. Parallèlement, le nombre d'AT avec arrêt (AT en 1<sup>er</sup> règlement) rapporté à 1 000 salariés est en baisse dans les 3 codes NAF (Figure 18). Des tableaux et graphes complémentaires présentant le détail du nombre d'AT et les effectifs de salariés pour les codes NAF analysés de 2010 à 2021 sont disponibles en Annexe 1.

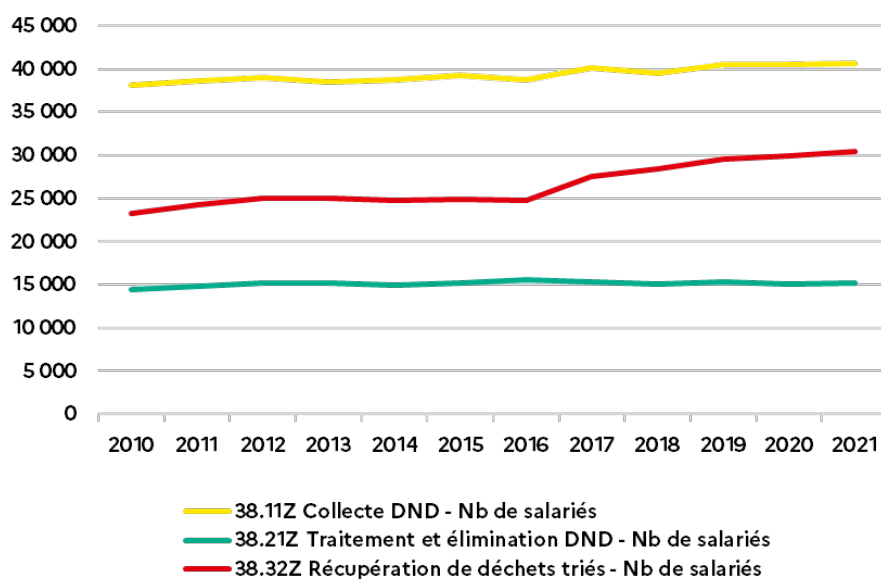


Figure 17. Evolution du nombre de salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z)

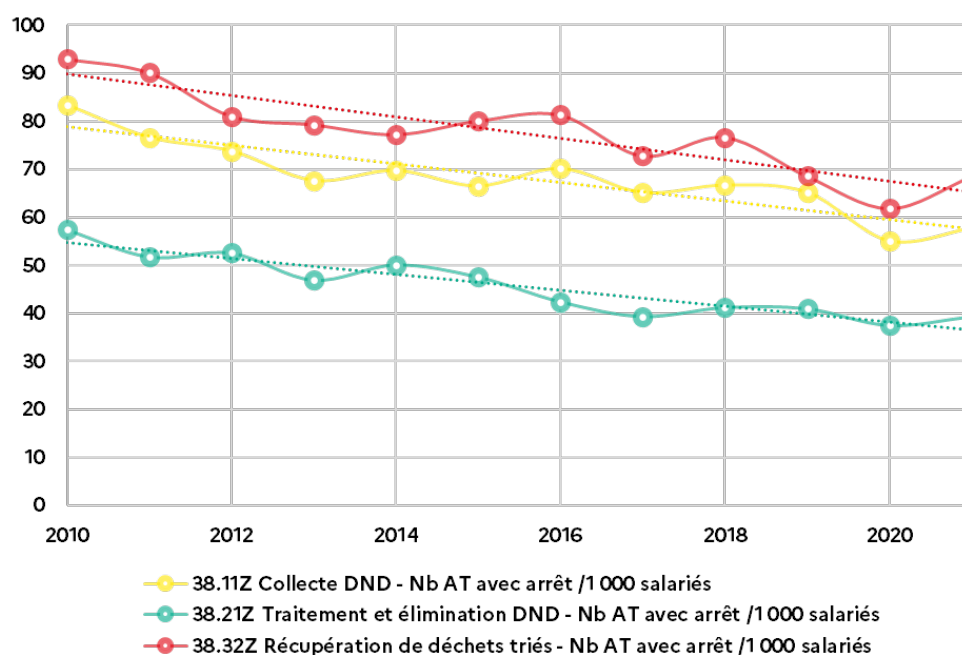


Figure 18. Evolution du nombre d'AT avec arrêt pour 1 000 salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z)

➔ **Maladies professionnelles**

Concernant les MP, à l'échelle de l'ensemble des secteurs professionnels, 44 217 maladies ayant entraîné un arrêt de travail ou une IP ont été reconnues en 2022 en France. Les troubles musculo-squelettiques (TMS) représentent près de 87 % des maladies professionnelles, suivies par les maladies liées à l'amiante (environ 5 %).

D'après les données 2021, pour les 3 codes NAF analysés, 257 MP ayant entraîné un arrêt de travail ou une IP ont été reconnues en 2021. Parmi ces MP, 156 ont été à l'origine d'IP. Entre 2010 et 2021, le nombre de MP pour 1 000 salariés est fluctuant mais relativement stable dans l'ensemble (Figure 19). Parallèlement, le nombre de journées perdues pour 1 000 salariés est en augmentation constante depuis 2010 (Figure 20). Des tableaux et graphes complémentaires présentant le détail du nombre de MP et de journées perdues pour les codes NAF analysés de 2010 à 2021 sont disponibles en Annexe 1.

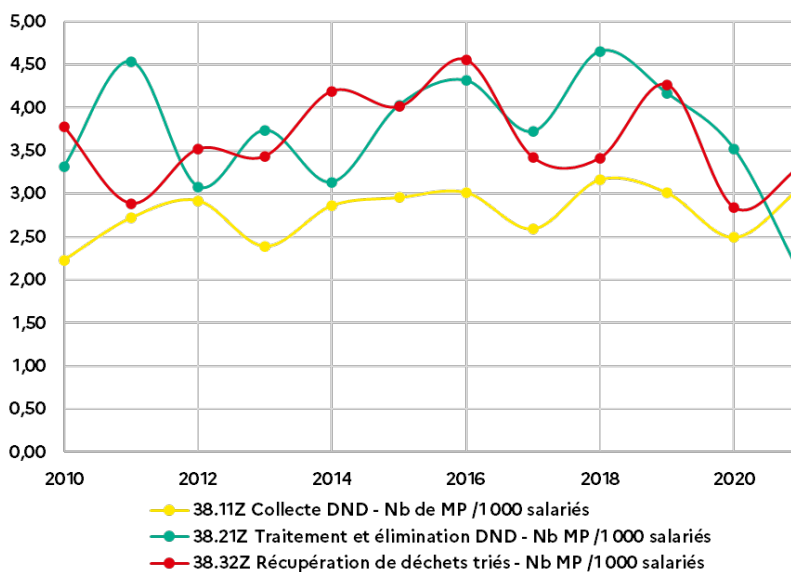


Figure 19. Evolution du nombre de MP pour 1000 salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z)

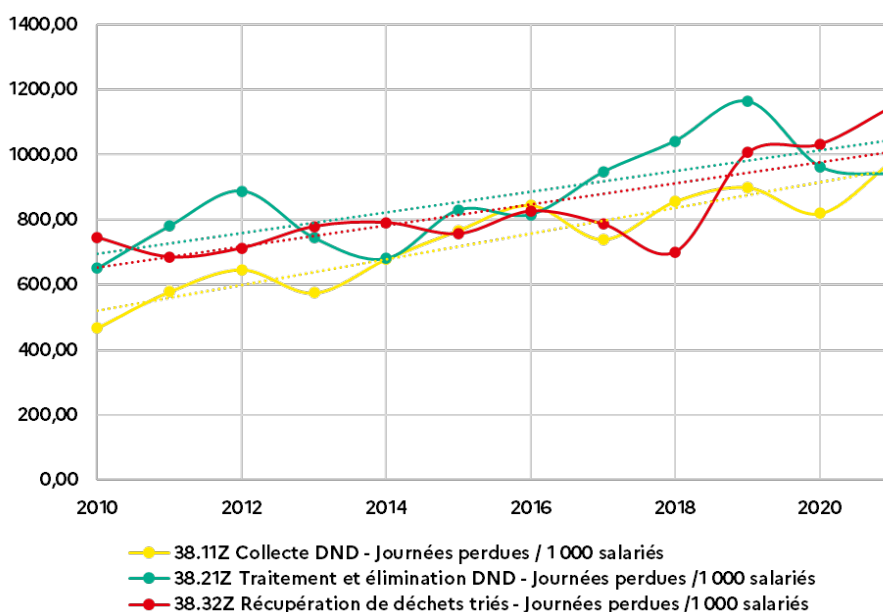


Figure 20. Evolution du nombre de journées perdues pour 1000 salariés entre 2010 et 2021 pour les 3 codes NAF ciblés dans l'analyse (38.11Z, 38.21Z et 38.32Z)

## ■ Conclusions

Les informations extraites à partir des données Cnam ne concernent pas que les OM et ne peuvent être déclinées à l'échelle des étapes de prise en charge des ordures ménagères.

Elles permettent toutefois d'avoir une estimation du nombre de salariés du régime général impliqués dans les activités de collecte des déchets non dangereux, dont on peut estimer qu'environ un tiers sont des ordures ménagères (ADEME 2023a).

Les salariés des collectivités impliqués dans la prise en charge des OM, relevant des codes NAF « Administration », ne peuvent pas être identifiés par le biais de ces extractions.

Enfin, il est utile de rappeler que les données de déclaration des accidents du travail et maladies professionnelles ne s'inscrivent en aucun cas dans un processus d'estimation de la morbidité et de la mortalité de la population des travailleurs mais clairement dans un processus de réparation. Ces données sont généralement sous-estimées suite à une potentielle sous-déclaration et/ou sous-reconnaissance (Commission-d'évaluation-de-la-sous-déclaration-des-AT/MP 2024).

### 3.4.2 Sumer

#### ■ Présentation de la base

L'enquête Sumer (réalisée en 1994, 2003, 2010 et 2017 par la Dares et la DGT-Inspection médicale du travail) est un dispositif statistique national, décrivant les expositions professionnelles aux agents physiques, chimiques et biologiques, ainsi que (du point de vue du salarié) le contexte organisationnel et psychosocial du poste de travail. La méthodologie de Sumer repose sur un questionnaire principal détaillé, administré en 40 minutes environ par l'équipe pluridisciplinaire sous l'égide du médecin du travail, et complété par une interrogation auto-administrée du salarié. Elle fournit une cartographie représentative des risques professionnels et des politiques de prévention des entreprises, largement reconnue par les préventeurs et les chercheurs aux plans national et européen.

#### ■ Méthode

Le GT a mobilisé l'enquête de 2010, car elle permet une plus grande précision statistique du fait de la taille de son échantillon (50 000 salariés, dont 232 appartiennent aux professions visées par l'expertise), relativement à l'enquête de 2017 (24 000 salariés, dont moins d'une centaine dans les métiers du déchet). En outre, l'enquête de 2017 ne comporte pas d'information sur la tâche principale, ce qui limite les possibilités d'identification des métiers concernés. En tout état de cause, ces métiers n'ont pas connu d'évolutions techniques et organisationnelles majeures dans la décennie 2010 qui pourraient rendre moins pertinentes les données de 2010.

Le questionnaire comporte deux libellés sur l'activité de la personne enquêtée : sa « profession » et sa « tâche principale ». L'identification des métiers concernés a été réalisée en recherchant les chaînes de caractères suivantes :

- **éboueurs**: activité ou tâche contenant les mots "ripeur" ou "éboueur"
- **chauffeurs** : activité ou tâche contenant les mots ("chauffeur" ou "conducteur") ET les mots ("déchet" ou "ordure ménag" ou "benne") (mais pas les mots "ripeur" ou "éboueur")
- **trieurs**: activité ou tâche contenant les mots ("tri sélectif") OU (les mots "tri" ET ("déchet" ou "ordur ménag" ou "benne"))

- **agent de déchetterie**: activité ou tâche contenant le mot "déchetterie"

Une vérification a été ensuite menée afin d'écartier les quelques cas ambigus (ex : « cariste-manutention » comme tâche pour un chauffeur).

#### ■ Résultats

En définitive on retient **73 ripeurs, 100 chauffeurs, 42 trieurs et 17 agents de déchetterie**, soit un total de **233 ouvriers**, qu'on compare aux autres ouvriers enquêtés dans Sumer 2010 (N=14 328). Des graphes décrivant les principales expositions pour ces différents groupes de travailleurs sont disponibles en Annexe 2.

#### ■ Analyse

Les principales expositions spécifiques aux métiers liés aux ordures ménagères peuvent être ainsi caractérisées.

##### ➔ Les éboueurs

Concernant les contraintes physiques, les éboueurs sont particulièrement exposés au port de charges lourdes et au bruit. Ils sont, beaucoup plus que les autres ouvriers, concernés par l'exposition aux agents biologiques et aux gaz d'échappement diesel<sup>31</sup>. Les éboueurs ne semblent pas affectés par une intensité du travail particulièrement élevée mais ils manquent d'autonomie dans leur travail, davantage encore que les autres ouvriers : ils disent plus souvent ne pas pouvoir prendre des décisions eux-mêmes ou ne pas avoir la possibilité d'influencer le déroulement de leur travail. Les autres risques psychosociaux qui les concernent sont l'exposition à des agressions verbales ou physiques ainsi que le sentiment d'être traités injustement dans leur travail. Ils signalent plus souvent un accident du travail au cours des 12 derniers mois que les autres ouvriers.

##### ➔ Les conducteurs de benne

Les conducteurs de benne bénéficient de conditions de travail meilleures que les autres ouvriers dans la plupart des dimensions, physiques et psychosociales. C'est notamment vrai pour l'autonomie au travail : ils sont plus nombreux à pouvoir prendre des décisions et à influencer le déroulement de leur travail. Ils signalent toutefois un peu moins de soutien de la part des collègues, et sont nettement plus exposés aux gaz d'échappement diesel que les autres ouvriers.

##### ➔ Les trieurs de déchets

Les trieurs ont les conditions de travail les plus difficiles parmi les métiers liés aux déchets ménagers. Ils sont exposés au port de charges lourdes, aux postures pénibles, au bruit intense et surtout au travail répétitif (plus de 10 heures par semaine), autant ou davantage que les autres ouvriers. L'intensité de leur travail est particulièrement élevée pour des ouvriers :

---

<sup>31</sup> 92 % des éboueurs ont été exposés à des agents biologiques lors de la dernière semaine travaillée avant l'enquête, selon les médecins du travail qui ont réalisé l'enquête Sumer en 2010. Concernant les gaz d'échappement diesel, le taux d'exposition est de 25 %. C'est deux fois plus que les autres ouvriers, mais on peut trouver ce chiffre étonnamment faible au vu de la situation générale des éboueurs, qui travaillent en général derrière des camions-bennes en marche.

charge de travail jugée excessive, obligation de travailler vite, ordres contradictoires. Ils sont particulièrement nombreux à indiquer ne pas avoir le temps nécessaire pour effectuer correctement leur travail. Leur autonomie est très réduite : nombreux sont ceux qui ne peuvent prendre des décisions ni influencer le déroulement de leur travail. Cette combinaison d'une forte intensité du travail et d'une faible latitude décisionnelle indique donc une exposition particulièrement importante à la tension au travail (*job strain* selon le modèle du stress de Karasek).

#### → Les agents de déchetterie

A l'opposé des trieurs, les agents de déchetterie se distinguent par une faible exposition aux contraintes physiques, à l'intensité du travail et au manque d'autonomie. En revanche ils apparaissent plus exposés que les autres ouvriers à des produits cancérigènes comme les huiles minérales entières, les fibres céramiques, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), l'amiante ou le plomb. Du côté des risques psychosociaux, ils sont fortement exposés au manque de soutien social (des collègues ou de la hiérarchie) et de reconnaissance pour leur travail, ainsi qu'à des violences (agressions physiques ou verbales).

#### → La qualité de la prévention selon les médecins du travail

Dans l'enquête Sumer, les médecins du travail donnent leur avis synthétique sur la qualité de la prévention au poste de travail du répondant dans quatre domaines (risques physiques, chimiques, organisationnels et biologiques). En matière d'exposition aux agents biologiques, la qualité de la prévention est plus souvent jugée mauvaise que pour les autres ouvriers exposés à de tels agents ; c'est particulièrement le cas pour les ripeurs et les trieurs. Concernant la prévention des risques physiques, elle apparaît particulièrement défectueuse pour les trieurs et les agents de déchetterie. Dans l'ensemble, la qualité de la prévention des risques organisationnels est médiocre pour les métiers liés au déchets ménagers, et spécifiquement pour les trieurs et les agents de déchetterie. Les différences entre métiers sont moins marquées pour la prévention des risques chimiques.

#### ■ Conclusions

Les informations identifiées dans la base Sumer documentent les étapes de collecte (173 salariés), tri (42 salariés) et déchetterie (17 salariés).

Ces effectifs limités ne permettent pas de garantir la représentativité statistique des expositions ainsi mesurées et les chiffres ici présentés sont affectés d'une forte imprécision. Toutefois, ils fournissent des indications qualitativement plausibles et cohérentes avec la littérature internationale sur les risques professionnels des travailleurs des déchets. Les comparaisons entre professions ici proposées doivent donc être prises avec prudence mais paraissent vraisemblables au vu des connaissances par ailleurs disponibles et à l'expérience du terrain.

Les éboueurs sont, beaucoup plus que les autres ouvriers, concernés par l'exposition aux agents biologiques et aux gaz d'échappement diesel.

Les trieurs semblent présenter des conditions de travail plus difficiles que les travailleurs des 2 autres étapes (port de charges lourdes, postures pénibles, bruit intense, travail répétitif) avec notamment une intensité de travail particulièrement élevée pour des ouvriers et une faible latitude décisionnelle.

Les agents de déchetteries apparaissent plus exposés que les autres ouvriers à des produits cancérogènes (hormis les gaz d'échappement diesel) et beaucoup plus concernés par des violences (agressions physiques ou verbales).

Les conducteurs de benne bénéficient de conditions de travail meilleures que les autres ouvriers dans la plupart des dimensions, physiques et psychosociales mais sont toutefois nettement plus exposés aux gaz d'échappement diesel que les autres ouvriers.

La qualité de la prévention des différents types de contrainte est dans l'ensemble moins bonne pour les trieurs que pour les autres métiers identifiés.

### 3.4.3 Outil 110 « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » (anciennement : SOLVEX)

#### ■ Présentation de la base

SOLVEX constituait un outil d'aide à l'évaluation du risque chimique en entreprise. Cette base de données, gérée par l'INRS et mise à jour régulièrement, a été intégrée depuis mars 2023 dans un nouvel outil appelé : « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » (Outil 110). Cet outil est consultable en ligne et est libre d'accès.

Les résultats présentés par SOLVEX sont issus de campagnes de mesures effectuées depuis 1987 par les Laboratoires Interrégionaux de Chimie (LIC) des Caisses d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail (CARSAT) et de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Île-de-France (CRAMIF) et par les laboratoires de l'INRS.

Cette base de données possède l'avantage d'être bien dotée en résultats puisqu'elle dispose actuellement de 703 000 résultats enregistrés. Ce nombre important de mesures est d'autant plus pertinent pour la qualité et la représentativité des données statistiques fournies. De plus, ces données collectées proviennent de situation de travail réelles et sont le reflet des expositions professionnelles. Bien que nombreuses, elles n'ont cependant pas la prétention de couvrir toutes les situations professionnelles existantes.

En conséquence, pour nombre de résultats peu importants, la base de données ne fournit pas d'éléments chiffrés, seulement une indication qualitative qui ne permet pas de tirer d'enseignement général pour l'estimation d'un niveau d'exposition professionnelle. Néanmoins, pour les substances chimiques disposant de suffisamment de données, il est possible d'obtenir graphiquement plusieurs indicateurs statistiques dont la moyenne, la médiane et le percentile 95.

#### ■ Méthode

Deux modes de recherche sont possibles pour interroger la base de données, soit par substances chimiques, soit par code d'activité ou métier. Une première étape de recherche par secteur d'activité et code métier a été réalisée considérant les trois codes APE (activité principale exercée)<sup>32</sup> suivants :

3811z – Collecte de déchets non dangereux,

3821z – Traitement et élimination des déchets non dangereux

3832z. – Récupération de déchets triés

---

<sup>32</sup> Également appelé code NAF

Bien que mise en œuvre depuis 1987, le choix a été fait de ne pas travailler sur l'intégralité de la période couverte par la base, seule la période 2000-2022 a été retenue. Cette orientation s'inscrit dans la volonté de faire ressortir les informations sur les expositions les plus récentes et également de s'approcher le plus possible des métiers et activités existant actuellement dans la filière déchets ménagers.

Afin d'identifier plus spécifiquement les mesures en lien avec les activités de gestion des déchets ménagers, une seconde étape de recherche s'est avérée nécessaire (Cf. détails Annexe 3). Pour chacun des trois codes APE, tous les métiers ressortant de l'interrogation de la base ont été analysés et triés jusqu'aux tâches unitaires. L'objectif était d'exclure (i) les données sans lien avec les métiers du déchet (métiers de l'énergie, de la construction ou du BTP par exemple) et (ii) les tâches sans lien avec l'activité ordures ménagères (activités en lien avec d'autres catégories de déchets tels que les D3E ou les véhicules hors d'usage (VHU) par exemple).

#### ■ Résultats

Les résultats de la première étape de recherche montrent que l'effort de mesurage n'a pas été le même sur les trois secteurs. L'activité 3821z « traitement et élimination des déchets non dangereux » compte le plus grand nombre de mesures sur la période considérée (9 192) devant l'activité 3832z « récupération de déchets triés » (7 181). L'activité 3811z « collecte de déchets non dangereux » a été beaucoup moins considérée en termes de mesures, avec seulement 2 763 mesures référencées. A ce stade de la recherche dans la base de données, il n'était pas possible d'identifier les mesures spécifiquement en lien avec les activités de gestion des déchets ménagers.

A l'issue de la seconde étape de recherche, il ressort que le métier « K - Services à la personne et à la collectivité », et plus précisément le métier « K23 – Propreté et environnement urbain » regroupe le maximum de données identifiées en relation avec les déchets ménagers. Néanmoins bien qu'il soit possible d'attribuer clairement certaines des données à l'activité de compostage, de méthanisation ou de déchetteries, d'autres tâches plus généralistes ne permettent pas d'avoir la précision voulue sur l'activité. Par exemple, la tâche « B9080 tri sélectif de déchets valorisables » peut à la fois convenir pour décrire des activités en centre de tri mais peut également s'appliquer pour la méthanisation, le compostage ou les D3E.

Le Tableau 7 décrit les principales substances chimiques recherchées en fonction des différentes étapes sur les 2 périodes 2000-2010 et 2011-2020.

Le détail de la répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3811z « Collecte des DND », du code APE 3821z « Traitement et élimination des DND » et du code APE 3832z « Récupération de déchets triés » sont disponibles en Annexe 3.

Tableau 7. Principales substances chimiques disponibles dans l'outil 110 de l'INRS (ex SOLVEX) recherchées en fonction des différentes étapes

Activités	Période 2000 - 2010	Période 2011 - 2020
<b>Collecte</b> 3811z – tâche K23 « propreté et environnement urbains »	<b>232 mesures</b>	<b>1606 mesures</b>
	« Poussières »* (fraction inhalable) « poussières » (fraction alvéolaire)	Particules diesel Aérosols métalliques (Pb, Cd, Fe, Cr, Ni, Si, Cu, Zn et Mn)
<b>Tri des déchets</b> (Code tache A2090 – tri manuel code métier K23 – Secteur d'activité 38 Collecte, traitement des déchets)	<b>364 mesures</b>	<b>462 mesures</b>
	« <b>Poussières</b> » ( <b>Fraction inhalable</b> ) Aérosols métalliques (Pb, Fe, Cu, Al, Cd, Cr, Ni, Mn, Co, Ba, Zn) Particules diesel Poussières de bois	Fraction alvéolaires Silice cristalline Quartz, cristobalite Toluène, xylènes Butanone, acétate de n-butyle, acétone NOx, COx
<b>Compostage &amp; Méthanisation</b>	Pas de données collectées sur cette période	<b>4910 mesures</b>
		« <b>Poussières</b> » ( <b>Fraction inhalable</b> ) Gaz : <b>Ammoniac</b> , Disulfure d'hydrogène Limonène, Pin-2(3)-ène, Pin-10(3)-ène
<b>Incinération</b>		<b>500 mesures</b>
		« Poussières » (Fraction inhalable) Aérosols métalliques (Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Be, Hg)
<b>Stockage</b>	Aucune information sur cette activité dans la base	
Substances en gras = dépassement de la VLEP-8h/ Si : Silicium (dans les cartes électroniques = plutôt secteur des D3E) Al : aluminium ; Ba : baryum ; Be : béryllium ; Cd : cadmium, Co : Cobalt ; Cr : chrome, Cu : cuivre ; Fe : fer, Hg : mercure ; Mn : manganèse ; Ni : nickel, Pb : plomb, Sn : étain , Sr : strontium, Ti : titane ; Y : yttrium ; Zn : zinc *: le terme « poussières » est le terme employé dans la base SOLVEX et dans l'outil 110. Il désigne les particules en suspension dans l'air. Dans cette base et cet outil, les mesures de « poussières » en fraction inhalable et en fraction alvéolaire sont comparées aux VLEP correspondant aux Poussières dites sans effet spécifique (PSES).		

## ■ Conclusions

L'extraction des données en lien avec les déchets ménagers n'est pas une chose aisée. La codification des métiers et tâches n'est pas suffisamment spécifique pour permettre une extraction de données à l'échelle stricte des étapes traitées dans l'expertise. De plus, le renseignement des mesures dans la base est réalisé par différents intervenants (CARSAT ou INRS), ce qui induit une hétérogénéité dans l'attribution des codes métiers et tâches.

La mise à jour du portail d'interrogation de la base de données a permis d'améliorer la précision dans la recherche des tâches en association avec les métiers. Cependant, il en découle une plus grande dispersion des données analytiques et de fait l'impossibilité d'obtenir dans la majorité des cas les données statistiques complémentaires par substance. En effet, un minimum de 50 mesures d'un couple composé/tâches doit être disponible dans la base pour permettre l'accès aux statistiques avancées.

Il est toutefois possible d'obtenir un ordre de grandeur des mesures qui peuvent s'appliquer à ce secteur d'activité. En définitive, un faible nombre de mesures a été réalisé sur le secteur des déchets ménagers sur la période 2000-2022.

L'analyse du Tableau 7 permet de tirer plusieurs enseignements quant aux substances recherchées en fonction des étapes du traitement considéré. L'analyse par familles de composés chimiques recherchés dans le cadre de ces mesures montre qu'il s'agit principalement pour toutes les filières d'une part de particules en suspension dans l'air : mesures des fractions inhalable ou alvéolaire, analyse d'éléments métalliques (Plomb, Fer, Nickel, Aluminium...), et d'autre part de composés organiques volatils (COV) ou gaz inorganiques comme l'ammoniac.

Pour les activités de compostage et de méthanisation, l'effort est également porté sur la détermination de l'ammoniac et du disulfure d'hydrogène. Ceci s'explique par la formation potentielle de ces substances lors de la décomposition des déchets en milieu anaérobie.

Les substances limonène et pinène investiguées dans les étapes de compostage et méthanisation sont caractéristiques de substances émises par les ordures ménagères résiduelles.

Pour les activités de collecte des déchets, la recherche des particules diesel, du CO, CO<sub>2</sub> et des NO<sub>x</sub> s'explique par l'utilisation de camions, chargeuses, pelles mécaniques ou autres engins de manutention qui sont émetteurs de ces substances en fonction de leur motorisation.

Aucune donnée relative au stockage des déchets n'apparaît dans la base de données.

Les données les plus précises concernent l'étape de méthanisation et/ou compostage et, dans une moindre mesure, l'étape d'incinération (< 5 % des données de mesures ont été rentrées dans la base).

Même si les données liées à la collecte peuvent paraître conséquentes, il n'est pas possible d'identifier clairement les données issues de la collecte sélective des déchets (porte à porte) et les mesures réalisées dans les centres d'apport volontaire (déchetteries).

Il est également à noter que, pour les étapes méthanisation, compostage et incinération, les données n'ont été collectées que sur la période la plus récente à savoir 2011- 2020.

### 3.4.4 ARIA

#### ■ Présentation de la base

Le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI), qui fait partie du ministère chargé de l'écologie au sein de la Direction générale de la prévention des risques, a pour mission de collecter, analyser et diffuser des informations et des retours d'expérience concernant les accidents industriels et technologiques. Une des missions du BARPI est la gestion de la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents)<sup>33</sup>. Il s'agit d'une base de données recensant les incidents, accidents ou situations proches de l'accident qui ont représenté ou auraient pu représenter une menace pour la santé publique, la sécurité ou l'environnement. Ces événements sont issus de diverses sources, notamment :

- Les activités des usines, ateliers, dépôts, chantiers, carrières, élevages, etc., régis par la législation sur les Installations Classées ;
- Le transport de matières dangereuses par voie terrestre, ferroviaire, fluviale ou maritime ;
- La distribution et l'utilisation du gaz naturel ;
- Les équipements sous pression ;
- Les mines et les stockages souterrains ;
- Les digues et barrages.

ARIA répertorie plus de 54 000 accidents ou incidents survenus en France ou à l'étranger, dont environ 1 900 nouveaux événements chaque année. Il convient de noter qu'ARIA inclut également la notion de « presque accident », qui correspond à des situations anormales ne résultant pas en des conséquences matérielles, humaines ou environnementales, mais qui offrent néanmoins des enseignements précieux pour la prévention des risques. Ces « presque accidents » sont pris en compte dans la base de données afin de tirer des leçons des défaillances et d'améliorer la sécurité.

Les informations recueillies dans ARIA comprennent les circonstances, les causes et les conséquences des accidents, ainsi que les mesures prises pour prévenir leur récurrence et limiter leurs impacts. Les sources d'information utilisées sont variées, telles que les services de secours, les inspections environnementales, les organismes professionnels, les médias et les correspondants étrangers.

La base de données ARIA n'est pas exhaustive, elle vise à être une "mémoire vivante" de l'accidentologie, permettant d'enrichir en permanence les connaissances et d'améliorer la prévention des risques. Cependant, il convient de souligner que depuis plusieurs années, les accidents survenus dans les établissements présentant des risques majeurs et les accidents mortels survenus dans les installations classées sont systématiquement répertoriés.

Les événements sont classés selon l'Echelle européenne des accidents, une échelle allant de 0 à 6 en fonction de plusieurs critères : Matières dangereuses relâchées ; Conséquences humaines et sociales ; Conséquences environnementales ; Conséquences économiques. En plus de critères de sélection classiques (secteur d'activité, date, lieu, etc.), les accidents ont une description de l'événement associé, qui n'est pas homogène d'un accident à l'autre, en fonction des sources mobilisées pour le renseigner et du souci de précision de la personne qui se charge de ce travail.

#### ■ Activités liées aux déchets ménagers

Dans le cadre de l'étude sur les travailleurs des ordures ménagères, les critères d'extraction visent à fournir une image réelle et à jour de la situation récente. Ainsi, la recherche a été

<sup>33</sup> <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>.

limitée à la période janvier 2010 - juin 2022, en France, dans les secteurs d'activité sous les codes NAF 3811z (Collecte des déchets non dangereux) et 3821z (Traitement et élimination des déchets non dangereux). Pour prendre en compte le risque pour les travailleurs, seuls les accidents classés de niveau 1 à 6 sur l'échelle des Conséquences humaines et sociales ont été conservés.

Ensuite, un travail manuel basé sur les descriptions des accidents a été effectué pour éliminer ceux qui ne concernaient pas les salariés des entreprises (uniquement la population environnante ou les secours). Ce tri manuel a également permis d'identifier les accidents concernant uniquement les travailleurs des ordures ménagères (collecte, tri, traitement).

En données brutes, sur la période on peut repérer 102 accidents, dont :

- 74 incendies
- 8 intoxications
- 5 explosions
- 3 chutes
- Le reste étant des projections, de l'ensevelissement, des chutes, de l'anoxie, etc.

La répartition des accidents par type d'activité est la suivante :

- 39 centres de tri,
- 17 incinérateurs,
- 13 sites de stockage de déchets non dangereux (DND),
- 9 sites de traitement de DND,
- 7 centres de compostage
- 7 déchetteries
- Le reste étant des centres de collecte, centres de transit, méthaniseur, collecte et centrale de biomasse.

Vingt-cinq entreprises ayant subi préalablement un accident étaient des cas de « récidence ».

Parmi les 102 accidents, 72 ont eu des conséquences humaines et sociales sans conséquences économiques, environnementales ou matérielles.

Les 3 étapes pour lesquelles le plus grand nombre d'accidents ont été recensés, tri, incinération et stockage, sont décrites ci-après.

#### ■ Activités en centres de tri

Dans un second temps, nous avons focalisé nos analyses sur les centres de tri, qui font apparaître 39 accidents. Cette étape de la prise en charge des déchets concentre donc la majorité des accidents industriels renseignés dans la base ARIA.

#### *Types d'accident*

Parmi ces 39 accidents, 34 sont des incendies, 4 sont libellés comme « intoxications » et un accident de travail grave (main arrachée). Comme ce dernier cas est sans doute mieux décrit dans la base Epicéa, nous nous focaliserons sur les 38 premiers accidents.

#### *Conséquences*

Sur les 39 accidents, 29 ont eu des conséquences humaines et sociales sans conséquences économiques, environnementales ou matérielles.

Les conséquences en matière de santé se partagent entre 4 intoxications avec des solvants ou autre substances chimiques présentes dans les déchets, une main arrachée, une brûlure

au coude, 3 personnes blessées à différents endroits du corps (épaule, tête, mains) suite à leurs tentatives de maîtriser l'incendie, et 3 personnes dont les blessures ne sont pas détaillées. Les 27 autres accidents ont eu comme conséquences différents niveaux d'exposition aux fumées d'incendie (indisposition, gêne, intoxication...).

Sur les 39 centres de tri, 12 étaient en « récédive ».

#### *Causes des accidents*

En se fondant sur la description des accidents et les informations disponibles, sans préjuger de leur qualité, une identification des causes principales a été effectuée lorsque cela était possible. Plusieurs catégories ont été ainsi définies.

Pour 12 accidents, la cause n'est pas spécifiée dans la description. Pour 3 autres, la cause est qualifiée d'accidentelle par la presse ou les premiers éléments de l'enquête. Pour 8 accidents, la cause est interne, ces accidents étant principalement dus à des problèmes survenus lors du soudage ou à des non-conformités constatées. Pour 13 accidents, la cause est considérée comme externe, impliquant la présence d'un élément indésirable (fusée de détresse, certains aérosols, bouteille d'essence) ou un acte criminel.

#### **Exemple de description d'accident de la base (ARIA 53682)**

Un samedi vers 20 h, dans un centre de tri, un feu se déclare dans un bâtiment de 4 500 m<sup>2</sup> contenant un stock de 2 000 t de déchets (de 5 à 8 m de hauteur). Le gardien alerte les secours. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place. Une partie des déchets est extraite du bâtiment et étalée sur un parking pour faciliter l'extinction. L'incendie est circonscrit vers 22h50 avec 9 lances. Des exutoires sont créés dans la toiture pour favoriser l'évacuation des fumées. Le lendemain, de nombreux foyers résiduels persistent. Un déblai est mené au moyen d'engins de chantier. Un dispositif hydraulique est maintenu. Des rondes sont effectuées les jours suivants. Les déchets sont évacués 2 jours après l'incendie dans une installation de traitement. Les eaux d'extinction sont confinées dans 2 bassins, pompées par une société agréée, et envoyées en centre de traitement. Le bâtiment est endommagé, 58 salariés sont en chômage technique. Une personne est légèrement blessée. Selon l'exploitant, la présence d'une batterie ou d'un déchet non conforme serait à l'origine de l'incident. Un feu s'est déjà déclaré sur le site 2 mois plus tôt.

#### ■ Activité : Incinération

##### *Résumé des accidents*

Au total, 17 accidents ont été recensés dans les activités d'incinération. Parmi eux, 8 concernent des incendies, tandis que 4 impliquent des projections de liquides corrosifs ou de vapeurs. Deux explosions ont également été signalées, ainsi qu'une chute d'objet, impliquant un bloc de béton ayant blessé un sous-traitant. Un dégagement de fumée, dû à un dysfonctionnement du système de traitement des fumées, a été répertorié, de même qu'un cas d'ensevelissement lié aux cendres, ayant causé un décès.

##### *Conséquences*

Sur les 17 accidents, 9 ont engendré des impacts humains et sociaux, sans répercussions économiques, matérielles ou environnementales. Aucun accident n'a eu de conséquences environnementales.

Les répercussions humaines varient. Lors des incendies, une majorité d'incidents ont causé des incommodations légères ou des examens à l'hôpital sans suite. Toutefois, un décès et deux blessés graves sont à déplorer. L'ensevelissement a entraîné un décès. Les projections de liquides corrosifs ou de vapeurs ont causé deux brûlés graves et plusieurs incommodations. Une explosion a également provoqué une brûlure chez un salarié. La chute d'un objet a causé un traumatisme crânien chez un sous-traitant.

Parmi les 17 incinérateurs concernés, 3 installations étaient en récidive.

#### *Causes des accidents*

Pour sept accidents, aucune cause n'a pu être identifiée. Quatre accidents sont attribués à des causes externes, telles que la présence de déchets non conformes à l'incinération ou des pannes d'alimentation électrique. Quatre autres ont des causes internes variées, dont deux liés à une mauvaise identification des vannes (acide/base) et deux à l'absence de plan de prévention pour des sous-traitants. Enfin, deux accidents auraient pu être évités si une surveillance adaptée aux phénomènes concernés avait été correctement mise en place.

#### ■ Activité : Stockage

##### *Résumé des accidents*

Au total, 13 accidents ont été enregistrés dans les activités de stockage. Parmi ceux-ci, 9 concernent des incendies, tandis qu'une explosion a été signalée. Deux cas d'intoxication, probablement liés au CO<sub>2</sub> et au Cl<sub>2</sub>, ont également été répertoriés, ainsi qu'un accident impliquant un véhicule.

##### *Conséquences :*

Sur les 13 accidents, 11 ont eu des impacts humains et sociaux sans conséquences économiques, matérielles ou environnementales.

La plupart des accidents ont causé des intoxications ou des incommodations dues aux fumées générées par les incendies.

Deux cas plus graves sont relatés : une anoxie avec perte de connaissance lors de l'intoxication au CO<sub>2</sub> et la blessure à la tête du chauffeur lors du renversement du camion.

Parmi les 13 centres de stockage concernés, 3 installations étaient en récidive.

##### *Causes des accidents :*

Pour sept accidents, aucune cause définie n'a pu être déterminée. Quatre incendies ont été attribués à des causes externes, notamment la présence de déchets non conformes, comme des fusées de détresse. Les deux derniers accidents sont liés à des causes internes, telles qu'un mauvais chargement d'un camion et l'absence de protocole d'intervention en espaces confinés.

#### ■ Conclusions

Sur la période 2010-2022 dans le secteur des déchets, 102 accidents ont été identifiés comme entraînant au moins une conséquence humaine et sociale. Les principales filiales concernées sont : les centres de tri, les incinérateurs, et les centres de stockage.

L'analyse des accidents recensés dans la base ARIA met en évidence plusieurs tendances :

- **Prédominance des incendies** : Les incendies constituent le type d'accident le plus fréquemment enregistré quelle que soit l'activité étudiée.
- **Centres de tri** : Au sein des activités liées aux déchets ménagers renseignés dans la base ARIA, les centres de tri concentrent la majorité des accidents industriels ayant entraîné des conséquences humaines et sociales.

- **Récurrence des incidents** : Un nombre important d'installations (environ 25 % des cas dans certaines activités) présentent des récurrences, soulignant la nécessité de suivi post-accident afin de renforcer les mesures de prévention.
- **Causes variées** : Les causes des accidents incluent des facteurs internes (non-conformités, erreurs humaines) et plus d'un quart, des facteurs externes (présence de déchets non conformes ou actes malveillants). Cependant, dans plus d'un tiers de cas, les causes restent indéterminées, ce qui complexifie l'élaboration de mesures préventives.

Bien que la base ARIA recense un nombre significatif d'accidents (plus de 60 000), elle ne peut être considérée comme exhaustive. Sa représentativité dépend largement des déclarations effectuées, principalement par les services de secours. Néanmoins, il est important de souligner que, depuis plusieurs années, les accidents survenus dans les établissements à risques majeurs ainsi que les accidents mortels impliquant des installations classées sont systématiquement intégrés à la base.

### 3.4.5 Epicéa

#### ■ Présentation de la base

La base de données Epicéa de l'INRS répertorie des cas d'accidents du travail graves voire mortels survenus depuis 1990 et concernant des salariés du régime général de la Sécurité sociale. Le recensement des accidents du travail dans la base n'est pas exhaustif et son contenu (description des causes et du déroulement des accidents) est utilisé principalement à titre informatif, dans une perspective de sensibilisation et d'amélioration de la prévention.

#### ■ Méthode

Une recherche a été réalisée sur l'ensemble de la base en utilisant les mots clés suivants : éboueur déchet\* ordures\* incinérat\* méthanisat\* ripeur tri compostage. Cette recherche a permis d'identifier 665 dossiers qui ont fait l'objet d'un tri en vue de supprimer les dossiers en doublon et les cas hors champ (*déchets hors champ* : textiles, bois, pneus, ferrailles, déchets médicaux, DEEE, DIB, déchets d'abattoirs, déchets de fonderie ; *activités hors champ* : fabrication de papier, réparation de toiture, transport de marchandises, tri de colis, fabrication de pièces métalliques... ou *données insuffisantes* pour analyser le cas).

#### ■ Résultats

Au final, 194 cas ont été inclus dans l'analyse.

Pour l'ensemble des cas inclus, sur la base des informations renseignées, une description à partir de plusieurs paramètres a été réalisée :

- Etape de la prise en charge des déchets concernée : collecte, tri, transfert et transport, incinération, déchetterie, stockage, recyclage, compostage, méthanisation.
- Type d'accident : accidents routiers professionnels, accidents de la circulation, collisions engins salariés/usagers, accident machine, accident d'engin, malaises, suicides.
- Atteintes à la santé (telles que décrites/mentionnées) : décès, amputations, blessures, indéterminées et impacts sur la santé mentale.
- Profil de la victime : poste occupé, âge, genre, statut d'emploi et niveau d'expérience dans le poste/secteur.

Le détail des modes de classification utilisés par le GT pour parvenir à la description des types d'accidents est disponible en Annexe 4.

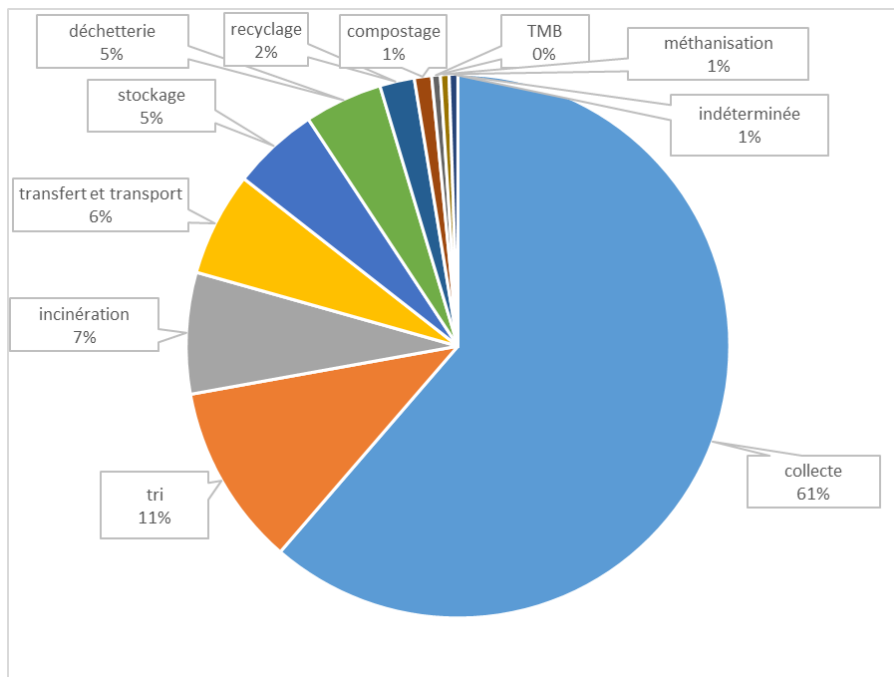


Figure 21 : Proportion que représente chaque étape parmi les 194 cas inclus

La collecte est de loin l'étape la plus représentée avec 119 cas, suivie par le tri (21 cas) puis l'incinération (14 cas). Les autres étapes représentent 10 cas ou moins (Cf. Figure 21).

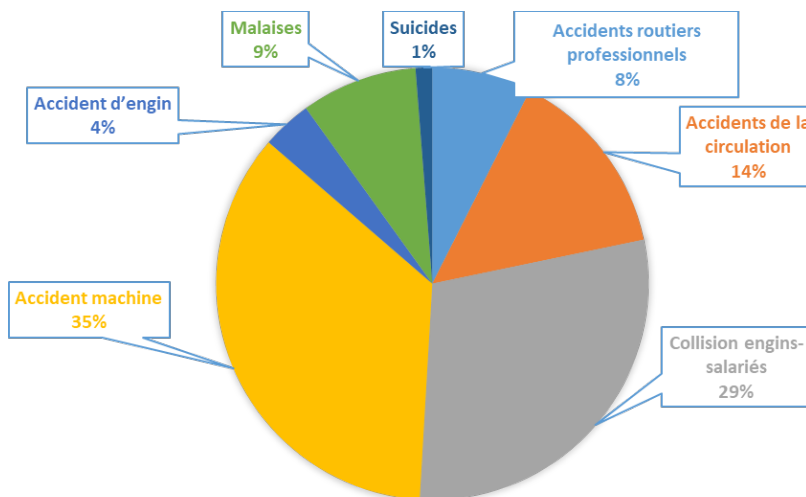


Figure 22 : Répartition des types d'accidents parmi les 194 cas inclus

Les accidents les plus représentés sont les accidents « machine » (35% des accidents identifiés), suivis par les collisions engins-salariés (29%) et les accidents de la circulation (14%) (Cf. Figure 22).

La répartition des types d'accidents varie selon les étapes considérées. Un focus sur les étapes de collecte et tri, pour lesquelles au moins 20 cas ont été identifiées, est proposé ci-après.

**Collecte en porte à porte**

La collecte représente 61% (soit n=119) des 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa. Soixante-dix-sept cas de décès (sur 117 décès recensés au total dans notre population d'étude, soit 66% du nombre total de décès) sont dénombrés parmi les accidents recensés dans la collecte. La typologie des 119 accidents survenus sur la période 1990-2021 est présentée sur le graphe ci-dessous (Figure 23). Un tiers des accidents sont des collisions engins-piétons (collision entre le camion benne et le ripeur) et près de 20% sont des accidents de la circulation (ripeur renversé par le véhicule d'un particulier). Viennent ensuite des accidents machine (membre du ripeur happé/coincé par la BOM) et les malaises. Les accidents concernent majoritairement les ripeurs (82%), puis les conducteurs (15%).

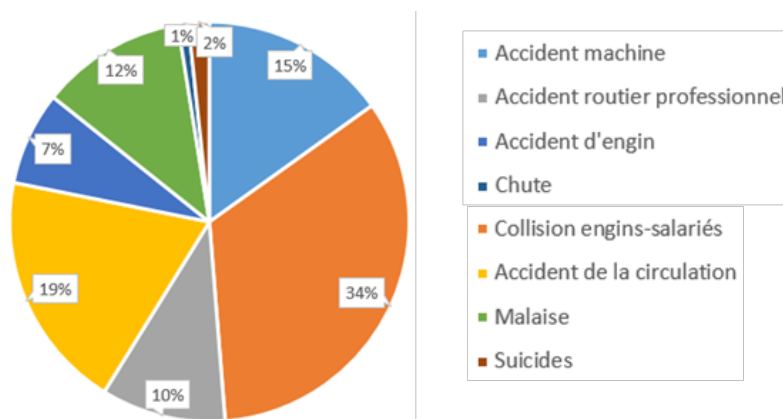


Figure 23 : Typologie des accidents recensés dans Epicéa survenus dans les activités de collecte sur la période 1990-2021 (119 cas)

Le graphe ci-dessous illustre les différences de répartition des types d'accidents observées dans les activités de collecte entre les périodes 1990-2008 et post 2008 (Figure 24). L'année 2008 correspond à la date de publication des recommandations de prévention Cnam spécifiques aux activités de collecte, notamment l'interdiction de la marche arrière pour les BOM. On observe une diminution du pourcentage de collisions engins-salariés et on dénombre 3 cas d'accidents dus à une marche arrière de la BOM après 2008 contre 25 entre 1990 et 2008 (inclus).

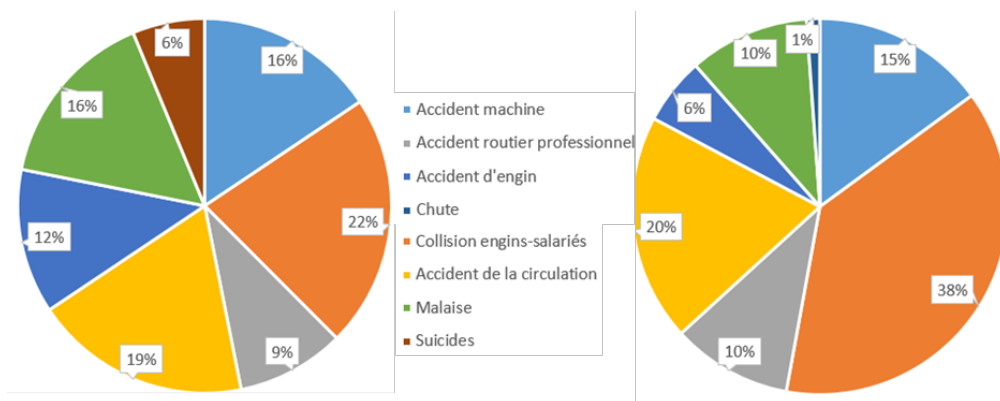


Figure 24 : Répartition des types d'accidents recensés dans Epicéa survenus dans les activités de collecte sur la période 1990-2008 (graphe de gauche - n = 87 cas) et sur la période post 2008 (graphe de droite - n = 32 cas)

## Tri

Le tri représente 11% (soit n=22) des 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa. Onze cas de décès (sur 117 décès recensés au total dans notre population d'étude, soit 9% du nombre total de décès) sont dénombrés parmi les accidents recensés dans les activités de tri.

La répartition de typologie des 22 accidents survenus sur la période 1990-2020 est illustrée sur la Figure 25.

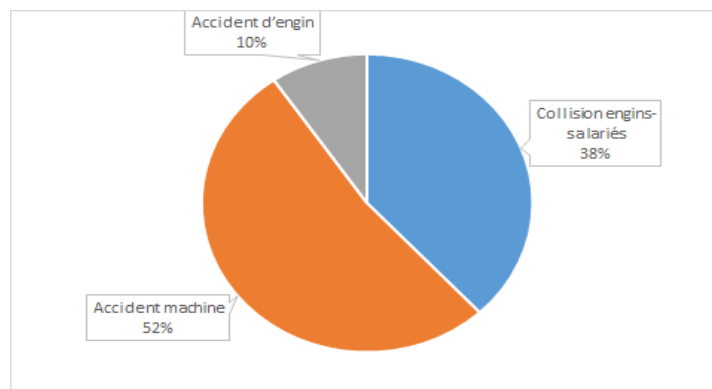


Figure 25 : Répartition des typologies d'accidents recensés dans Epicéa pour les activités de tri

Un peu plus de la moitié des cas (12/22) sont des accidents machine (membre du trieur happé/coincé dans le convoyeur à bandes ou à rouleaux, travailleur coincé/écrasé par la presse à balles ou le compacteur de papiers-cartons). Ils concernent principalement des ouvriers non qualifiés (trieurs, manœuvres et manutentionnaires et caristes) et ont entraîné des blessures graves, notamment des amputations ainsi que des décès.

Plus d'un tiers des accidents (8/22) sont des collisions engins-piétons. La plupart sont des collisions entre un chariot automoteur/une chargeuse en marche arrière et un trieur/manutentionnaire évoluant à proximité de l'engin. Ces accidents ont entraîné des blessures graves, notamment des fractures ainsi que des décès.

Les 2 autres cas sont des accidents d'engins survenus au moment de la conduite de chariot automoteurs et ont entraîné le décès des salariés conduisant les engins.

### **Mise en perspective avec les données issues des portraits statistiques de métiers (Dares)**

Le portrait statistique des métiers proposé par la Dares fournit des cartes, des graphiques, des tableaux et des commentaires pour comprendre les caractéristiques d'un métier.

Les 2 codes PCS suivants ont été utilisés pour dresser le portrait statistique des métiers de la prise en charge des OM :

- 628e : Ouvriers qualifiés de l'assainissement et du traitement des déchets
- 684b : Ouvriers non qualifiés de l'assainissement et du traitement des déchets

En 2017-2019, le métier « ouvriers de l'assainissement et du traitement des déchets » (regroupant les 2 codes PCS ci-dessus) comprend 60 000 personnes dont 6 % de femmes, 22 % de personnes de moins de 30 ans et 25 % de plus de 50 ans. Près de la moitié d'entre elles (44 %) sont sans aucun diplôme ou avec un diplôme de niveau CEP ou brevet des collèges.

Dans cette profession, 49 % des personnes travaillent le samedi, 18 % le dimanche, et 21 % de nuit.

Parmi les salariés à temps complet, 31 % déclarent gagner moins de 1 500 € nets par mois, et 1 % déclarent gagner plus de 3 000 €. Le salaire net médian à temps complet s'élève à 1 600 € par mois en 2017-2019.

Au niveau national, la tension et les difficultés de recrutement en 2019 chez les ouvriers de l'assainissement et du traitement des déchets sont faibles. Les tableaux détaillés rapportent 76 % de CDI, 12 % de CDD, 12 % d'intérimaires.

**Il y a moins (en proportion) de CDI chez les victimes d'accidents Epicéa (57 %) et plus d'intérim (18 %) et de CDD-contrat aidés (15 %, sans compter les 9 % de contrats "autres" ou "inconnus" qui ne doivent pas être bien stables).**

#### ■ Conclusions

La collecte représente la grande majorité des cas identifiés dans la base (119 cas), suivie par le tri (21 cas) puis l'incinération (14 cas). Les autres étapes représentent 10 cas ou moins. Le recensement des accidents dans la base Epicéa n'est pas exhaustif et ne permet pas de tirer des enseignements statistiques des données extraites mais il permet toutefois d'illustrer des typologies d'accidents survenus dans les différentes étapes.

### 3.4.6 RNV3P

#### 3.4.6.1 Présentation de la base

Le Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P) est simultanément un réseau de compétences en santé au travail et santé environnementale, et une base de données sanitaires. Il réunit l'ensemble des 28 centres de consultation de pathologie professionnelle et environnementale (CCPPE) français, dont les données de consultations (données démographiques du patient, pathologies, expositions, secteurs d'activité, professions, imputabilités entre pathologie et exposition, etc...) sont enregistrées dans le système d'information du RNV3P. Une présentation détaillée de la base RNV3P, de ses objectifs principaux et des référentiels utilisés pour le codage est présentée en Annexe 5.

A noter que les données des CCPPE reflètent un système de recours à l'expertise de médecins spécialistes de la santé au travail et ne sont **pas représentatives de l'ensemble des maladies en lien avec le travail sur le territoire français**, le recrutement des patients dépendant principalement des médecins, autres professionnels de la santé ou tiers (par exemple avocat, association, etc...) qui les y adressent. Ces données sont **utiles dans un objectif de vigilance des risques professionnels ou environnementaux**, en permettant de repérer et de décrire des situations à risque sanitaire (ré)-émergentes. Instruits par des spécialistes des maladies en lien avec le travail et l'environnement, les dossiers enregistrés couvrent l'ensemble des maladies suspectées d'être professionnelles (indépendamment des considérations médico-légales d'indemnisation) ou environnementales et documentent précisément les expositions.

Au sein du RNV3P, les données recueillies lors de la consultation d'un patient (données individuelles du patient, données médicales issues de l'examen clinique, données relatives à l'exposition professionnelle ou environnementale du patient) constituent un problème de santé

(PS). Lorsque l'avis du médecin du CCPPE est en lien le diagnostic de l'origine professionnelle et/ou environnementale de la maladie, avec la question de l'imputabilité de l'exposition dans la survenue de la maladie. Le médecin cherche un éventuel lien entre les expositions professionnelles ou environnementales du patient et sa maladie. Il estime ensuite la probabilité de lien entre l'affection du patient et chacune des expositions recensées et il attribue à chaque couple « maladie-exposition » un niveau d'imputabilité de : 0 = pas de relation ; 1 = faible ou douteux ; 2 = moyen (vraisemblable) ; 3 = fort (très vraisemblable). A la fin de la consultation, lorsqu'une des expositions professionnelles du patient a un niveau d'imputabilité supérieur ou égal à faible, le PS est catégorisé en Pathologie en relation avec le travail (PRT).

### 3.4.6.2 Méthode d'extraction des données relatives aux activités liées aux déchets

L'objectif est d'identifier et de décrire les pathologies en relation avec le travail (PRT) recensées dans la base pour les travailleurs impliqués dans les activités de prise en charge des ordures ménagères.

L'extraction et la description des données ont été effectuées en 3 étapes successives :

- **Etape 1 : Identification et description des PRT des travailleurs des OM relevant de la présente saisine (population totale OM)**

Le détail de la méthodologie utilisée pour cette première étape d'identification est présenté en Annexe 5. Cette stratégie de sélection a permis d'identifier **910 PRT** au sein de la base sur la période 2001-2021 qui représentent la « **population totale OM** ». A partir des données renseignées dans la base, chacune des 910 PRT a été associée à une étape de la prise en charge des OM : collecte (incluant les activités de balayage de la voie publique souvent réalisées par les mêmes travailleurs), tri, déchetterie, recyclage, incinération, compostage, stockage, méthanisation. Pour certaines PRT (classées « traitement »), les données disponibles étaient insuffisantes pour préciser l'étape de traitement des OM. Pour 3 PRT (« autres non classées »), il n'a pas été possible de distinguer s'il s'agissait de collecte ou de traitement.

- **Etape 2 : Identification au sein de la « population totale OM » des PRT des ouvriers des OM (« population ouvrière OM »).**

A partir de la « population totale OM », une sélection des PRT correspondants aux postes de travail codés CITP-07 « Métiers qualifiés de l'industrie et de l'artisanat », 08 « Conducteurs d'installations et de machines, et ouvriers de l'assemblage », et 09 « Professions élémentaires » a été effectuée. Cette stratégie de sélection a permis d'identifier **833 PRT qui représentent la « population ouvrière OM »**

- **Etape 3 : Identification (à des fins de comparaison) des PRT de la « population ouvrière RNV3P hors population ouvrière OM ».**

A des fins d'analyse des différences de pathologies observées entre des populations « ouvrières », une sélection des PRT correspondants aux mêmes codes CITP (07, 08, 09) pour les travailleurs du reste de la base (hors population OM) a également été effectuée. Cette stratégie a permis l'identification de 96 705 PRT qui représentent la « **population ouvrière RNV3P (hors OM)** ».

La Figure 26 illustre les différentes populations considérées dans l'analyse des PRT.

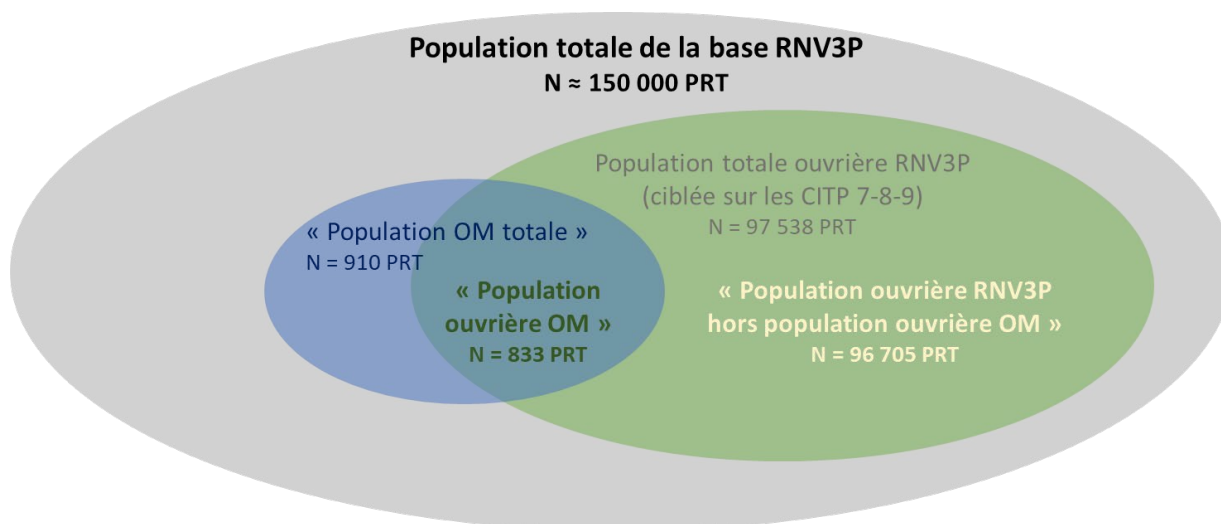


Figure 26 : Populations de la base RNV3P considérées dans l'analyse et nombre de pathologies en relations avec le travail (PRT) associées

### 3.4.6.3 Résultats

#### ■ Description et analyse de la « population totale OM »

Les tableaux décrivant les caractéristiques socio-démographiques de la population totale OM, la répartition par secteur d'activité et par étape de charge des OM sont présentés en Annexe 5.

Brièvement Il s'agit d'une population majoritairement masculine (88 % d'hommes). L'âge médian des patients au moment où le problème a été notifié la première fois est de 48 ans. La répartition des 910 PRT en fonction des secteurs d'activité (codés selon la NAF-08) indique que plus de la moitié des cas identifiés relèvent du secteur public. Plus de deux tiers des cas (694 PRT) relèvent des activités de collecte. Seules 4 autres étapes dépassent le nombre de 20 PRT : dans l'ordre, on trouve le tri (73 PRT), la déchetterie (58 PRT), le recyclage (25 PRT) et l'incinération (24 PRT). Tous genres confondus, les éboueurs (318 PRT) et les balayeurs (295 PRT) représentent chacun un tiers des cas identifiés. Suivent les trieurs (83 PRT), les chauffeurs de poids lourds (73 PRT) et les postes administratifs (43 PRT).

Concernant la répartition des postes de travail au sein des différentes étapes de la prise en charge des déchets, il ressort que la majorité des postes associés à l'étape de tri sont des « trieurs de déchets ». Les postes représentés au sein de l'étape de collecte sont répartis équitablement entre les « éboueurs » et les « balayeurs » (plus de 40 % des 694 PRT chacun), auxquels viennent s'ajouter les « chauffeurs de poids lourds ».

Tous genres confondus, les TMS et autres pathologies ostéo-articulaires représentent la majorité des pathologies principales identifiées (427 PRT). Viennent ensuite les pathologies psychiques (113 PRT), les maladies de l'oreille (99 PRT), les maladies respiratoires (96 PRT), les maladies de la peau (56 PRT) et les tumeurs malignes (52 PRT). Un nombre de cas plus restreint de lésions traumatiques/empoisonnements (20 PRT), maladies infectieuses (13 PRT) et maladies du système nerveux (10 PRT) est également observé. Cette répartition est globalement similaire chez les hommes et les femmes, hormis pour les pathologies psychiques qui sont surreprésentées chez les femmes (38 % versus 12 % tous genres confondus),

Si on s'intéresse à la répartition des pathologies principales, tous genres confondus, au sein des étapes pour lesquelles au moins 20 PRT ont été identifiées :

- Au sein des étapes de collecte (694 PRT), tri (73 PRT) et déchetterie (58 PRT), la répartition globale des PRT est identique : les TMS sont majoritaires, suivis par les pathologies psychiques (un peu moins représentées dans la collecte), les surdités (surreprésentées dans la collecte), les pathologies respiratoires (surreprésentées dans les déchetteries), les maladies cutanées et les tumeurs malignes.
- Au sein de l'étape de recyclage (25 PRT), les TMS sont moins nombreux et plus de pathologies psychiques et de surdités sont observées.
- Au sein de l'étape d'incinération (24 PRT), les pathologies majoritaires sont les pathologies respiratoires et les tumeurs malignes.

■ Principales différences observées entre la « population totale OM » et la « population ouvrière OM »

La sélection au sein de la « population totale OM » des PRT correspondant aux postes de travail codés CITP-07, 08 et 09, a entraîné la suppression « mécanique » de 77 PRT correspondant aux postes de travail suivants : postes administratifs (43 PRT), techniciens (12 PRT), conducteurs d'incinérateurs (11 PRT) et gardiens (10 PRT). Cette suppression n'est pas un choix délibéré du GT d'évincer certains postes, seulement une conséquence de la stratégie de sélection mise en œuvre dans l'objectif de comparer des populations « ouvrières », identifiées à l'aide des codes CITP retenus.

Les suppressions de PRT se répartissent entre 43 PRT dans la population d'hommes et 34 PRT dans la population de femmes, ce qui représente une perte de près d'un tiers des effectifs féminins contre environ 5 % des effectifs masculins. Cette baisse s'explique par le fait que les postes administratifs sont particulièrement représentés chez les femmes. La perte de ces postes dans la sélection de la population ouvrière entraîne une baisse des effectifs féminins dans la collecte, le recyclage et les déchetteries.

Des baisses notables du nombre de PRT par étape sont observées pour le recyclage (-10 PRT) qui comprenait initialement un pourcentage élevé de postes administratifs, l'incinération en lien avec la perte des conducteurs d'incinérateurs (-13PRT) et les déchetteries, en lien avec la perte des postes administratifs, techniciens et gardiens (-16PRT).

Entre les 2 populations, la répartition des PRT selon le type de pathologies reste globalement la même. Des différences peuvent être relevées pour les pathologies psychiques et les pathologies respiratoires.

Une diminution du nombre de cas de pathologies psychiques (-39 cas au total dont 29 chez les femmes) est observée dans la « population ouvrière OM » ce qui s'explique par la suppression des postes administratifs. Ces pathologies représentaient en effet dans la « population totale OM » 81 % des PRT identifiées pour les postes administratifs. L'analyse du détail des pathologies psychiques le plus fréquemment observées au sein de ces 2 populations ne montre pas de différences majeures, tous genres confondus et par genre (troubles anxieux, épisodes dépressifs et réaction à un facteur de stress sévère/troubles de l'adaptation).

Une diminution du nombre de cas de pathologies respiratoires (-16 cas dont 13 chez les hommes) est observée dans la « population ouvrière OM ». Ces pathologies représentaient notamment 46 % des 11 PRT identifiées pour les conducteurs d'incinérateur et 50 % des 12 PRT identifiées pour les techniciens. L'analyse du détail des pathologies respiratoires le plus fréquemment observées au sein de ces 2 populations ne montre pas de différences majeures, tous genres confondus (asthme, autres maladies pulmonaires obstructives chroniques, plaque

pleurale et rhinite allergique et vasomotrice) et par genre (femmes : asthme, rhinite allergique et vasomotrice et laryngite et trachéite aiguës ; hommes : asthme, autres maladies pulmonaires obstructives chroniques, plaque pleurale).

- Comparaison de la « population ouvrière OM » avec la « population ouvrière RNV3P »

### Caractéristiques sociodémographiques

Les ordres de grandeur des effectifs de ces 2 populations sont très différents : 833 pour la « population ouvrière OM » contre 96 629 pour la « population ouvrière RNV3P ». Les 2 populations regroupent une majorité d'hommes ( $\geq 80\%$ ), et cette majorité s'avère plus marquée dans la « population ouvrière OM » (91 %). La moyenne d'âge des patients au moment où le problème de santé a été notifié la première fois est plus basse dans la « population ouvrière OM » (47,5 ans) que dans la « population ouvrière RNV3P » (52,8 ans).

**Tableau 8 : Caractéristiques sociodémographiques de la « population ouvrière OM » et de la « population ouvrière RNV3P hors OM »**

Age (ans)	« population ouvrière OM » (CITP 7/8/9)			« population ouvrière RNV3P hors OM » (CITP 7/8/9)		
	Femme, n = 75 (9.0%)	Homme, n = 758 (91%)	Total (833)	Femme, n = 19324 (20%)	Homme, n = 77305 (80%)	Total (96629)
Moyenne ( $\pm$ écart-type)	43.2 ( $\pm$ 10.1)	47.9 ( $\pm$ 10.4)	47.5 ( $\pm$ 10.5)	47.6 ( $\pm$ 12.0)	54.1 ( $\pm$ 14.9)	52.8 ( $\pm$ 14.6)
Médiane	44	49	48	49	55	54
Min - Max	[21-61]	[19-83]	[19-83]	[15-102]	[15-105]	[15-105]

*L'âge retenu dans cette analyse correspond à l'âge du patient au moment où le problème a été notifié la première fois. Cet âge peut être supérieur à l'âge des personnes actives car le CCPP accueille aussi des personnes à la retraite.*

### Principaux secteurs d'activité et postes de travail représentés

La comparaison des secteurs d'activité représentés au sein des 2 populations montre que la majorité des cas observés dans la « population ouvrière OM » relèvent de l'administration publique générale, tous genres confondus. Au sein de la « population ouvrière RNV3P », les femmes se répartissent d'abord dans l'industrie manufacturière (26 %), puis dans les domaines de la santé humaine sociale (16 %), l'administration publique (13 %) et les activités de services administratifs et de soutien (12 %). Les hommes se retrouvent principalement dans l'industrie manufacturière (38 %) puis la construction (28 %).

Ces observations se traduisent par une répartition différente des postes de travail. Pour les femmes, au sein de la « population ouvrière OM », les principaux postes de travail représentés sont les « trieuses », « balayeuses » et « éboueuses », alors qu'au sein de la « population ouvrière RNV3P », plus de la moitié des postes représentés sont des « aides de ménages ». Pour les hommes, près de 80 % des postes représentés au sein de la « population ouvrière OM » sont « éboueurs » et « balayeurs » alors qu'au sein de la « population ouvrière RNV3P », on retrouve une majorité de « métiers qualifiés du bâtiment et de la métallurgie ».

### ***Pathologies principales***

La description des pathologies dans la « population ouvrière OM » et dans « la « population ouvrière RNV3P » est rapportée en Annexe 5.

Du fait de la nette prédominance des hommes dans la population ouvrière OM mais également dans la population ouvrière RNV3P, la description des pathologies tous genres confondus reflète la répartition chez les hommes.

Tous genres confondus, au sein de la « population ouvrière RNV3P », un tiers des pathologies sont des maladies respiratoires, suivies par les TMS (23 %) et les tumeurs malignes (20 %), puis les atteintes cutanées (10 %), pathologies psychiques (7 %) et maladies de l'oreille (5 %). Au sein de la « population ouvrière OM », les TMS sont largement majoritaires (> 50 %), elles représentent ainsi plus du double en proportion par rapport à ce qui est observé dans le reste de la base (51% versus 23%). La proportion des atteintes de l'audition (surdités) (11 %) apparaît globalement doublée dans le secteur des déchets par rapport au reste de la base (5%). Les maladies infectieuses, bien que représentant un faible effectif (13 PRT), semblent en proportion beaucoup plus importantes dans le secteur des déchets que dans le reste de la base (2% versus 0,3%). A l'inverse, dans le secteur des déchets il semble y avoir moins de cancers (6 % versus 20%), de pathologies respiratoires (10 % versus 29%) et un peu moins de dermatoses (6 % versus 10%) que dans la « population ouvrière RNV3P ».

Chez les hommes, la répartition des pathologies entre les 2 populations correspond aux observations tous genres confondus. Le fait qu'au sein de la « population ouvrière RNV3P » soient observées parmi les pathologies principales des maladies respiratoires, tumeurs malignes et TMS s'explique peut-être par le fait que la « population ouvrière RNV3P » décrite exerce majoritairement des activités d'ouvriers du bâtiment et du secteur métallurgique.

### ***Détail des types de pathologies***

Pour l'ensemble des pathologies principales observées, le détail des types de pathologies décrites a été analysé, selon la population ouvrière et en fonction du genre.

L'analyse montre des similarités pour les pathologies principales suivantes :

- Surdité : autres pertes de l'audition, surdité de transmission et neurosensorielle, autres maladies de l'oreille interne.
- Pathologies psychiques : épisodes dépressifs, réactions à un facteur de stress sévère, et troubles de l'adaptation, autres troubles anxieux.
- Pathologies cutanées : dermatite irritante de contact, dermatite allergique de contact, dermatite de contact – sans précision.

A l'inverse, pour les pathologies principales « TMS », « infections », « pathologies respiratoires » et « cancers et hémopathies malignes », des différences selon la population ouvrière et en fonction du genre ont été relevées et sont décrites ci-après.

Les localisations des TMS sont différentes entre hommes et femmes. Parmi l'ensemble des TMS identifiés, la Figure 27 ci-dessous présente les 3 troubles les plus fréquents au sein de chaque sous-population d'étude. Quelle que soit la population ouvrière, les hommes présentent d'abord des atteintes du dos et des épaules puis des tendinites du coude. Chez les femmes, on observe également des différences selon la population ouvrière. Les types de TMS observées au sein de la « population ouvrière OM », atteintes des épaules, du coude et

syndrome du canal carpien, sont liés à la proportion de femmes exerçant des activités de tri au sein de cette population.

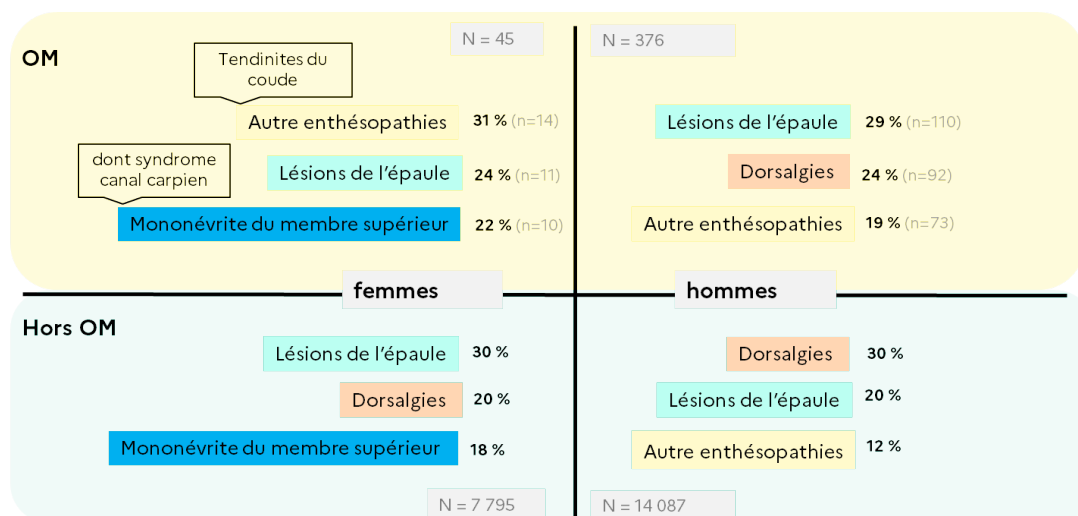


Figure 27 : Répartition des 3 types de TMS les plus fréquentes selon la population ouvrière et le genre

Les effectifs observés pour les infections sont très limités mais les différences observées semblent suffisamment notables pour être discutées, d'autant que le nombre global d'infections observées au sein des 2 populations ouvrières n'est pas proportionnel à l'effectif total de chaque population. Au sein de la « population ouvrière OM », 4 cas d'aspergillose et 3 cas de leptospirose ont été relevés alors que seulement une dizaine de cas sont dénombrés dans la « population ouvrière RNV3P » pour ces pathologies. Il est raisonnable de supposer que ces infections représentent des risques spécifiques des activités de prise en charge des déchets (Figure 28).

#### Ouvriers OM n= 833 PRT

- 4 cas aspergilloses : soit 4,8 cas pour 1000 PRT
  - ♀ : 2 cas
  - ♂ : 2 cas
- 3 cas leptospiroses : soit 3,6 cas pour 1000 PRT
  - ♀ : 0 cas
  - ♂ : 3 cas

#### Ouvriers hors OM n= 96705 PRT

- 14 cas aspergilloses : soit 0,14 cas pour 1000 PRT
  - ♀ : 4 cas
  - ♂ : 10 cas
- 3 cas leptospiroses : soit 0,03 cas pour 1000 PRT
  - ♀ : 0 cas
  - ♂ : 3 cas

Figure 28 : Répartition de l'ensemble des cas d'aspergilloses et de leptospiroses identifiés selon la population ouvrière et le genre

Les **pathologies respiratoires** sont plus fréquentes au sein de la « population ouvrière RNV3P » que dans la « population ouvrière OM ». Parmi l'ensemble des pathologies respiratoires identifiées, la Figure 29 ci-dessous présente les 3 pathologies les plus fréquentes au sein de chaque sous-population d'étude. Les premières pathologies recensées dans la « population ouvrière RNV3P » sont les plaques pleurales et atteintes bénignes liées à l'amiante (44 %) qui ne représentent que 11 % (soit 8 cas) au sein de la « population ouvrière OM ». Les autres pathologies respiratoires chez les hommes sont les asthmes suivis par les BPCO. Chez les femmes, l'effectif au sein de la « population ouvrière OM » est très faible

(n=5), mais on observe comme atteinte la plus fréquente l'asthme, dans les 2 populations ouvrières (Figure 29).

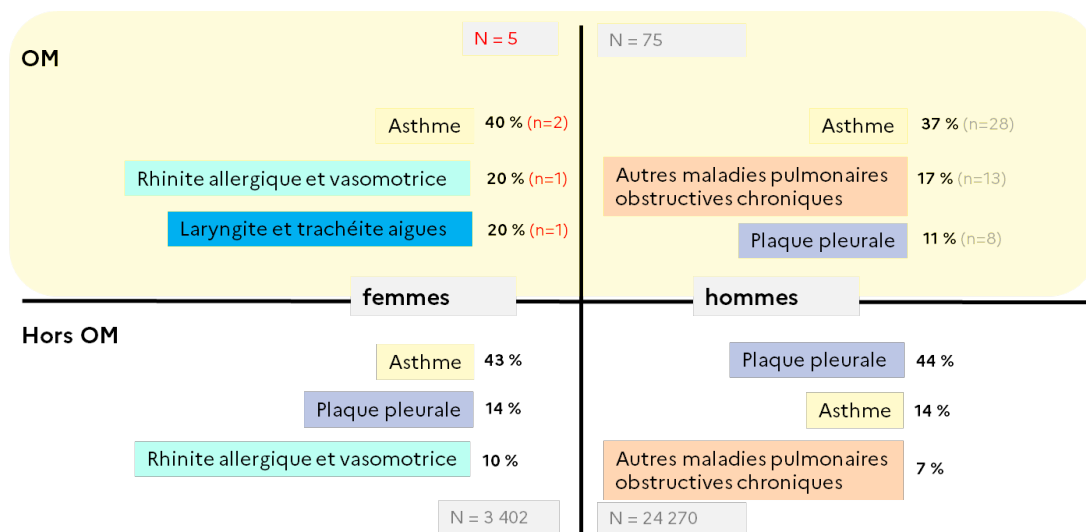


Figure 29 : Répartition des 3 types de pathologies respiratoires les plus fréquents selon la population ouvrière et le genre

Au sein de la « population ouvrière RNV3P », les mêmes types de cancers sont observés chez les hommes et les femmes, avec de légères différences de répartition. Parmi l'ensemble des cancers identifiés, la Figure 30 ci-dessous présente les 3 localisations de cancer les plus fréquentes au sein de chaque sous-population d'étude. Les cancers bronchiques sont majoritaires quel que soit le genre et représentent près de deux tiers des cancers observés chez les hommes, viennent ensuite les tumeurs de la vessie et le mésothéliome. Au sein de la « population ouvrière OM », les cancers bronchiques sont également majoritaires (> 80 %), suivis par des hémopathies malignes, qui représentent cependant de très faibles effectifs. Aucun cas de cancers n'a été recensé chez les femmes. Ces observations peuvent sans doute s'expliquer par le fait qu'il y a moins d'exposition à l'amiante dans la population ouvrière OM, donc moins de mésothéliome et moins de plaques pleurales (Figure 30).

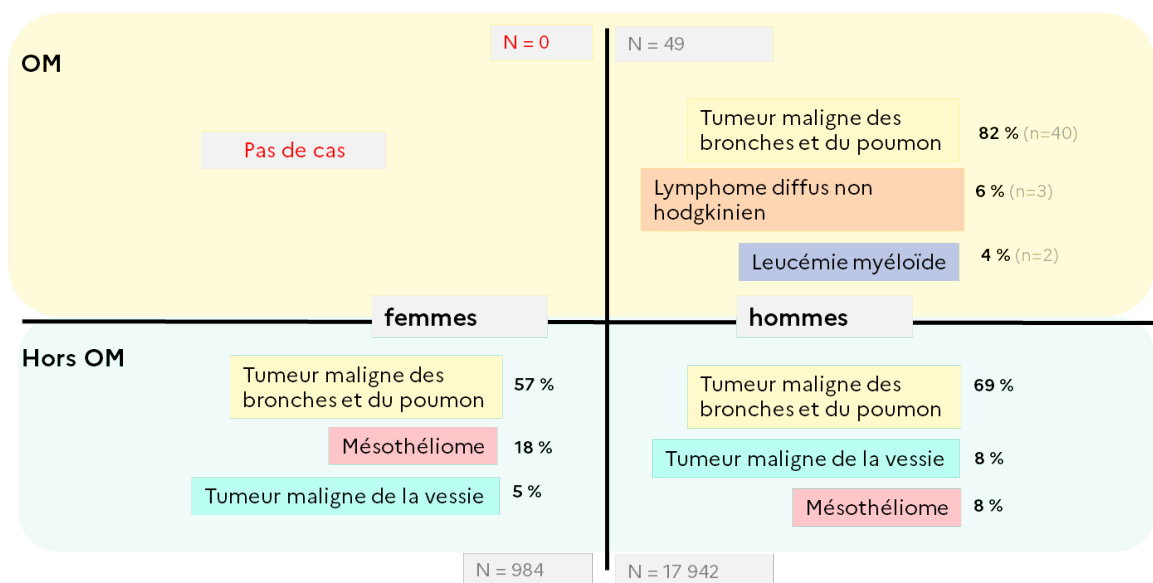


Figure 30 : Répartition des 3 localisations de cancers et hémopathies malignes les plus fréquentes selon la population ouvrière et le genre

#### 3.4.6.4 Conclusions

L'analyse des populations ouvrières amène le GT à faire les hypothèses suivantes :

- Comme dans l'ensemble de la population active, les TMS sont les pathologies les plus fréquentes, avec des localisations différentes selon le genre. La triade « atteintes des épaules », « atteintes du coude » et « syndrome du canal carpien » semble être la signature du travail sur les chaînes de tri.
- Il semble qu'il y ait plus de surdités chez les ouvriers du secteur OM que chez les ouvriers du reste de la base.
- En dépit du faible effectif de cas observés au sein de la « population ouvrière OM », à mettre en perspective avec le faible effectif global de cas observés dans l'ensemble de la population ouvrière de la base, les infections de type « aspergillose » et « leptospirose » semblent représenter un risque spécifique des activités de prise en charge des déchets.

### 3.5 Données des interventions du réseau ANACT/ARACT

L'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (Anact) impulse des projets d'amélioration des conditions de travail par des actions portant sur l'organisation du travail et les relations sociales. Elle agit dans les entreprises, en priorité les très petites et petites et moyennes entreprises (TPE-PME), les associations ainsi que dans les organisations publiques. Elle favorise le dialogue entre les directions, les salariés et leurs représentants ainsi que la mise en place de démarches qui s'appuient sur la concertation pour améliorer collectivement le travail et accompagner ses évolutions. L'Anact est composée d'un siège à Lyon et de 16 agences régionales, les Aract qui agissent dans un cadre commun. Les actions prioritaires du réseau concernent notamment la promotion i) de la qualité de vie et des conditions de travail (QVCT) dans les entreprises, ii) des démarches de prévention de l'usure professionnelle ou encore l'accompagnement des mutations du travail (notamment le télétravail, les transitions numérique et écologique) de façon à en faire des leviers d'amélioration des conditions de travail.

Dans un rapport d'étude datant de 2016, l'Anact présente des exemples d'interventions en entreprise du secteur des déchets en vue de l'amélioration des conditions de réalisation du travail sur la base d'analyses des activités (Anact 2016).

Trois de ces interventions concernaient la prévention des risques professionnels :

- Une intervention datant de 2004 sur la pénibilité du travail des ripeurs avait pour objectif d'identifier les facteurs de pénibilité primordiaux (manutentions manuelles, longues durées de travail, obligation de se dépêcher) et de proposer des pistes d'amélioration (révision de l'organisation du travail, développement de la cohésion des équipes et valorisation de l'expérience professionnelle).
- Une intervention datant de 2009 avait pour objectif de réaliser un diagnostic TMS dans un centre de tri des résidus urbains récemment modernisé. Sur la base d'une analyse du fonctionnement de l'entreprise et plus particulièrement de l'activité du trieur (grande activité mentale, gestuelle importante...), plusieurs pistes d'action ont été proposées afin d'améliorer les conditions de réalisation du travail et de réduire les accidents du travail (ex : augmentation de l'effectif, augmentation de la qualité des produits traités, amélioration de l'outil de travail...).

- Une intervention de 2011 consistait en la réalisation d'une étude ergonomique de l'activité de conducteur de camion-benne (véhicule de collecte des ordures ménagères) dans la perspective d'améliorer les conditions de travail et de réduire les accidents du travail et les risques d'inaptitudes associés.

Une quatrième intervention relevait de l'amélioration de l'environnement du poste de travail. Conduite en 2010, cette intervention avait pour objectif d'améliorer l'ergonomie de 2 postes de travail (postes de tri et poste du pontonnier) afin de prévenir l'apparition de troubles musculosquelettiques. Sur la base de l'analyse de ces postes et de leur environnement, un plan d'aménagement des postes a été proposé.

Le Tableau 9 regroupe d'autres interventions Anact/Aract dans le secteur des déchets recensées sur la période 2005-2015 mentionnées dans le rapport Anact (2016). Ces interventions concernent très majoritairement l'amélioration du risque de TMS en centres de tri.

**Tableau 9 : Interventions Anact/Aract dans le secteur des déchets recensées sur la période 2005-2015 (d'après Anact (2016))**

Région	Thématique	Type chantier	Date	Secteur d'activité	Risques	Etape
Nord Pas de Calais	Conception des systèmes de travail	Développement de partenariats et réseaux	2010-2012	Collecte, traitement et recyclage	sécurité/santé et conditions de travail	Recyclage matière
Midi-Pyrénées	Qualité de vie au travail	Appui entreprises/ Branches Intervention action collective	2014	traitement des déchets de verres ménagers et industriels (opérations de tris manuels, optiques et broyage).	sécurité/santé et conditions de travail	Recyclage matière
Guyane	Approche organisationnelle de la prévention	Intervention dans le cadre d'une action collective	2007	Centres de stockage de déchets	DUERP	Stockage
Aquitaine	Conception des systèmes de travail	Intervention en entreprise	2009	récupération et recyclage des déchets issus des collectivités et des entreprises	TMS	Tri
Basse-Normandie	Usure professionnelle	Intervention en entreprise	2009	Centre de tri	TMS, absences	Tri
Champagne - Ardenne	Prévention des TMS	Intervention en entreprise	2005-2008	Traitement des matières valorisables issues de déchets ménagers et industriels	TMS	Tri
Champagne - Ardenne	Prévention des TMS	Intervention en entreprise	2006	collecte, tri, transformation et enfouissement de déchets pour le compte de collectivités locales	TMS	Tri
Champagne - Ardenne	Qualité de vie au travail	Intervention en entreprise	2015	Centre de tri	sécurité/santé et conditions de travail	Tri
Lorraine	Prévention des Risques et Promotion de la Santé	FACT	2010-2012	centre de tri	TMS	Tri
Pays de la Loire	Gestion des âges tout au long de la vie	Intervention en entreprise	2007	centre de tri de déchets ménagers	TMS	Tri
Pays de la Loire	Qualité de vie au travail	Intervention en entreprise	2014	centre de tri de déchets	sécurité/santé et conditions de travail	Tri
Poitou-Charentes	Gestion des âges tout au long de la vie professionnelle	Intervention en entreprise	2006-2007	tri des déchets	TMS, usure professionnelle	Tri
Ile de France	Prévention des TMS	Intervention en entreprise	2007	tri et valorisation des déchets	TMS, AT, risques chimiques	Tri et valorisation

TMS : troubles musculosquelettiques, AT : accidents du travail ; ERS : évaluation des risques sanitaires, DUERP : document unique d'évaluation des risques professionnels

## 3.6 Choix de l'étape à retenir pour l'évaluation des risques sanitaires

### 3.6.1 Analyse multicritère des étapes

Afin d'identifier l'étape à retenir pour mener une évaluation des risques sanitaires, une analyse des informations renseignées dans chaque fiche étape (Cf. Annexe 6) concernant les critères suivants a été réalisée :

- Effectifs de travailleurs concernés par l'étape
- Perspectives d'évolution de l'étape
- Recommandations Cnam
- Polyexposition : diversité des typologies d'exposition (agents chimiques, agents biologiques, bruit, odeur, vibrations, autres agents physiques, facteurs biomécaniques, facteurs organisationnels, violence au travail), séquentielles ou simultanées, et multiplicité des sources qui les documentent
- Conditions de travail
- Vécu subjectif des travailleurs
- Diversité des pathologies documentées : TMS, pathologies infectieuses, troubles respiratoires aigus, troubles respiratoires chroniques, troubles gastro-intestinaux, pathologies cutanées, troubles oculaires, pathologies ORL, troubles cardiovasculaires, troubles neurologiques, cancers, troubles du développement fœtal, troubles de la reproduction, atteintes à la santé mentale, symptômes divers...
- Diversité des accidents documentés : Blessures/traumatismes, chutes, collisions engins-piétons, accidents machine, accidents d'engins, incendies, explosions, intoxications, ensevelissement, malaises, suicides/tentatives de suicides, accidents de la circulation, accidents routiers professionnels

Cette analyse prend en considération d'une part la disponibilité des données recensées pour chaque étape et d'autre part la multiplicité des sources documentant ces données.

Dans une approche pragmatique, sur la base de ces critères, chaque étape a fait l'objet d'une analyse détaillée et comparative combinée à une réflexion des experts sur la plus-value attendue de l'expertise en matière de documentation des risques et prévention considérant le temps alloué pour mener à bien l'évaluation des risques sanitaires. La démarche est détaillée en Annexe 7.

### 3.6.2 Résultats de l'analyse multicritère

#### 3.6.2.1 Synthèse des données disponibles pour chaque étape

##### → Collecte

La collecte consiste au ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets. Les quantités d'OM collectées en France par les services d'enlèvement (opérateurs public ou privé) sont de l'ordre de 23 millions de tonnes par an, et sont composées à 74,6 % d'OMR (environ 17 millions de tonnes), à 25 % d'emballages ménagers (verre, papiers, cartons, plastiques, métaux et composites) (environ 5 millions de tonnes) et à 0,4% de biodéchets (environ 1 million de tonnes). D'après la base Sirène de l'Insee, 6 881 établissements relèvent d'une activité de collecte des déchets/OM. D'après les données Cnam, on peut estimer que près de 41 000 salariés du secteur privé sont impliqués dans les activités de collecte des OM. Il n'a pas été possible d'estimer le nombre de salariés

des collectivités impliqués dans la prise en charge des OM. Comparativement à d'autres étapes, l'effectif attendu au sein de ces activités est plutôt élevé.

La « collecte des déchets ménagers et assimilés » est la seule étape pour laquelle la Cnam a élaboré une recommandation (R437) applicable à compter du 20 novembre 2008 qui définit à la fois les mesures de prévention relevant de la compétence des donneurs d'ordre et du prestataire de collecte, notamment la suppression du recours à la marche arrière (sauf en cas de manœuvre de repositionnement) et la suppression du « fini quitte » ou « fini parti ».

La collecte est l'étape la plus documentée au niveau de la littérature récente, à la fois sur l'ensemble des thématiques d'intérêt mais plus largement au niveau national et international. De nombreuses informations sont disponibles, sur les expositions, les effets sanitaires, les principaux risques identifiés, des outils d'évaluation et des mesures de prévention. La consultation des bases de données a fourni de nombreuses données concernant cette étape. Sur l'ensemble des cas identifiés pour les travailleurs impliqués dans la gestion des OM au sein des différentes bases de données, la collecte représente plus de deux tiers des pathologies identifiées dans le RNV3P (soit 694 PRT), plus de deux tiers des salariés identifiés dans Sumer (soit 173 salariés) et 61 % des accidents graves identifiés dans Epicéa (soit 119 accidents). Contrairement à la plupart des autres étapes, plusieurs typologies d'expositions font l'objet de documentation : les agents chimiques (HAP et gaz d'échappement diesel), les agents biologiques (bioaérosols, bactéries, champignons, endotoxines, virus), les agents physiques (bruit, vibrations), les facteurs biomécaniques (manutention, port de charges lourdes, postures contraignantes), les facteurs organisationnels (travail répétitif, durée de travail importante, manque d'autonomie) et violences au travail (exposition à des agressions verbales ou physiques). Des données concernant le vécu subjectif des travailleurs de la collecte, notamment les éboueurs (vulnérabilité accrue à partir de 50 ans, risques d'auto-accélération et de comportements virilistes, rituels pour tenir à distance la peur, le dégoût ou la honte) ont été identifiées. Les effets sanitaires observés chez ces travailleurs sont en premier lieu des TMS, des maladies infectieuses (cas avérés d'hépatite B), des troubles respiratoires aigus et des troubles gastro-intestinaux. Des surdités et des pathologies psychiques sont également rapportées. L'analyse des accidents graves survenus dans la collecte sur la période 1990-2021 indique qu'un tiers des accidents sont des collisions engins-piétons (collision entre le camion benne et le ripeur) et près de 20 % sont des accidents de la circulation (ripeur renversé par le véhicule d'un particulier). Viennent ensuite des accidents machine (membre du ripeur happé/coincé par la benne à ordures ménagères) et les malaises. Les accidents concernent majoritairement les ripeurs (82 %), puis les conducteurs (15 %). La mise en application de la recommandation Cnam 437 et notamment la limitation du recours à la marche arrière semble avoir considérablement diminué le nombre de collisions engins-salariés. Des données concernant l'organisation du travail dans la collecte, tirées de récit d'interventions Anact/Aract pour la prévention des risques professionnels ont également été identifiées. Elles soulignent pour les ripeurs, une forte dégradation de l'état de santé avec l'âge (nombreuses inaptitudes déclarées après 57 ans) et mettent en évidence de nombreux facteurs de pénibilité notamment les manutentions manuelles, les longues durées de travail et l'obligation de se dépêcher. Concernant l'activité de conducteur de benne à ordures ménagères, de multiples contraintes (matériel, composition des équipages, lever tôt, durée de travail) impactent l'activité sur le plan des sollicitations cognitives, psychiques et physiques.

Bien que l'année 2021 soit marquée par une hausse de 6% par rapport à 2019, compte tenu de la loi AGECE la quantité de DMA devrait diminuer dans les années à venir conduisant à une baisse de l'activité de collecte. En effet, cette loi tente de réduire la production de déchets à la

source et incite, dans la mesure du possible, le compostage individuel ou le compostage collectif de proximité.

### → Déchetterie

La déchetterie est un centre assurant la réception de déchets apportés par les ménages voire les entreprises. Selon les centres, des déchets de natures diverses peuvent être admis : les recyclables (métaux, verre, cartons et papiers, plastiques), les déchets verts (biodéchets), les piles électriques et batteries, les pneumatiques, les encombrants, les appareils électriques et électroniques (DEEE), les gravats, le tout-venant voire même des déchets dangereux tels que l'amiante. Une part minime des OM est prise en charge en déchetterie. D'après la base SINOE®-Déchets, la France comptait environ 4 600 déchetteries sur le territoire en 2019. Ces installations sont très nombreuses comparativement aux autres étapes (10 fois plus d'installations que les centres de tri par exemple) mais elles sont très hétérogènes, notamment quant à la taille et la diversité des déchets pris en charge. Les salariés présents dans une déchetterie sont peu nombreux et exercent principalement un travail de coordination : ils s'occupent essentiellement de gérer les flux de véhicules des transporteurs de déchets et indiquer les bennes adéquates à ces derniers. Il est habituellement considéré que, au-delà de 40 usagers par heure, la déchetterie doit comprendre au minimum deux opérateurs.

Les documents de synthèse concernant cette étape sont peu nombreux. Aucune donnée spécifique sur les effets sanitaires pour les travailleurs de ce type d'installations n'a été recensée. Un document récent concerne toutefois la prévention des risques dès la conception des déchetteries et évoque des facteurs organisationnels (manque de soutien social, travailleur isolé) et des situations de conflits/agressions physiques ou verbales avec le public, peu évoqués par ailleurs. Parallèlement, l'analyse des bases de données a fourni de nombreuses données concernant cette étape. L'étape de collecte en déchetterie représente 7 % des accidents identifiés sur des sites de gestion des OM au sein de la base ARIA (soit 7 accidents), 7 % des individus identifiés comme travaillant dans la gestion des OM dans Sumer (soit 17 salariés), 6% des pathologies observées chez les travailleurs de la gestion des OM dans le RNV3P (soit 58 PRT) et 5 % des accidents graves identifiés pour les travailleurs de la gestion des OM dans Epicéa (soit 9 accidents).

Les activités en déchetterie se déroulent en extérieur ce qui d'un côté favorise la dissipation des émissions, mais de l'autre expose à des conditions environnementales plus intenses (vent, froid, chaleur...).

### → Tri des déchets recyclables secs ménagers

Les déchets recyclables secs ménagers (emballages ménagers et papiers-cartons), avant d'être acheminés vers des centres de recyclage, peuvent être pris en charge en centres de tri dans l'objectif de satisfaire les exigences de séparation des industries en aval. Les déchets ménagers entrant dans les centres de tri représentent environ un cinquième du gisement pris en charge dans les installations de traitements. Pour l'année 2022, l'ADEME dénombre environ 350 centres de tri prenant en charge des OM sur le territoire français<sup>34</sup> au sein desquels sont dénombrés environ 10 000 emplois. Comparativement à d'autres étapes, cet effectif de travailleurs est relativement élevé.

---

<sup>34</sup> Les installations concernées par l'enquête ITOM 2022 de l'ADEME sont les installations implantées en France métropolitaine ou dans les DROM/COM.

Ces 10 dernières années, avec une intensification depuis 2020, cette étape a été contrainte d'absorber des volumes de recyclables croissants, d'une part, sous l'impulsion réglementaire de l'extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques, et d'autre part, en conséquence de la forte diminution des exportations notamment en Chine suite au renforcement des critères d'acceptation sur son territoire pour les déchets plastiques et autres constituants des emballages.

Les données de synthèse disponibles sont relativement nombreuses et concernent des thématiques variées. Les expositions à plusieurs catégories de contraintes sont documentées : les agents chimiques (particules, gaz d'échappement, projection de produits chimiques à certains postes), les agents biologiques (bioaérosols, virus), les odeurs, les agents physiques (bruit, vibrations, températures extrêmes, hygrométrie), des facteurs biomécaniques (mouvements répétitifs, postures contraignantes et positions extrêmes, port de charges lourdes) ou encore des facteurs organisationnels (maintien soutenu de l'attention, gestes répétitifs effectués sous contraintes temporelles, travail posté, travail à la chaîne, intensité de travail élevée, manque d'autonomie). Les données sur les expositions sont uniquement qualitatives, aucune donnée de mesure n'a été identifiée dans les documents de synthèse consultés.

Des données concernant les effets sanitaires des travailleurs des centres de tri sont rapportées de manières incertaines (effets respiratoires, allergies, troubles digestifs, TMS, maladies infectieuses) car elles amalgament souvent les activités de collecte et de tri. L'analyse des bases de données a fourni des données concernant cette étape. L'étape de tri représente 39 % des accidents identifiés sur des sites de gestion des OM dans ARIA, 18 % des individus identifiés comme travaillant dans la gestion des OM dans Sumer (soit 42 salariés), 11 % des accidents graves identifiés pour les travailleurs de la gestion des OM dans Epicéa (soit 21 accidents) et 8 % des pathologies observées chez les travailleurs de la gestion des OM dans le RNV3P (soit 73 PRT). Les accidents répertoriés dans ARIA sont pour une large majorité des incendies survenus dans les centres de tri, notamment liés à la présence de déchets indésirables/non conformes dans les tas de déchets (ex : bonbonnes de gaz, piles ou batteries au lithium). La majorité des accidents recensés dans Epicéa sont des accidents machine impliquant un convoyeur (à bandes ou à rouleaux) ou la presse à balles/le compacteur de papiers-cartons. Des données concernant les conditions de travail dans les centres de tri, tirées de récit d'interventions Anact/Aract pour la prévention des risques professionnels ont également été identifiées. Elles concernent principalement la prévention des TMS et de l'usure professionnelle pour ces travailleurs.

Il existe une grande variabilité des méthodes de tri et des types d'installations (de quasi totalement manuel par les travailleurs, au quasi tout automatique), ainsi que des types de déchets triés parmi les déchets ménagers. Les activités réalisées en centre de tri se déroulent principalement en intérieur, environnement clos, impliquant une probable concentration des émissions.

### → **Recyclage des matières**

Le recyclage des matières est un procédé de traitement des déchets qui permet de réintroduire certains de leurs matériaux dans la production de nouveaux produits. Les principaux matériaux recyclables contenus dans les OM sont les papiers-cartons, certains plastiques (les polymères thermoplastiques comme les PE, PVC, PS), l'acier, l'aluminium et le verre. Ils sont issus des collectes sélectives des emballages ménagers et des papiers (selon les territoires). Les déchets recyclés issus de la collecte sélective sont principalement du verre et du papier-carton (87 %). Jusqu'à 13 560 entreprises réalisant des activités de recyclage ont été dénombrées et

les effectifs de travailleurs affectés à cette étape ont été estimés entre 12 000 et jusqu'à 130 000. Cette étape fait partie de celles dont les effectifs sont les plus élevés.

Les activités de recyclage sont encouragées politiquement et financièrement par les pouvoirs publics. La loi sur le tri sélectif (loi « Grenelle I » du 3 août 2009) encourage le développement de systèmes de recyclage plus performants et l'utilisation de matériaux durables dans la production de produits. La LTECV contient des objectifs de recyclage pour les déchets non dangereux non inertes. Le nombre d'acteurs dans le secteur du recyclage est en augmentation constante.

Aucun document de synthèse n'a été identifié concernant les expositions et les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de recyclage de matériaux. L'analyse des bases de données a fourni peu d'informations relatives à cette étape qui représente 3 % des pathologies identifiées chez les travailleurs de la gestion des OM dans la base RNV3P (soit 25 PRT) et seulement 4 cas sur les 194 des accidents graves identifiés pour les travailleurs de la gestion des OM dans la base Epicéa.

Les activités au sein de cette étape sont très hétérogènes compte tenu de la diversité des matériaux pris en charge (papier, métaux, verre...), des technologies mises en œuvre et des métiers associés. Ainsi, selon le matériau considéré, les expositions et les effets sanitaires pour les travailleurs seront très différents.

### → Compostage industriel

Le compostage est un procédé de traitement des déchets organiques (déchets verts, boues de STEP, biodéchets ménagers) par fermentation aérobie dans le but de transformer ces déchets en compost. Les déchets ménagers entrant dans les installations de compostage industriel représentent environ un cinquième du gisement pris en charge dans les installations de traitements. Une écrasante majorité (91 %) des déchets pris en charge dans ces installations sont des déchets verts. Pour l'année 2022, l'ADEME dénombre environ 670 plateformes de compostage industriel sur le territoire français (alors qu'elles n'étaient que 400 en 2004) au sein desquelles sont dénombrés environ 1 700 emplois. Comparativement à d'autres étapes, l'effectif de travailleurs estimé est plutôt faible.

La mise en place du tri à la source des biodéchets des ménages depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2024 devrait entraîner une augmentation des volumes de biodéchets issus des ménages pris en charge dans les installations de compostage.

Les documents de synthèse disponibles concernant cette étape sont nombreux et abordent des thématiques variées. Les expositions chimiques (H<sub>2</sub>S, ammoniac, CO, méthane, COV, aromatiques chlorés ou soufrés) et biologiques (moisissures, bactéries, endotoxines, mycotoxines) des travailleurs sont bien documentées avec notamment une étude récente concernant les expositions aux bioaérosols dans les sites de compostage. Les effets sanitaires observés chez les travailleurs (inflammation aiguë et transitoire des muqueuses respiratoires, troubles gastrointestinaux, troubles dermatologiques, irritation oculaire, troubles respiratoires chroniques, asthme, cancers) sont également documentés. L'analyse des bases de données a fourni peu d'informations relatives à cette étape. Il peut être noté que cette étape représente 7 % des accidents identifiés sur des sites de gestion des OM au sein de la base ARIA (soit 7 accidents) qui sont principalement des incendies.

La diversité des risques sanitaires documentés est moindre par rapport à d'autres étapes mais les risques biologiques sont particulièrement marqués pour le compostage.

Les activités réalisées par les travailleurs sur le site de compostage impliquent la conduite ou manipulation d'engins et sont majoritairement des tâches mécanisées impliquant peu de manutention manuelle (retournement des andains).

### → Méthanisation (hors méthanisation à la ferme)

La méthanisation est un processus de dégradation par des microorganismes des déchets organiques, en conditions contrôlées et en milieu anaérobie (c'est-à-dire en absence d'oxygène). Cette dégradation aboutit à la production d'un digestat et de biogaz qui vont pouvoir être valorisés respectivement en tant que matière fertilisante ou sous forme d'énergie. Les déchets ménagers entrant dans les installations de méthanisation représentent une très faible part des déchets ménagers pris en charge dans les installations de traitements. Pour l'année 2022, l'ADEME dénombre sur le territoire français environ 16 installations de méthanisation liées au traitement des déchets ménagers pour lesquelles elle n'a pas fourni d'estimation du nombre d'emplois associé. En comparaison avec d'autres étapes, l'effectif de travailleurs que représenteraient les activités de méthanisation semble très faible.

Les données de synthèse disponibles concernant cette étape sont récentes mais peu nombreuses car cette technique est déployée depuis peu pour les déchets ménagers. Elles décrivent des expositions biologiques (bioaérosols composés de particules organiques inhalables, bactéries, moisissures, virus) et chimiques ( $H_2S$ , COV, ammoniac, aérosols métalliques, particules inhalables) pour les travailleurs impliqués et abordent les effets sur la santé attendus compte tenu des expositions identifiées (pathologies respiratoires, infections diverses). L'analyse des bases de données a fourni peu d'informations relatives à cette étape. Il peut toutefois être noté que l'outil « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » référence des données de mesures d'exposition aux agents chimiques réalisées dans les installations de méthanisation liées à une étude INRS menée sur la période 2015-2019.

Soutenue politiquement et financièrement par l'Etat français depuis plusieurs années, la méthanisation est en plein développement. La mise en place du tri à la source des biodéchets des ménages depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2024 devrait entraîner une augmentation des volumes de biodéchets issus des ménages pris en charge dans les installations de méthanisation.

Dans la logique de transition énergétique portée par les autorités publiques, l'essor de l'utilisation du biogaz comme combustible ou carburant, par exemple pour les transports en commun, devrait s'accompagner d'un essor de cette filière.

Parmi les évolutions réglementaires possibles, les boues de stations d'épuration (STEP) et les biodéchets ménagers pourraient être mélangés pour être méthanisés.

### → Incinération

L'incinération est un procédé de traitement thermique des déchets par combustion dans des installations dédiées. La quasi-totalité des installations d'incinération de déchets ménagers en activité en France valorisent la chaleur produite au moment de la combustion principalement afin de produire de l'électricité et parfois afin d'alimenter les réseaux de chaleur urbain. Les résidus d'épuration des fumées sont à l'heure actuelle non valorisables (déchets ultimes), ils sont stabilisés avant stockage. En revanche, les résidus solides d'incinération (mâchefers) peuvent être valorisés, notamment en construction routière, après traitement dans des installations de maturation spécifiques. Dans le cas contraire, ils sont envoyés dans des installations de stockage des déchets non dangereux. Les déchets ménagers entrant dans les

installations d'incinération représentent environ un quart des déchets ménagers pris en charge dans les installations de traitements. Pour l'année 2022, l'ADEME dénombre environ 120 UIOM sur le territoire français qui représenteraient environ 4 000 emplois. Dans un avis publié en 2017, l'ADEME constatait l'absence globale de besoin en nouvelles capacités d'incinération sur le territoire français. Dans la mesure où les déchets incinérés sont très majoritairement des déchets ménagers, les collectivités sont des acteurs majeurs pour réduire les tonnages traités. Le secteur est plutôt en décroissance et les effectifs de travailleurs estimés sont faibles comparativement à d'autres étapes.

A partir de 2010, sous l'impulsion réglementaire européenne puis française (Arrêté du 18/12/2012 : transposition de la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles), les exigences de performances auxquelles doivent répondre les UIOM se sont durcies, notamment en termes d'émissions environnementales de métaux lourds et de substances organiques, pouvant impliquer une modification des expositions des travailleurs.

Les données issues des documents de synthèse disponibles concernant les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape (troubles respiratoires aigus, cancers, troubles de la reproduction) sont majoritairement antérieures à l'évolution des technologies d'incinération. Une étude de l'INRS a été menée entre 2011 et 2014 et documente les expositions chimiques (particules, aérosols métalliques, COV, HAP, dioxines, furanes) et biologiques (endotoxines, moisissures, bactéries) des travailleurs. Cette étude est considérée représentative de la situation actuelle étant donné qu'aucune nouvelle technologie d'incinération n'a été développée en France depuis. Des expositions à d'autres catégories de contraintes sont mentionnées (travail posté, de nuit, bruit, vibrations, température élevée) et induisent une pénibilité élevée pour ces activités. Les expositions et les effets sanitaires sont traditionnellement plus documentés sur le volet environnemental/population générale que pour les travailleurs, en lien avec la problématique des dioxines qui a concentré les préoccupations sanitaires entourant ces activités. L'analyse des bases de données a fourni peu d'informations relatives à cette étape. Il peut toutefois être noté que cette étape représente 17 % des accidents identifiés sur des sites de gestion des OM dans la base ARIA (soit 17 accidents), 7 % des accidents graves identifiés pour les travailleurs de la gestion des OM dans Epicéa (soit 14 accidents) et 3 % des pathologies observées chez les travailleurs de la gestion des OM dans le RNV3P (soit 24 PRT). Ces données reportent principalement des risques accidentels, notamment des incendies liés à la présence de déchets non conformes (piles au lithium, substances chimiques ou déchets pyrotechniques) ou des accidents machine survenant lors des opérations de maintenance réalisées sur les installations du site.

L'incinération est un procédé qui a lieu dans un four clos, équipé d'un système de captage et d'épuration des fumées et incluant un système de collecte des mâchefers : aucune intervention n'est possible sans mettre l'installation à l'arrêt. Des problématiques sanitaires liées aux opérations de maintenance réalisées lors des arrêts du four peuvent se poser.

### ➔ Stockage (des déchets non dangereux)

Le stockage, également appelé « enfouissement » ou « mise en décharge » représente l'ultime maillon de la chaîne de gestion des déchets. Il concerne la fraction de déchets qui n'a pas pu être valorisée dans les conditions économiques et techniques du moment. Les déchets ménagers entrant dans les ISDND représentent environ un tiers des déchets ménagers pris en charge dans les installations de traitements. Pour l'année 2022, l'ADEME dénombre près

de 200 ISDND sur le territoire français qui représenteraient environ 2 000 emplois. Comparativement à d'autres étapes, cet effectif de travailleurs est plutôt faible.

Les données issues des documents de synthèse concernant cette étape sont majoritairement anciennes (début des années 2000) et concernent les expositions chimiques (HAP, métaux, particules, COV, aldéhydes, particules alvéolaires) dont substances olfactives (H<sub>2</sub>S, limonène et mercaptans), les expositions biologiques (bactéries et moisissures) et les effets sanitaires (mention d'atteintes respiratoires, cutanées, oculaires et gastro-intestinales). L'analyse des bases de données a fourni peu d'informations relatives à cette étape. Il peut toutefois être noté que cette étape fait partie des 3 étapes pour lesquelles le plus grand nombre d'accidents a été recensé dans la base ARIA (soit 13 accidents). Ces données documentent les risques accidentels : incendies ou accidents machine survenant lors des opérations de chargement/déchargement des déchets sur site. Les expositions et les effets sanitaires sont plus documentés pour les riverains de ces installations que pour les travailleurs.

Considérant les politiques publiques globales actuelles incitant à la valorisation, une tendance à la baisse des activités de stockage est observée et devrait se poursuivre. Le flux de déchets entrant dans ces installations stagne et un déclin est attendu à court terme (ADEME 2024). L'instauration du tri des biodéchets à la source devrait entraîner une baisse des volumes de biodéchets présents dans les OMR et donc mécaniquement une baisse des volumes d'OMR entrant dans les installations de stockage.

### 3.6.2.2 Analyse du GT

La mise en œuvre d'une analyse multicritère a permis de classer les étapes en 3 catégories selon le niveau de priorité pour la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires dans la suite de l'expertise (Cf. Tableau 10). Il est à noter que cette classification se fonde sur l'analyse de données diverses mais macroscopiques (documents de synthèse et extractions de bases de données) et qu'il ne s'agit pas d'une classification des niveaux de risques sanitaires estimés pour les travailleurs des étapes considérées. Les argumentaires ayant conduit à cette classification et les points de vigilance soulignés par le GT pour les différentes étapes sont décrits ci-après.

Tableau 10 : Résultat de l'analyse multicritère

Catégorie	Priorité pour l'évaluation des risques sanitaires à mener en phase 2	Etapes
1	Faible	Stockage Méthanisation Incinération Collecte
2	Moyenne	Recyclage Compostage
3	Haute	Tri Déchetterie

### Etapes classées en catégorie 1 « Priorité faible pour l'évaluation des risques sanitaires »

Le **stockage** est considéré faiblement prioritaire pour la seconde phase de l'expertise. En effet, l'évolution attendue des activités de stockage est à la baisse, les effectifs de travailleurs concernés par ces activités sont faibles comparativement à d'autres étapes et la documentation existante aborde à la fois les expositions, les effets sanitaires et les risques accidentels pour les travailleurs. Le GT attire néanmoins l'attention sur la nécessité de suivre l'évolution de cette étape, notamment l'évolution des flux et des volumes de déchets (afin de confirmer la baisse) entrant dans ces installations. La problématique de la présence possible de déchets dangereux « laissés » par les ménages dans les OMR et des risques associés pour les travailleurs est identifiée.

La **méthanisation** est une étape jeune, toujours en cours de structuration, pour laquelle l'effectif de travailleurs et le nombre d'installations existantes sont très faibles comparativement aux autres étapes. La documentation relative aux effets sanitaires et aux risques accidentels pour les travailleurs est limitée, notamment en lien avec le manque de recul sur ces activités. Toutefois, l'évolution des activités au sein de cette étape est attendue à la hausse, notamment sous l'impulsion réglementaire du tri à la source des biodéchets instauré début 2024. Le GT considère qu'il est prématuré de vouloir approfondir cette étape. Il souligne l'opportunité d'envisager à moyen terme une étude plus globale sur la prise en charge des déchets organiques (**Cf. argumentaire « compostage » ci-après**).

L'**incinération** est en décroissance, le nombre d'installations a été divisé par 2 en moins de 30 ans et les effectifs de travailleurs associés sont faibles en comparaison avec d'autres étapes. Les expositions chimiques et biologiques actuelles sont documentées, ainsi que les risques sanitaires. Cette étape est considérée faiblement prioritaire pour la seconde phase de l'expertise. Le GT identifie toutefois un manque de données relatives aux effets sanitaires potentiels liés au travail dans les installations de nouvelle génération.

La **collecte** est l'étape la plus documentée, sur l'ensemble des thématiques d'intérêt (expositions, effets sanitaires, risques accidentels, prévention). Il s'agit de l'étape pour laquelle le niveau de polyexposition recensé est le plus élevé, avec celui de l'étape de tri. La diversité des pathologies et des accidents documentés est importante en comparaison avec les autres étapes. En complément, il s'agit de la seule étape pour laquelle une recommandation Cnam a été identifiée et une des seules (avec le tri) pour laquelle des données sur les conditions de travail et le vécu subjectif des travailleurs ont été identifiées. Les effectifs de travailleurs impliqués dans les activités de collecte sont élevés comparativement aux autres étapes. Toutefois, les perspectives d'évolution de cette étape et les effectifs associés sont plutôt à la baisse, en lien avec les contraintes économiques et l'évolution attendue des pratiques et des matériels, notamment la diminution des fréquences de collecte ou l'incitation du compostage à domicile des biodéchets. Au vu de l'ensemble des éléments déjà disponibles, le GT considère qu'une analyse approfondie de cette étape n'aurait pas une grande plus-value dans la perspective de proposer des orientations en matière de prévention et l'a donc classée faiblement prioritaire pour la seconde phase de l'expertise. Le GT rappelle que compte tenu de la nature des activités de collecte, notamment le fait qu'elles se déroulent nécessairement sur route sous circulation et au vu du nombre de travailleurs impliqués, cette étape demeure très accidentogène, avec des conséquences souvent graves. Il souligne que les évolutions des pratiques et des matériels de collecte sont associées à des évolutions des expositions et des risques, et identifie plusieurs points de vigilance :

- Le **développement de la pratique du monoripage** (un seul opérateur de collecte à l'arrière du camion en plus du conducteur). Par rapport à la collecte en biripage, cette pratique présente un risque plus élevé de TMS et une sollicitation cardiaque excessive

pour celui qui collecte. Les collectivités territoriales, par le biais des cahiers des charges des marchés de collecte, peuvent imposer les conditions sous lesquelles le monoripage peut être pratiqué.

- Le **développement des collectes automatiques** (sans ripeur) impliquant uniquement un conducteur et un système de récupération automatique des bacs individuels risque de faire émerger de nouvelles problématiques telles que celle du travailleur isolé.
- La **réduction de la fréquence de collecte** dans certains territoires va faire reposer sur les éboueurs une quantité plus importante de déchets à ramasser en une tournée. Avec le développement de la collecte en point d'apport collectif, les capacités des poubelles pourraient augmenter et ainsi être plus difficiles à manipuler pour les éboueurs. Des problématiques sanitaires liées à l'allongement associé du temps de séjour des déchets dans les poubelles pourraient émerger (conditions plus favorables au développement de microorganismes).

### **Étapes classées en catégorie 2 « Priorité moyenne pour l'évaluation des risques sanitaires »**

Le GT a attribué une priorité moyenne à l'étape de **recyclage** pour la seconde phase de l'expertise. En effet, compte tenu du peu de données scientifiques existantes, de l'hétérogénéité des matériaux traités et de la diversité des activités qu'elle regroupe, le GT estime qu'il ne sera pas possible de réaliser une évaluation des risques sanitaires dans le temps imparti et au vu des moyens nécessaires. Néanmoins, compte tenu des effectifs importants estimés et des questionnements sanitaires, le GT estime qu'une réflexion quant à l'opportunité de se saisir de la question des risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de recyclage des matériaux devrait être envisagée.

Le **compostage** est une étape ancienne pour laquelle les effectifs de travailleurs sont faibles comparativement aux autres étapes. La documentation existante est fournie avec notamment une polyexposition plus documentée et une diversité des pathologies et des risques accidentels observées chez les travailleurs plus importante que pour d'autres étapes. La problématique des expositions professionnelles aux agents biologiques est particulièrement mise en avant pour cette étape. Comme pour la méthanisation, l'évolution des activités au sein de cette étape est attendue à la hausse. Pour ces raisons, le GT a considéré que le compostage relevait d'une priorité moyenne pour la seconde phase de l'expertise. En complément, considérant l'entrée en vigueur de l'obligation du tri à la source des biodéchets début 2024, la mise en place de la collecte séparée de ces derniers et la compétition attendue entre les activités de compostage et de méthanisation pour leur prise en charge, le GT souligne l'opportunité d'envisager à moyen terme (d'ici à 5 ans, le temps que les filières se structurent) une étude plus globale sur la prise en charge des déchets organiques dans leur ensemble, incluant les activités de méthanisation et compostage et considérant les impacts possibles sur la santé des travailleurs et de la population générale.

### **Étapes classées en catégorie 3 « Priorité élevée pour l'évaluation des risques sanitaires »**

Au regard du nombre élevé de travailleurs concernés par rapport à d'autres étapes, des risques et expositions documentés dans les sources consultées, et des questionnements qui subsistent concernant les effets sanitaires, les étapes de **tri des déchets recyclables secs**

**ménagers** et de collecte en **déchetterie** sont considérés prioritaires pour la seconde phase de l'expertise.

Toutefois, le calendrier de l'expertise ne permettant pas de s'intéresser à plusieurs étapes pour la suite de l'étude, un choix pragmatique a été fait entre ces deux étapes.

**L'étape du tri a été retenue** pour plusieurs raisons. Les expositions, la polyexposition ainsi que les conditions de travail sont plus documentés dans le secteur du tri. L'évolution attendue pour ce secteur est à la hausse, il n'a pas été possible de déterminer une tendance d'évolution pour les déchetteries. Les déchets pris en charge au niveau de l'étape de tri sont plus spécifiques du périmètre de la saisine en comparaison avec l'activité de déchetterie au sein de laquelle la part d'OM telles que définies par le GT collectée est minime. En complément, l'activité de tri implique un contact direct avec les déchets pris en charge, présente plus de tâches différentes et s'effectue en milieu intérieur conduisant potentiellement à des niveaux d'expositions plus importants.

L'étape de collecte en **déchetterie** concerne au total un nombre élevé de travailleurs exerçant leurs activités dans près de 5 000 installations réparties sur le territoire. Les déchetteries sont très hétérogènes, notamment quant à la taille et la diversité des déchets pris en charge (matériaux recyclables, déchets verts, piles électriques et batteries, pneumatiques, encombrants, appareils électriques et électroniques, gravats, tout-venant, déchets dangereux...) et les travailleurs sont peu nombreux sur chaque site. Cette étape soulève des questions concernant les effets sanitaires pour les travailleurs en lien avec la polyexposition identifiée, notamment les risques sanitaires liées à la présence de déchets dangereux et aux situations de travail isolé et de conflits/agressions physiques ou verbales avec le public.

## 4 Analyse approfondie des risques sanitaires de l'étape de tri

### 4.1 Méthode

#### 4.1.1 Collecte de données

##### ■ Revue de la littérature scientifique et littérature grise

L'objectif de la revue de la littérature scientifique effectuée est d'identifier les références pertinentes permettant de répondre aux deux questions suivantes :

- Quelles sont les expositions subies par les travailleurs en centre de tri ?
- Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs en centre de tri ?

L'élaboration de la requête a été effectuée à l'aide de la structure PECOTS (Population(s), Exposition(s), Comparateur(s), Outcome(s), Timing / durée / période d'exposition, Settings / contexte / lieu(x)/secteur(s)) suivantes (Tableau 11) :

Tableau 11 : PECOTS

Population	Travailleurs
Exposition	Chimiques, biologiques, physiques Voies aérienne, orale et cutanée
Comparateur	/
Outcomes (effets sanitaire d'intérêt)	Tout type de maladie, mortalité, morbidité, tout type d'effet
Timings / durée / période d'exposition	Toute exposition
Setting / contexte / lieu / secteur	Centre de tri Pas de restriction géographique

Une première recherche a été effectuée le 29/08/2023 puis le 17/05/2024 sur les bases de données Pubmed (recherche sur titre/abstract) et Scopus (recherche sur Titre/abstract/mots clés) à l'aide des mots clés précisés sur la Figure 31 et une veille a été mise en place pour identifier des références complémentaires jusqu'au 12/11/2024. *In fine* 2389 références ont été identifiées après suppression des doublons.

Les bases de données CAIRN et Psych info ont également été consultées afin de documenter les atteintes à la santé mentale et ont permis d'identifier 486 références supplémentaires. Ce volet a fait l'objet de requêtes complémentaires spécifiques détaillées dans le § 4.5.2.1.

Deux articles complémentaires non référencés dans les bases de données précédentes ont été identifiés par la coordination.

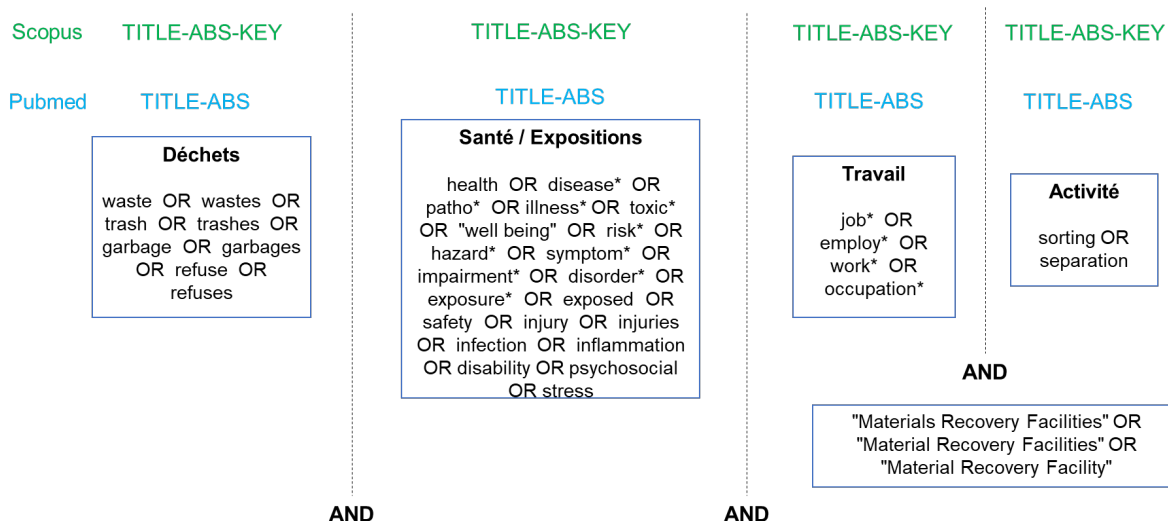


Figure 31 : Mots clés utilisés pour la formulation de la requête

Pour les étapes de sélection, d'éligibilité et d'inclusion, le GT a défini des critères d'inclusion et d'exclusion (Cf. Tableau 12).

Tableau 12 : Critères d'inclusion et d'exclusion pour la recherche bibliographique

Critères d'exclusion	Critères d'inclusion
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de lien avec les déchets</li> <li>- Déchets autres que ordures ménagères</li> <li>- Population générale et non professionnelle</li> <li>- Activité autre qu'activité menée en centres de tri</li> <li>- Conditions de travail non comparables : exemple « trieurs informels » dans certains pays</li> <li>- Langue autre que anglais/français</li> <li>- Tri automatisé : lorsque l'article ne traite que d'un aspect technologique/technique, sans lien avec les expositions ou les travailleurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effets sanitaires et/ou exposition et/ou mesures de prévention + travailleurs en centres de tri</li> </ul> <p>Précisions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si l'étude porte sur plusieurs activités (méthanisation, tri, collecte...) à condition que l'activité en centre de tri soit bien distinguable</li> <li>- Etudes portant sur l'ergonomie, car ce paramètre joue sur l'accidentologie et les TMS.</li> <li>- Population de travailleurs considérée : agents réalisant les opérations de tri, agents de maintenance (curative, préventive), agents de nettoyage (dépoussiérage, nettoyage tapis, ...), conducteurs de chariots élévateurs, etc. s'ils évoluent en centre de tri.</li> </ul>

La Figure 32 schématise le processus de sélection des références via un diagramme PRISMA. La lecture sur titre et abstract, après exclusion des doublons a permis de sélectionner 137 articles. Après lecture intégrale de ces derniers, 91 références étaient éligibles, c'est à dire que la pertinence de leur contenu était confirmée. Après évaluation de la qualité des données éligibles, 71 ont finalement été incluses dans la synthèse. La qualité des études éligibles a été évaluée à l'aide d'une grille de lecture disponible en Annexe 8.

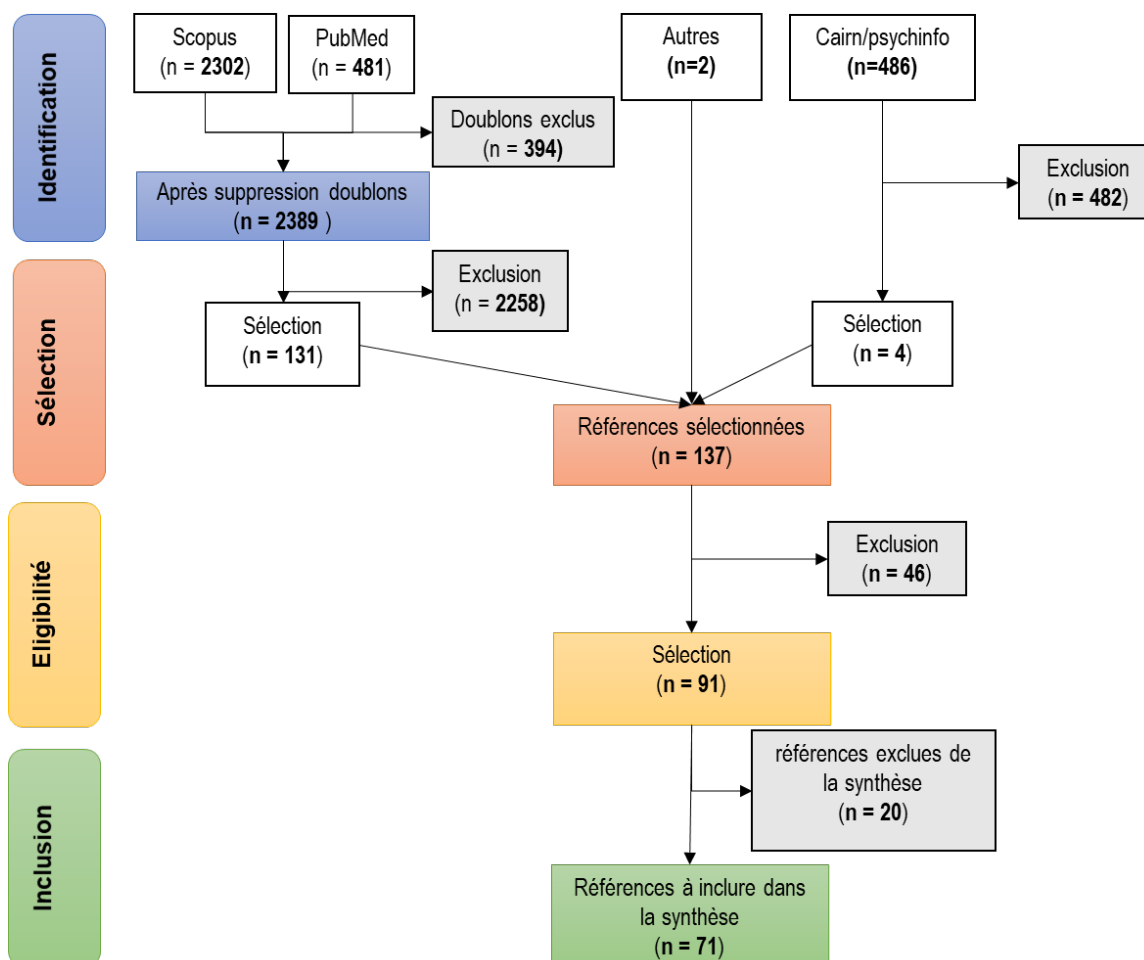


Figure 32 : Diagramme de flux schématisant la sélection des références

Cette revue de la littérature a également été complétée par une recherche de thèses via les moteurs de recherche Thèses.fr et dart-europe.org. Cinq thèses ont ainsi été sélectionnées (L. Boudra 2016; C. Chay 2015; Degois 2018; Dias 2021; Eriksen 2023).

En complément des références identifiées lors de l'établissement du panorama général de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères (Cf. § 3.3), la consultation des sites internet des organismes suivants a permis d'identifier plusieurs références/rapport d'études complémentaires : INRS, Anact, IOM, IRSST, HSE, EU-OSHA, Persosh, Anact.

La base de données allemande Gestis<sup>35</sup> sur les agents biologiques a également été consultée pour documenter les propriétés pathogènes des agents biologiques identifiés dans les centres de tri.

## ■ Conduite d'auditions et diffusion d'un questionnaire

<sup>35</sup> <https://bioagent.dguv.de/>

Considérant les difficultés d'accès dans la littérature aux données permettant de caractériser les populations de travailleurs exerçant leurs activités en centres de tri et afin de mieux cerner les problématiques de terrain, plusieurs acteurs clés du secteur ont été sollicités pour des auditions.

Parmi les différents acteurs sollicités, des échanges ont finalement eu lieu avec trois acteurs :

- la CGT (Confédération générale du travail) ;
- la FNADE (Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement), l'organisation professionnelle représentative des industriels de l'environnement ;
- Presanse (Prévention, Santé, Service, Entreprise), l'organisme représentatif des Services de Prévention et de Santé au Travail Interentreprises de France.

Les questionnaires transmis préalablement aux entretiens sont annexés au rapport (Annexe 9).

#### ■ **Exploitation des bases de données en santé au travail**

Les données des bases RNV3P, Epicéa, ARIA et Sumer déjà exploitées dans le cadre de la première étape ont été intégrées à l'analyse (Cf. §3.4 et Annexe 6 – Fiche étape « Tri »).

### 4.1.2 **Analyse des données**

L'analyse de l'ensemble de ces données a permis de recenser les niveaux d'exposition des travailleurs en centre de tri à différents agents chimiques, biologiques, physiques et biomécaniques, ainsi que les effets sanitaires observés dans cette population et les accidents identifiés dans les centres de tri.

La faisabilité de conduire une évaluation quantitative des risques sanitaires pour ces travailleurs a ensuite été questionnée. Les données relatives aux expositions et aux effets sanitaires ayant été jugées insuffisantes pour quantifier les risques sanitaires associés aux activités en centre de tri (Cf. §5), les résultats des mesures des niveaux d'exposition identifiées dans la littérature ont été comparés aux valeurs de références se rapportant aux agents étudiés lorsqu'elles existent. Les valeurs prises en compte sont les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) recommandées par l'Anses, ou bien lorsque ces dernières n'étaient pas disponibles, celles définies dans le Code du Travail (Cf. § 4.4.3).

## 4.2 **Description de la population d'étude**

Peu de données permettant de caractériser la population d'étude ont pu être identifiées. D'après les chiffres de l'enquête ITOM pour l'année 2022, les effectifs de travailleurs salariés employés en centres de tri DMA sont estimés à 8 870. D'après les auditions, la population de salariés est majoritairement en CDI mais le recours à l'intérim et à la sous-traitance sont répandus notamment du fait de l'accroissement des capacités de tri sur les sites. Les contrats d'insertion sont également fréquents dans les activités de tri, il s'agit de contrats d'une durée moyenne de 2 ans. Ces éléments suggèrent que les effectifs rapportés sont probablement sous-estimés. La consultation des bases de données Sumer et RNV3P ainsi que les auditions indiquent que comparativement aux autres activités de prise en charge des déchets, la

proportion de femmes dans les postes de trieuses est importante. Les salariés sont dans l'ensemble peu diplômés, d'origines culturelles très différentes, parfois sans papiers et avec un taux d'analphabétisation élevé. Les auditions ont également fait ressortir un taux de renouvellement des effectifs (turnover) important dans ces activités et des enjeux de fidélisation des salariés pour les employeurs.

La littérature et les données de la statistique publique ne permettent pas réellement de documenter cette question. Les bilans sociaux par établissement des centres de tri pourraient y contribuer mais ne sont pas rendus publics. Par ailleurs, malgré les demandes adressées aux représentants des employeurs, aucune donnée précise n'a été fournie à l'Anses. L'accès à ces informations pourraient permettre d'améliorer la documentation de certaines dimensions importantes des conditions d'emploi et de travail des travailleurs.

## 4.3 Description des modalités de travail

### 4.3.1 Description des centres de tri et des activités

Les centres de tri des déchets recyclables possèdent globalement tous le même mode de fonctionnement et mettent en œuvre les mêmes procédés de séparation des matières. Certains sites peuvent avoir des particularités organisationnelles (rythme de travail, recours accru au tri manuel, flux de déchets triés concernés par le tri manuel, type de machine de tri optique,...) qui leurs sont propres, mais il s'agit d'adaptations mineures par rapport au synopsis décrit ci-dessous.

Un centre de tri est un enchaînement de 6 grandes étapes :

- \* La réception et le stockage des déchets entrants ainsi que l'alimentation de la ligne de tri
- \* Une étape de pré-tri manuel (retrait de déchets non recyclables ou dangereux)
- \* Un tri mécanisé
- \* Un tri d'affinage manuel
- \* Une étape de compactage et de stockage par matières triées
- \* L'expédition des déchets triés vers les filières de valorisation

La première étape consiste à réceptionner et stocker les déchets issus de la collecte sélective. Un agent d'accueil va gérer l'accueil des apporteurs en les orientant vers le pont à bascule pour la pesée d'arrivée puis vers la zone de dépotage dédiée. Il peut également être en charge de l'évaluation de la qualité du gisement de déchets livrés afin d'accepter ou de refuser la livraison (présence de déchets indésirables). Cette tâche peut être toutefois attribuée à un autre agent selon l'organisation des sites. Le déversement des chargements se fait sur une aire couverte soit directement sur le sol, soit dans une fosse. La localisation du dépotage fait le plus souvent office de stockage du déchet ; pour certains sites les déchets sont repris par des chargeuses pour être stockés dans des alvéoles.

A partir des stockages réalisés, les déchets les plus anciens sont repris par chargeur pour venir remplir une trémie qui sert à alimenter l'ensemble de la chaîne de traitement aval.

Une fois la trémie alimentée, les déchets sont acheminés vers la zone de tri par des convoyeurs à bandes. Ils peuvent passer sur une première zone de tri manuel : cette étape

visé à retirer des indésirables identifiables, les gros cartons et les housses ou sacs ayant contenus les déchets. Cette opération manuelle va faire intervenir des agents de tri dans une cabine de tri. Une fois ce pré-tri réalisé, les déchets sont acheminés toujours par convoyeur vers la zone de tri mécanisé où ils vont passer successivement dans différentes installations pour séparer les différents déchets par matière ou selon la composition physique du déchet.

Le premier traitement appliqué consiste à séparer les déchets en fonction de leur taille, en faisant passer le flux de déchets dans un trommel. Il s'agit d'un cylindre rotatif disposant sur toute sa surface de trous de diamètre croissant pour retirer les déchets de plus en plus gros en fonction de l'avancée du flux. En sortie de trommel, il reste uniquement sur les tapis les déchets plats de type journaux, papier, magazine...

La fraction retirée par le trommel passe ensuite sur un crible balistique afin de trier les déchets par forme (les corps creux vs des corps plats). Cette installation est équipée d'un convoyeur incliné qui va faire chuter et rebondir les déchets creux. Les déchets plats restent plaqués sur le convoyeur et sont récupérés en bout de ligne.

Pour le tri des emballages métalliques, deux technologies sont requises. La première est la technique magnétique, qui va venir capter et retirer du flux tous les objets ferreux. Pour les objets non ferreux (emballages en aluminium, canettes...), c'est la technologie du courant de Foucault qui permet de séparer ces emballages du reste des déchets présents.

La dernière technologie présente lors du tri mécanisé est la technologie du tri optique. Cette dernière a connu un fort développement ces dernières années. Un ensemble de caméras associées à une reconnaissance optique ainsi qu'une aide décisionnelle informatisée vont identifier les plastiques et notamment les bouteilles par couleur, forme et type de matériaux. Par l'action de jets d'air comprimé ou de séparateurs mécaniques, les déchets sont écartés du flux en fonction des caractéristiques définies.

Bien que fortement automatisées et mécanisées, ces installations nécessitent des agents de supervision pour vérifier et maintenir le bon fonctionnement de la ligne. Cette supervision se fait par écrans interposés, mais lors de bourrages ou de blocages des installations, ces agents interviennent pour tenter de remédier aux problèmes et relancer l'installation. Pour des problématiques plus importantes, des agents de maintenance peuvent être mobilisés.

Une fois que le flux de déchets a passé l'étape du tri mécanisé, il ne reste plus sur les convoyeurs que quelques déchets non reconnus ou non écartés par l'étape de tri mécanisé. Ces déchets, au même titre que les fractions précédemment triées, sont dirigés vers des zones de tri manuel dédiés où des agents de tri vont affiner celui-ci.

Au cours des différentes étapes du tri, plusieurs fractions de matières ont été séparées du flux initial de déchets. Elles sont stockées en vrac dans des alvéoles avant d'être mises en balle et compactées pour réduire leur volume global et faciliter le stockage et l'expédition. Les balles réalisées sont stockées dans une zone dédiée par matière en attendant l'expédition par camion vers des sites de valorisation matières. Un agent de production est en charge de la gestion de la presse à balles et du compacteur ; il s'agit souvent de la personne en charge du chargement des camions à l'expédition.

La chaîne de traitement requiert également des métiers annexes pour garantir son bon fonctionnement. Ainsi on peut citer :

- Le personnel d'encadrement des équipes, tel que les chefs d'équipe et les chefs de cabine.

- Le personnel de contrôle qualité des déchets entrants et des produits sortants du site de traitement.
- Le personnel de maintenance et de nettoyage des installations. Ce personnel est amené à travailler en journée pour pallier les incidents sur la ligne de production, mais il est à noter que le gros de la maintenance et du nettoyage se déroule de nuit lorsque la chaîne de traitement est à l'arrêt.

La Figure 33 présente un synoptique des activités en centre de tri.

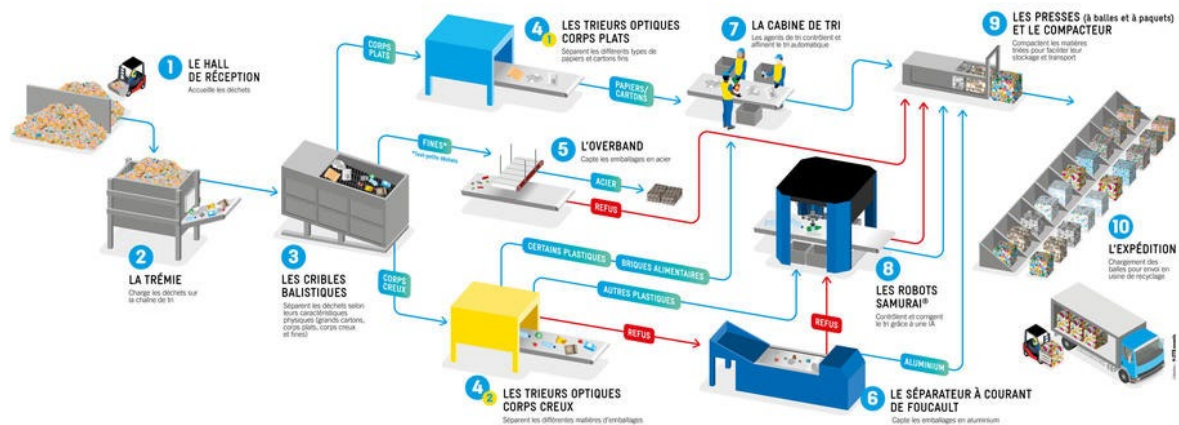


Figure 33 : Synoptique d'un centre de tri (Source : Bordeaux Métropole - [Recyclez vos emballages sur le centre de tri de Bègles | Bordeaux Métropole Valorisation](#), accédé le 13/12/2024)

L'objectif principal du centre de tri, est de pouvoir, à partir d'un mélange complexe de déchets (composition, forme, matières) obtenir une séparation la plus fine possible par matières. Le papier, le carton, l'aluminium, les alliages ferreux et les emballages plastiques sont 5 grandes fractions obtenues à l'issue du passage dans un centre de tri des déchets recyclables. Ces matières vont rejoindre des centres de valorisation de matière dédiés ou directement sur des sites industriels pour être incorporer dans la fabrication de nouveau produit en tant que matière première secondaire (MPS). Pour faciliter leur incorporation dans de nouvelles productions, il est important que la qualité du tri soit la meilleure possible, ce qui n'est pas toujours le cas pour certaine matière.

Pour améliorer le recyclage et la valorisation des emballages plastiques, un nouveau type d'installation a vu le jour depuis quelques années ; il s'agit des centres de sur-tri. A l'heure actuelle 3 centres de ce type sont en activités sur le territoire et un quatrième est prévu à l'horizon 2026. L'objectif principal de ces installations est d'accroître la performance de tri pour un certain type d'emballage plastique rigide (bouteilles, pots, barquettes) afin d'obtenir des balles de matériaux avec le moins d'indésirables possibles. Ces nouveaux emballages sont fabriqués avec une variété importante de résines mais représentent un volume global faible dans le flux total des déchets à trier. La stratégie retenue consiste en la massification du gisement à travers les différents centres de tri du territoire pour alimenter un nombre restreint de centre de sur-tri. A terme la capacité de traitement des 4 centres de sur-tri sera de 100000t/an (données Citeo).

### 4.3.2 Evolution de l'étape de tri

Depuis la création de la filière à responsabilité élargie du producteur (REP) sur les emballages, la filière de collecte et de traitement des déchets ménagers recyclables a beaucoup évolué. Portée par les différentes évolutions réglementaires, la collecte s'est accrue et le gisement de déchets collectés s'est étoffé au fil du temps. L'évolution des consignes de tri avec l'incorporation des emballages alimentaires est la dernière en date et sa mise en place a eu un impact significatif sur les centres de tri des déchets. Adossé à l'objectif de trier plus et mieux pour favoriser le recyclage des matières, les centres de tri ont dû fortement se moderniser. Le choix technologique de l'automatisation des chaînes de tri a été retenu. Certains sites ont été modernisés, d'autres ont fermés car les investissements techniques et financiers nécessaires n'étaient pas réunis et de nouveaux centres de tri ont été construits. Toutefois, la politique de massification du gisement de déchets (augmentation des tonnages pris en charge) et d'automatisation des lignes a eu un impact drastique sur le nombre de centres de tri qui a fortement diminué pour atteindre environ 120 centres de tri sur le territoire actuellement.

Pour accroître les taux de valorisation des matières, de nouvelles structures ont été construites ; il s'agit des centres de surtri. Ces centres ont pour objectif d'affiner le tri de certains emballages plastiques et deviennent de fait un nouvel élément clé du schéma organisationnel de la filière.

L'évolution de la filière est portée d'une part par l'action du législateur qui peut décider d'accroître le périmètre d'action des centres de tri par l'incorporation de nouveaux déchets à l'avenir, mais également par les innovations technologiques avec l'intégration d'automate de tri de plus en plus précis et efficaces (robot et IA). Néanmoins, la robotisation ou l'automatisation à outrance n'est pas sans risque car en modifiant le travail des trieurs, elles apportent de nouveaux risques (polyvalence accrue dans le travail, maintenance et nettoyage des installations) qu'ils convient de clairement identifier.

## 4.4 Etat des connaissances relatives aux expositions des travailleurs en centre de tri

### 4.4.1 Introduction

Les déchets constituent un réservoir pour la prolifération des agents biologiques et le principal vecteur de transfert de polluants dans les centres de tri. Leur manipulation peut mettre en suspension dans l'air des contaminants chimiques et microbiologiques.

La répartition entre l'air et les poussières sédimentées va dépendre entre autres des propriétés physico-chimiques (pression de vapeur, solubilité) des contaminants chimiques et des conditions physiques rencontrées dans les centres de tri, notamment la température et l'humidité. Les composés volatils se retrouvent préférentiellement dans l'air (apports extérieurs directs, volatilisation depuis les déchets, émission dans l'air lors de la dégradation de matières organiques) et les composés semi-volatils et non volatils dans les déchets et poussières sédimentées. Les composés semi-volatils et non volatils peuvent aussi être retrouvés dans

l'air par la mise en suspension de particules lors de certaines activités ou en s'adsorbant<sup>36</sup> à des particules déjà présentes dans l'air.

Le terme poussières (dust en anglais) est souvent utilisé dans la littérature pour désigner les particules en suspension dans l'air mais est imprécis car peut également désigner des particules sédimentées. Afin d'éviter cette confusion, le terme « particules » est utilisé dans la suite du rapport pour désigner les particules en suspension dans l'air et le terme « poussières » est utilisé pour désigner les particules sédimentées.

Les travailleurs en centre de tri peuvent être exposés aux agents chimiques et biologiques par différentes voies :

- Voie respiratoire : pendant le tri des déchets, des spores fongiques et des particules peuvent être émises dans l'air ainsi que des composés volatils. Les moisissures peuvent libérer des substances chimiques ou allergènes ou des constituants de leur paroi (polysaccharides tels que chitine, glucanes, galactomannanes, cellulose), ou membrane (ergostérol) (Anses 2016). Pour les bactéries Gram négatif, ce sont les endotoxines qui sont recherchées (Anses 2024). Les particules peuvent contenir des agents chimiques ou biologiques, et sont susceptibles d'être inhalées par les travailleurs.
- Voie cutanée : la manipulation directe des déchets peut entraîner une contamination de la peau. La présence d'objets tranchants (verre, boîte de conserve...) dans les ordures peut occasionner des blessures qui deviennent de potentielles voie d'entrée pour les agents pathogènes.
- Voie orale : en cas de mauvaise hygiène des mains ou d'équipement de protection individuelle mal utilisé, les travailleurs peuvent ingérer accidentellement des agents pathogènes après avoir touché des surfaces contaminées ou les déchets. Cette ingestion peut également se produire en mangeant, en buvant ou en fumant sans s'être correctement lavé les mains. Des poussières contenant des agents biologiques peuvent se déposer sur les surfaces pouvant entraîner une ingestion accidentelle à la suite d'un contact et au portage à la bouche (contacts « main-bouche »). L'ingestion de particules peut également survenir après inhalation via le mécanisme de remontée mucociliaire suivie d'une déglutition.

Au-delà des expositions aux particules, agents chimiques et biologiques, les travailleurs en centre de tri sont également exposés à des agents physiques tels que le bruit, à des odeurs, à des facteurs biomécaniques, et des facteurs organisationnels.

#### 4.4.2 Panorama des études retenues dans la littérature scientifique

La majeure partie des études retenues s'est intéressée à l'exposition aux agents microbiologiques : 49 études / 70 retenues, dont 25 s'intéressant également aux effets sanitaires toutes en lien avec les agents microbiologiques. En lien avec l'exposition aux agents microbiologiques, 18 études rapportent des données relatives à l'exposition aux poussières.

---

<sup>36</sup> Le principe d'adsorption repose sur la propriété qu'ont les particules (plus largement les solides), de fixer à leur surface certaines molécules en phase gazeuse.

D'autres problématiques ont été investiguées de manière plus anecdotique : expositions aux agents chimiques (N= 6), exposition aux agents physiques (N=2), odeurs (N=2), etc.

Les études retenues ont pour la plupart été menées en Europe.

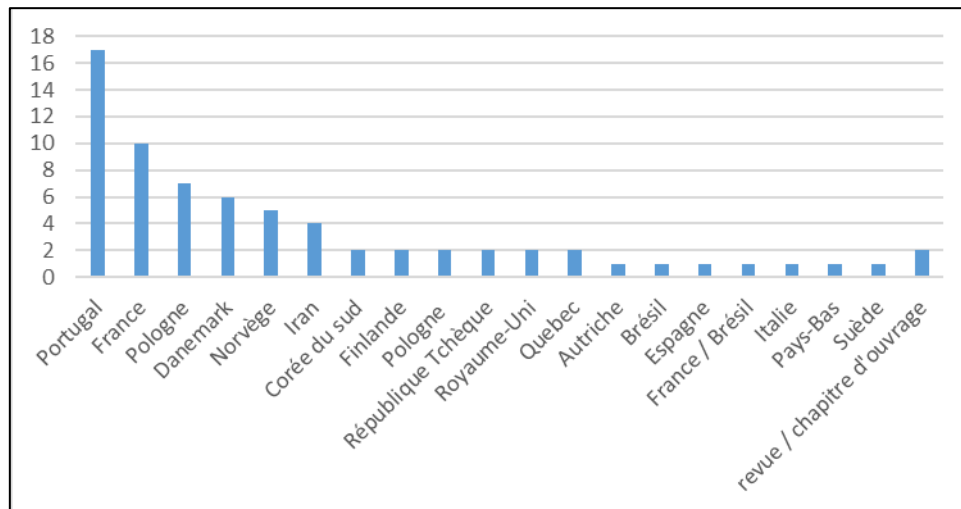


Figure 34 : Nombre de références par pays ayant fait l'objet d'une étude

#### 4.4.3 Valeurs de références

Afin de discuter des résultats des mesures des niveaux d'exposition identifiées dans la littérature, différentes valeurs de références se rapportant aux agents étudiés ont été recensées lorsqu'elles existent. Les valeurs prises en compte sont les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) recommandées par l'Anses, ou bien lorsque ces dernières n'étaient pas disponibles, les valeurs limites d'exposition définies dans le Code du Travail

##### 4.4.3.1 Particules

En 2020, l'Anses a recommandé des VLEP pour les « poussières sans effets spécifiques » (PSES)<sup>37</sup> (Anses 2019b) :

- VLEP-8h: 4 mg.m<sup>-3</sup> fraction inhalable
- VLEP-8h = 0,9 mg.m<sup>-3</sup> fraction alvéolaire.

Les effets retenus par l'Anses pour la recommandation de ces VLEP sont basés sur les conséquences engendrées par une surcharge pulmonaire. La toxicité générale des PSES résulte en effet de la rétention prolongée dans le poumon des particules, susceptibles, au-delà d'un certain seuil, d'entraîner une diminution de la clairance pulmonaire par surcharge des mécanismes d'épuration conduisant à des effets locaux tels que l'inflammation.

Ces valeurs ont été reprises dans le Code du travail (Art. R4222-10).

A noter que toute substance sous forme particulaire devrait, dès lors qu'elle ne dispose pas de VLEP spécifique, être considérée par défaut comme une PSES, ce qui n'exclut pas des

<sup>37</sup> Le terme « poussières sans effets spécifiques » correspond une désignation réglementaire qui se rapporte à des particules en suspension dans l'air.

effets spécifiques de certaines particules ne disposant pas de VLEP propre (Anses 2022a; Poussières 2023).

***Bien que les particules mesurées dans le cadre de cette expertise ne soient pas sans effets spécifiques car peuvent contenir des agents microbiologiques, ces deux valeurs sont retenues pour discuter des résultats des mesures de concentration en particules dans l'air.***

#### 4.4.3.2 Agents chimiques

Parmi les VLEP recommandées par l'Anses, certaines portaient sur des agents chimiques qui ont fait l'objet de mesures dans l'air des centres de tri :

- Plomb (Pb) : VLEP-8h pragmatique<sup>38</sup> = 0,30  $\mu\text{g.m}^{-3}$  et VLCT-15min pragmatique = 150  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . La VLEP-8h pragmatique a pour objectif de limiter les concentrations atmosphériques en plomb dans les atmosphères de travail mais ne permettant pas de garantir une protection contre les possibles effets reprotoxiques (aucune valeur seuil n'ayant pu être déterminée (Anses 2022b))
- Cadmium (Cd) : VLEP-8h pragmatique = 3  $\mu\text{g.m}^{-3}$  et VLCT-15min pragmatique = 15  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . La VLEP-8h pragmatique a pour objectif de limiter les niveaux d'exposition sur les lieux de travail afin de protéger des effets toxiques du cadmium et de ses composés sur la fonction rénale (Anses 2018).
- Monoxyde de carbone (CO) : VLEP-8h et valeur plafond = 20  $\text{mg.m}^{-3}$ . La VLEP-8h a pour objectif de prévenir une éventuelle hypoxie tissulaire provoquée par la conversion de l'oxyhémoglobine en carboxyhémoglobine. La valeur plafond, valeur qui ne doit être dépassée à aucun moment lors d'une journée de travail, a pour objectif d'apporter une meilleure protection du travailleur aussi bien pour les effets court terme bien connus de l'exposition au monoxyde de carbone (nausées, maux de tête, fatigue) que pour l'éventuel risque d'accumulation de la carboxyhémoglobine lors d'expositions itératives même à de faibles niveaux de concentration de CO (Anses 2011).

Pour d'autres polluants mesurés dans l'air, il existe des VLEP réglementaires contraignantes (article R. 4412-149 du Code du travail) :

- Monoxyde d'azote (NO) : VLEP-8h = 2,5  $\text{mg.m}^{-3}$
- Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : VLEP-8h = 0,96  $\text{mg.m}^{-3}$  et VLCT-15min = 1,91  $\text{mg.m}^{-3}$
- xylènes : VLEP-8h = 221  $\text{mg.m}^{-3}$ , VLCT-15min = 442  $\text{mg.m}^{-3}$
- 1,2,4-triméthylbenzène : VLEP-8h = 100  $\text{mg.m}^{-3}$  et VLCT-15min = 250  $\text{mg.m}^{-3}$

#### 4.4.3.3 Bactéries et moisissures

Il n'existe pas de VLEP pour les bactéries et les moisissures. Différentes valeurs ont été établies pour aider à l'interprétation des résultats des mesures de bioaérosols : certaines ont été établies sur des critères sanitaires tandis que d'autres ont été établies en lien avec les niveaux d'exposition rencontrés dans différents environnements professionnels de façon à identifier les situations les plus critiques pour orienter les actions de prévention. Un panorama des valeurs existantes est présenté en Annexe 10.

<sup>38</sup> Une VLEP pragmatique n'a pas pour objectif de recommander une valeur en dessous de laquelle il n'y a pas de risque sanitaire mais vise à limiter les expositions à ces substances sur les lieux de travail.

Pour les bactéries, une valeur de  $10^4$  UFC.m<sup>-3</sup> a été proposée par Donham *et al.* (1989) en lien avec l'observation de problèmes respiratoires chez les travailleurs des porcheries lorsque les concentrations dépassent ce seuil. Cette valeur de  $10^4$  UFC.m<sup>-3</sup> est également la valeur pragmatique la plus fréquemment proposée.

Pour les moisissures, des valeurs basées sur des critères sanitaires ont été proposées par les pays nordiques de  $10^5$  à  $10^9$  spores.m<sup>-3</sup>. En 1989, Donham a proposé une valeur de  $1,3 \cdot 10^4$  UFC.m<sup>-3</sup> en lien avec des symptômes respiratoires observés chez les travailleurs des porcheries (Donham *et al.* 1989). Les valeurs pragmatiques proposées s'étendent de  $10^3$  à  $10^6$  UFC.m<sup>-3</sup>. En Allemagne, il est proposé une valeur de  $5 \cdot 10^4$  UFC.m<sup>-3</sup> dans l'air des centres de tri des déchets ménagers sur la base de l'étude des différences de concentrations de moisissures dans l'air des lieux de travail et dans l'air extérieur (Ministerialblatt 2013).

En France, le réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS) a proposé en 2023 trois valeurs pragmatiques à partir de la distribution des résultats de mesures de bactéries et de moisissures recensées dans la base de données Colchic entre 2010 et 2021 (David *et al.* 2023) :

- en dessous de  $10^5$  UFC.m<sup>-3</sup>, la situation de travail est jugée acceptable (seuil correspond à 70 % des situations les moins exposantes) ;
- entre  $10^5$  et  $10^6$  UFC.m<sup>-3</sup>, la situation de travail n'est pas satisfaisante (ce seuil correspond à 20 % des situations intermédiaires), et des mesures de prévention sont à planifier ;
- au-delà de  $10^6$  UFC.m<sup>-3</sup>, la situation de travail n'est pas acceptable (ce seuil correspond à 10 % des situations les plus exposantes), et des mesures de prévention sont à prendre immédiatement.

***Pour l'interprétation des résultats de mesure identifiés dans la littérature, le GT a retenu le seuil de  $10^4$  UFC.m<sup>-3</sup> pour les bactéries et les moisissures.***

#### 4.4.3.4 Contaminants libérés par les moisissures / bactéries

##### **Endotoxines**

Il existe plusieurs unités pour exprimer les concentrations d'endotoxines mesurées dans l'air : les unités d'endotoxines par mètre cube d'air (UE.m<sup>-3</sup>), résultant de la mesure indirecte de l'activité enzymatique (aujourd'hui les plus fréquemment utilisées) et les nanogrammes par mètre cube (ng.m<sup>-3</sup>). Le facteur de conversion varie en fonction de l'espèce bactérienne qui produit les endotoxines. Pour simplifier la conversion, il est communément admis que  $1 \text{ ng.m}^{-3} = 10 \text{ EU.m}^{-3}$  (Anses 2024).

Il n'existe pas de valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaires pour les endotoxines. Des valeurs allant de 1 à  $10^4$  UE.m<sup>-3</sup> selon les effets critiques pris en compte et les études, ainsi que des valeurs pragmatiques de 200 à  $10^4$  UE.m<sup>-3</sup> ont été proposées.

En France, de la même manière que pour les bactéries et les moisissures, le réseau Assurance maladie – Risques professionnels a proposé en 2015 trois valeurs pragmatiques (Balty *et al.* 2015) :

- < 200 UE.m<sup>-3</sup> : situation de travail acceptable ;
- 200 à 1000 UE.m<sup>-3</sup> : situation de travail non satisfaisante ;
- > 1000 UE.m<sup>-3</sup> : situation de travail inacceptable.

Plus récemment, l'Anses a recommandé une VLEP-8h et une VLCT-15min de 20 UE.m<sup>-3</sup>. Ces valeurs recommandées visent à prévenir une diminution de 1 % du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS), effet critique retenu, sans qu'elles ne puissent garantir l'absence de survenue du « syndrome toxique de poussières organiques », maladie de type grippale non infectieuse (Anses 2024).

**Cette valeur de 20 UE.m<sup>-3</sup> est retenue pour l'interprétation des résultats de mesures d'endotoxines rapportés dans le §4.4.3.3.**

### **Autres contaminants**

Aucune valeur n'a pu être définie pour l'instant pour le bêta-glucane ni pour les mycotoxines recherchées dans les études sur les expositions aux agents biologiques (aflatoxine B1, gliotoxine, ochratoxine A et sterigmatocystine).

#### 4.4.3.5 Bruit

Les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant une action de prévention sont fixées dans le tableau suivant, extrait de l'**article R4431-2** du Code du Travail. Ces valeurs d'exposition au bruit concernent le niveau d'exposition sonore quotidienne exprimé en dB(A) et le niveau de pression acoustique de crête, exprimé en dB(C), qui correspond à des bruits intenses mais courts.

	Niveau ALERTE (Valeur inférieure)	Niveau DANGER (Valeur supérieure)	Valeurs limites d'exposition (VLE)
<b>Niveau d'exposition sonore quotidien</b> (L <sub>EX,8h</sub> )	<b>80 dB(A)</b>	<b>85 dB(A)</b>	<b>87 dB(A)</b>
<b>Niveau de pression acoustique de crête</b> (L <sub>p,C,peak</sub> )	<b>135 dB(C)</b>	<b>137 dB(C)</b>	<b>140 dB(C)</b>
<b>Actions déclenchées par le dépassement de seuil</b>	- Mise à disposition des PICB (protecteurs individuels contre le bruit).	- Mise en œuvre d'un programme de mesure technique de réduction d'exposition au bruit.	<b>- A ne dépasser en aucun cas.</b>  <b>- Mesures de réduction d'exposition sonore immédiates.</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information et formation sur les risques liés à l'exposition au bruit et les mesures pour réduire ce risque.</li> <li>- Possibilité d'un examen audiométrique préventif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Signalisation des lieux de travail bruyants et limitation d'accès.</li> <li>- Port des PICB obligatoire.</li> <li>- Examens audiométriques périodiques (surveillance individuelle renforcée).</li> </ul>	
--	--	---	--

L'INRS recommande dans son guide « Centres de tri de déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes séparées – Guide de prévention pour la conception » de 2018, compte tenu de l'activité statique des salariés, un niveau sonore inférieur à celui proposé par le Code du Travail (INRS 2018a). La valeur recommandée est de 75 dB(A) au lieu de 80 dB(A).

#### 4.4.3.6 Vibrations

Les articles R. 4443-2 et R. 4443-1 du Code du travail définissent deux seuils d'exposition journalière aux vibrations transmises à l'ensemble du corps, sur une période de référence de huit heures de travail : la valeur d'action, fixée à  $0,5 \text{ m/s}^2$ , déclenche l'obligation de mettre en œuvre des mesures correctives, tandis que la valeur limite, fixée à  $1,15 \text{ m/s}^2$ , ne doit en aucun cas être dépassée. Pour les vibrations transmises aux mains-bras, la valeur d'action est de  $2,5 \text{ m/s}^2$  et la valeur limite est de  $5 \text{ m/s}^2$ . La France aligne ses limites sur la directive européenne, mais certains pays (Allemagne, pays nordiques) imposent des règles plus strictes, avec une valeur limite pour le corps entier de  $0,8 \text{ m/s}^2$ .

#### 4.4.3.7 Ondes électromagnétiques

Les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant une action de prévention sont fixées respectivement dans les **articles R4453-3 et R4453-4** du Code du Travail. L'arrêté du 5 décembre 2016 précise les grandeurs physiques que représentent les valeurs limites d'exposition professionnelle et les valeurs déclenchant l'action décrivant l'exposition à des champs électromagnétiques en milieu de travail

Les valeur limite d'exposition correspondent à des valeurs exprimées, selon la fréquence, en termes d'induction magnétique externe (B0), d'intensité de champ électrique interne, de débit d'absorption spécifique (DAS), d'absorption spécifique (AS) ou de densité de puissance (S) ;

Les valeurs déclenchant l'action correspondent à des valeurs exprimées, selon la fréquence, en termes d'intensité de champ électrique (E) ou d'induction magnétique (B), et le niveau de courant, indiqué en termes de courant induit dans les extrémités (IL) ou de courant de contact (IC). Il s'agit de niveaux d'exposition opérationnels au-delà desquels des mesures ou moyens

de prévention prévus par le décret n°2016-1075 du 3 août 2016 doivent être mis en œuvre et, pour celles concernant les effets biophysiques, en deçà desquels les valeurs limites d'exposition sont considérées comme respectées.

**Tableau 13 : Valeurs limites d'exposition professionnelles pour les champs électromagnétiques (Art. R 4453-3 du Code du Travail)**

FREQUENCES (f) (1)	VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE					
	Effets biophysiques directs	« Effets sensoriels »		« Effets sur la santé »		
		Exposition localisée de la tête	Exposition localisée des membres	Exposition ensemble du corps	Exposition localisée de la tête et du tronc	Exposition localisée des membres
0 Hz ≤ f < 1 Hz (2)	Effets non thermiques	2 T	8 T	8 T	-	-
1 Hz ≤ f < 10 Hz (3)		0,7 f V.m <sup>-1</sup>	-	1,1 V.m <sup>-1</sup>	-	-
10 Hz ≤ f < 25 Hz (3)		0,07 V.m <sup>-1</sup>	-		-	-
25 Hz ≤ f ≤ 400 Hz (3)		0,0028 f V.m <sup>-1</sup>	-		-	-
400 Hz ≤ f < 3 kHz (3)		-	-	-	-	-
3 kHz ≤ f < 100 kHz (3)		-	-	3,8x10 <sup>-4</sup> f V.m <sup>-1</sup>	-	-
100 kHz ≤ f < 10 MHz (3) (4) (5)	Effets thermiques	-	-	3,8x10 <sup>-4</sup> f V.m <sup>-1</sup> (non thermique) 0,4 W.kg <sup>-1</sup> (thermique)	10 W.kg <sup>-1</sup>	20 W.kg <sup>-1</sup>
10 MHz ≤ f < 0,3 GHz (4)		-	-	0,4 W.kg <sup>-1</sup>		
0,3 GHz ≤ f < 6 GHz (4) (6)		10 mJ.kg <sup>-1</sup>	-			
6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz (7)		-	-	50 W.m <sup>-2</sup>	-	-

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz)  
(2) Dans la gamme de fréquences comprises entre 0 et 1 hertz, les valeurs limites d'exposition sont des valeurs d'induction magnétique externe exprimées en tesla  
(3) Dans la gamme de fréquences comprises entre 1 hertz et 10 mégahertz, les valeurs limites d'exposition sont des valeurs crête spatiale du champ électrique interne exprimées en volt par mètre  
(4) Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kilohertz et 6 gigahertz, les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sur la santé représentent l'énergie moyenne sur l'ensemble ou une partie du corps (tête, tronc, membres) exprimée en termes de débit d'absorption spécifique en watt par kilogramme  
(5) Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kilohertz et 10 mégahertz, les effets thermiques et non thermiques agissant concomitamment, les valeurs limites d'exposition pour les deux types d'effets doivent être considérées  
(6) Dans la gamme de fréquences comprises entre 0,3 et 6 gigahertz, la valeur limite d'exposition relative aux effets sensoriels représente l'énergie absorbée par unité de masse de tissus biologiques exprimée en termes d'absorption spécifique en joules par kilogramme  
(7) Dans la gamme de fréquences comprises entre 6 et 300 gigahertz, la valeur limite d'exposition relative aux effets sur la santé représente une densité de puissance exprimée en watt par mètre carré

**Tableau 14 : Valeurs déclenchant l'action liées aux effets biophysiques directs des champs électromagnétiques (Art. R 4453-4 du Code du Travail)**

FREQUENCE (f) (1)	VALEURS DECLANCHANT L'ACTION				
	Effets biophysiques directs	Pour l'exposition aux champs électriques VA (E <sub>eff</sub> ) (2) (3)	Pour l'exposition aux champs magnétiques		Pour les courants induits VA (H <sub>eff</sub> ) (5)
			VA basse (6)	VA haute (6)	
1 Hz ≤ f < 8 Hz	Effets non thermiques	2x10 <sup>4</sup> V.m <sup>-1</sup>	2x10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup> μT	3x10 <sup>5</sup> /f μT	9x10 <sup>5</sup> /f μT
8 Hz ≤ f < 25 Hz			2,5x10 <sup>4</sup> /f μT		
25 Hz ≤ f < 50 Hz			1x10 <sup>4</sup> μT		
50 Hz ≤ f < 300 Hz		6,1x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup>	3x10 <sup>3</sup> /f μT		
300 Hz ≤ f < 1,64 kHz			1x10 <sup>2</sup> μT		
1,64 kHz ≤ f < 2,5 kHz			1x10 <sup>2</sup> μT		
2,5 kHz ≤ f < 3 kHz	6,1x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup> (thermique)	1x10 <sup>2</sup> μT (non thermique)	3x10 <sup>2</sup> μT		
3 kHz ≤ f < 100 kHz		2x10 <sup>5</sup> /f μT (thermique)			
100 kHz ≤ f < 1 MHz (7)	Effets thermiques	6,1x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup> (non thermique et thermique)	1x10 <sup>2</sup> μT (non thermique)	3x10 <sup>2</sup> μT	
1 MHz ≤ f < 10 MHz (7)		6,1x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup> (non thermique)	2x10 <sup>5</sup> /f μT (thermique)		
10 MHz ≤ f < 110 MHz		61 V.m <sup>-1</sup>	0,2 μT		-
110 MHz ≤ f < 400 MHz		3x10 <sup>-3</sup> f <sup>1/2</sup> V.m <sup>-1</sup>	1x10 <sup>-2</sup> f <sup>1/2</sup> μT		-
400 MHz ≤ f < 2 GHz	6,1x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup> (thermique)	1,4x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup>	4,5x10 <sup>-1</sup> μT	-	
2 GHz ≤ f < 300 GHz		-	-	-	

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz)  
(2) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition aux champs électriques sont des valeurs d'intensité de champ électrique exprimées en volt par mètre.  
(3) Sur la gamme de fréquences comprises entre 1 et 400 hertz, pour une exposition à des champs électriques, la valeur déclenchant l'action permet de respecter les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sensoriels et aux effets sur la santé mentionnées à l'article R. 4453-2  
(4) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition à des champs magnétiques sont des valeurs d'induction magnétique exprimées en microtesla  
(5) La valeur déclenchant l'action pour les courants induits est exprimée en milliampère  
(6) Sur la gamme de fréquences comprises entre 1 et 400 hertz, pour une exposition aux champs magnétiques, la valeur déclenchant l'action basse permet de respecter les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sensoriels pour une exposition localisée de la tête tandis que la valeur déclenchant l'action haute permet de respecter les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sur la santé mentionnées à l'article R. 4453-2  
(7) Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kilohertz et 10 mégahertz, les effets thermiques et non thermiques agissant concomitamment pour les expositions à des champs électriques et à des champs magnétiques, les valeurs déclenchant l'action pour les deux types d'effets et les deux types de champs doivent être considérées

Tableau 15 : Valeurs déclenchant l'action liées à certains effets indirects des champs électromagnétiques (Art. R 4453-4 du Code du Travail)

FREQUENCE (f) (1)	VALEURS DECLENCHANT L'ACTION			
	pour le risque d'interférence avec des dispositifs actifs implantés	pour le risque d'attraction et de projection dans le champ périphérique de source de champs intenses (> 100 mT)	pour la limitation du risque de décharges d'étincelles	pour un courant de contact d'état stable
	AL(B <sub>0</sub> ) (2)	AL(B <sub>0</sub> ) (2)	VA (E <sub>eff</sub> ) (3)	VA (I <sub>c</sub> ) (4)
0 Hz ≤ f < 1 Hz	0,5 mT	3 mT	-	1 mA
1 Hz ≤ f < 25 Hz	-	-	2x10 <sup>4</sup> V.m <sup>-1</sup>	
25 Hz ≤ f < 2,5 kHz	-	-	5x10 <sup>5</sup> /f V.m <sup>-1</sup>	0,4 f mA
2,5 kHz ≤ f < 3 kHz	-	-	-	
3 kHz ≤ f < 100 kHz	-	-	1,7x10 <sup>2</sup> V.m <sup>-1</sup>	40 mA
100 kHz ≤ f < 10 MHz	-	-	-	
10 MHz ≤ f ≤ 110 MHz	-	-	-	-

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz) à l'exception de la valeur déclenchant l'action pour les courants de contact dans la gamme de fréquences comprises entre 2,5 et 100 kilohertz où elle est exprimée en kilohertz  
(2) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition à des champs magnétiques statiques sont des valeurs d'induction magnétique exprimées en millitesla  
(3) Les valeurs déclenchant l'action pour la limitation du risque de décharges d'étincelles sont des valeurs d'intensité de champ électrique exprimées en volt par mètre  
(4) Les valeurs déclenchant l'action pour les courants de contact sont exprimées en milliampère

#### 4.4.4 Exposition aux agents chimiques

Parmi les études recensées, seules 6 études rapportent des résultats de mesures de concentration en agents chimiques dans l'air autres que les particules. Les composés recherchés varient selon les études, certains en lien avec les déchets manipulés: métaux lourds ou COV, d'autres en lien avec les véhicules œuvrant sur les sites : composés liés aux émissions diesel.

Ces études ainsi que leurs principaux résultats sont décrites ci-après. Les niveaux de mesures rapportés dans ces études ont été comparés aux valeurs de référence françaises pour les agents chimiques considérés (Cf. 4.4.3.2)

Les deux études les plus anciennes (Rahkonen 1992; Sigsgaard, Hansen et Malmros 1997) se sont intéressées à la présence de métaux lourds dans les aérosols dans des centres de tri de papiers en Finlande et au Danemark, et plus particulièrement en plomb et cadmium. Les niveaux médians mesurés dans l'air étaient de l'ordre de 0,19 µg.m<sup>-3</sup> (Pb) et 0,04 µg.m<sup>-3</sup> (Cd). Les travailleurs du tri du papier présentaient des niveaux de Pb sanguins significativement plus bas que les travailleurs témoins et des niveaux de mercure et de cadmium plus élevés (Sigsgaard, Hansen et Malmros 1997).

*Les niveaux mesurés sont inférieurs à la VLEP-8h pragmatique de 0,30 µg.m<sup>-3</sup> pour le Pb et la VLEP-8h pragmatique de 3 µg.m<sup>-3</sup> pour le cadmium recommandées par l'agence (cf. 4.4.3.2).*

Lavoie et Guertin (2001) ont recherché les composés liés aux émissions diesel (CO, CO<sub>2</sub>, NO et NO<sub>2</sub>) dans trois usines de recyclage de déchets ménagers (vêtements, papier, carton, verre, plastique et métal) comprenant des zones de tri. Les mesures réalisées dans ces zones variaient selon la période des mesures : les concentrations en CO et CO<sub>2</sub> étaient plus élevées en hiver qu'en été (CO = 29 vs 8 mg.m<sup>-3</sup>, CO<sub>2</sub> = 1152 vs 1079 mg.m<sup>-3</sup>)<sup>39</sup> en lien avec la configuration du centre (portes maintenues fermées). Il n'a pas été détecté de NO<sub>2</sub> et les

<sup>39</sup> Les valeurs ont été converties en mg.m<sup>-3</sup> (CO = 25 ppm vs 7,1 ppm - CO<sub>2</sub> = 630 ppm vs 590 ppm)

niveaux de NO étaient plus élevés en été qu'en hiver (4 vs 0,6 mg.m<sup>-3</sup>)<sup>40</sup>. Dans une étude de cas visant à déterminer les éléments et caractéristiques à considérer pour la conception et l'aménagement sécuritaire des futurs centres de tri, l'IRSST a également effectué des mesures de ces composés dans un centre de tri au Québec. Les concentrations mesurées sont plus faibles que celles rapportées par Lavoie et Guertin (2001).

*Les concentrations de CO mesurées en hiver et celles de NO mesurées en été sont supérieures respectivement à la VLEP-8h de 20 mg.m<sup>-3</sup> recommandée par l'Anses (2011) pour le CO et la VLEP-8h réglementaire de 2.5 mg.m<sup>-3</sup> établie pour le NO (cf. 4.4.3.2).*

Plus récemment Berg *et al.* (2020) ont mesuré les COV totaux dans le hall d'un centre de tri (nature des déchets non précisée) avant et après mise en service d'un système de neutralisation d'odeurs. Les concentrations moyennes en COV avant activation étaient de 13,6 mg.m<sup>-3</sup> et 4,3 mg.m<sup>-3</sup> après activation. Les auteurs rapportent que les composés suivants ont été identifiés : éthanol, 1-méthoxy-2-propanol, acétone, acétate de méthyle, et éthylbenzène. Ils mentionnent également la détection d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène sans rapporter les concentrations mesurées.

Nabizadeh *et al.* (2020) ont effectué des mesures de COV dans une usine de tri et de recyclage de papiers et de cartons, dans différentes zones de l'usine. En plus des COV totaux, 17 COV ont été identifiés et quantifiés : benzène, toluène, éthylbenzène, m,p xylène, o-xylène, décane, 1-éthyl-3-méthyl benzène, 1,2,3-triméthyl benzène, 1,3,5-triméthyl benzène, 1,2,4-triméthyl benzène, 1,2-diéthyl benzène, 1-éthyl-2-méthyl benzène, limonène, 1,4 diéthyl benzène, butyl benzène, 2-méthyl nonane, et nonane.

Les COV totaux moyens varient de 0,097 ± 0,018 à 5,234 ± 0,335 mg.m<sup>-3</sup> selon les zones de mesurage. Les niveaux les plus élevés ont été trouvés sur une ligne de convoyeur à bandes puis au niveau de la presse à balles (1,386 ± 0,078 mg.m<sup>-3</sup>). Les COV prédominants sont les m,p-xylène (1,195 ± 0,118 mg.m<sup>-3</sup>), 1,2,4-triméthylbenzène (0,821 ± 0,094 mg.m<sup>-3</sup>) et 1-éthyl-3-méthylbenzène (0,687 ± 0,049 mg.m<sup>-3</sup>). Les auteurs rapportent que les COV et les niveaux mesurés sont différents de ceux rapportés dans des études portant sur d'autres activités de manipulation de déchets et des déchets de natures différentes. Ils rapportent également que certains COV comme le styrène, le toluène, les éthylbenzènes, le m,p-xylène et l'o-xylène peuvent être émis à partir de papier ordinaire, en particulier en présence de toner, dans des livres âgés/anciens et du papier traité provenant de photocopieuses, et que la production de papier et de carton imprégnés d'huile et de graisse est également une autre source de COV. Aucune autre étude rapportant des mesures de COV dans les centres de tri d'emballages et papier n'a été identifiée.

*Les concentrations mesurées sont nettement inférieures aux VLEP-8h établies pour les xylènes (221 mg.m<sup>-3</sup>) et le 1,2,4-triméthylbenzène (100 mg.m<sup>-3</sup>).*

Des COV microbiens (COVm) peuvent également être produits par les moisissures. Ils proviennent du métabolisme fongique et de la dégradation de matériaux sous l'action d'enzymes et d'acides produits par les moisissures lors de leur croissance. La nature et la

<sup>40</sup> Les valeurs ont été converties en mg.m<sup>-3</sup> (NO = 3,3 ppm vs 0,5 ppm)

quantité de COVm produits dépendent du substrat sur lequel la moisissure se développe, de l'humidité et de l'espèce en cause. Plusieurs dizaines de COVm peuvent être produits par une seule espèce (Anses, 2016). Malta-Vacas *et al.* (2012) ont mesuré des concentrations en COVm comprises entre 0 et 8,9 ppm dans un centre de tri de papiers et plastiques. Les mesures en extérieur étaient nulles.

*Très peu d'études se sont intéressées à la présence d'agents chimiques dans l'air des centres de tri. Les études menées dans les années 1990, donc bien avant la directive ROHS de 2011<sup>41</sup> se sont intéressées à la recherche des métaux lourds, notamment plomb et cadmium. Au cours de cette période le tri était bien moins sélectif qu'aujourd'hui et du plomb pouvait être retrouvé dans les encres d'imprimerie et les emballages sérigraphiés (Richard et Woodbury, 1992).*

*Une diversité de COV peut être rencontrée, les concentrations mesurées dans les deux études identifiées sont faibles (0,1 à 15 mg.m<sup>-3</sup> pour les COV totaux).*

#### 4.4.5 Exposition aux agents biologiques

##### 4.4.5.1 Introduction

Les travailleurs en centre de tri sont exposés à divers agents biologiques provenant de la nature des déchets (présence de matières organiques résiduelles, déchets souillés, matières poreuses, etc...), des conditions de stockage et des moyens de prévention mis en place (conception des centres de tri, ventilation). Ces agents peuvent inclure des bactéries, des virus, des champignons, des parasites et autres microorganismes, potentiellement pathogènes.

Il n'existe actuellement pas de méthode standardisée d'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents biologiques.

##### 4.4.5.2 Méthodes de mesure des micro-organismes

###### 4.4.5.2.1 *Généralités sur les méthodes de mesure*

###### **Prélèvement**

Les techniques de prélèvement les plus utilisées dans les publications retenues sont les prélèvements d'air par impaction sur milieu de culture en boîte de Petri et par filtration. L'impacteur Andersen, couramment utilisé, permet de séparer les particules selon différentes classes de taille de particules.

Les prélèvements peuvent être individuels ou bien à poste fixe, et peuvent durer de quelques minutes à plusieurs heures, selon les techniques utilisées et l'objectif des mesures.

---

<sup>41</sup> Directive 2011/65/UE du Parlement européen et du Conseil du 8 juin 2011 relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (refonte)

Les prélèvements individuels reflètent mieux l'exposition des travailleurs que les prélèvements d'ambiance.

Un certain nombre de dispositifs de prélèvement sont disponibles pour mener à bien les mesures mais tous ne sont pas utilisables pour les prélèvements individuels. Les principaux systèmes de collecte sont (Anses 2016) :

- *Prélèvements d'ambiance :*
  - *Andersen : 6 ou 8 étages avec les diamètres de coupure ( $D_{50}^{42}$ ) suivants ; le 6 étages est plus utilisé pour les micro-organismes.*
    - D50 pour 8 étages : >11; 7 ; 4,7 ; 3,3 ; 2,1 ; 1,1; 0,65; 0,43  $\mu\text{m}$
    - D50 pour 6 étages : >7; 4,7; 3,3; 2,1; 1,1; 0,65  $\mu\text{m}$
  - *MAS 100*
  - *Impacteur Coriolis*
- *Prélèvements individuels*
  - *CIP 10*
  - *IOM*

#### Prélèvements de poussières sédimentées (prélèvements surfaciques) et analyse de substrats :

Afin de déterminer la contamination surfacique en microorganismes, il existe plusieurs techniques de prélèvement : essuyage de la surface à l'aide d'une lingette, par écouvillonnage, à l'aide d'une boîte contact ou d'un pétrifilm (gelose contact). Il est également possible de prélever des échantillons de poussières sédimentées ou bien de déterminer la présence d'agents microbiologiques à partir d'un échantillon de la surface ou du matériau à analyser. Par exemple, Viegas et al. ont ainsi analysé la présence d'agents microbiologiques sur différentes parties de masques respiratoires, notamment la valve d'expiration (C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Soszczyńska, *et al.* 2020 ; C. Viegas, Dias, Almeida, Aranha Caetano, *et al.* 2020) et de gants de protection (C. Viegas, Dias, Almeida, Carolino et Viegas 2020).

Ces différentes techniques de prélèvements sont résumées dans le tableau en Annexe 13.

#### **Analyse – Identification**

##### *Méthodes basées sur la culture*

Les techniques basées sur la culture restent d'actualité car elles font référence pour l'identification. La fraction cultivable des micro-organismes de l'air est faible (0,01 à 10 %). Les cultures sont réalisées sur des milieux nutritifs placés à différentes températures d'incubation. Chaque type de milieu, chaque température et chaque temps d'incubation répondent à des besoins spécifiques d'espèces. Les bactéries et les champignons ainsi cultivés sur des milieux nutritifs sont quantifiés en unité formant colonies (UFC). Cette mesure quantitative, mise en œuvre dans la plupart des études retenues, est la mesure des agents biologiques dans l'air la plus ancienne et la plus courante.

Ainsi l'utilisation de plusieurs milieux placés à différentes températures et analysés à différents temps permet d'augmenter la gamme des espèces détectées.

---

<sup>42</sup> diamètre aérodynamique des particules pour lequel l'efficacité de la collecte des particules est de 50%

Le dénombrement et l'identification reposent sur un examen macroscopique des milieux de culture et un examen microscopique des colonies fongiques. Cette étape requiert du temps et un niveau d'expertise important, en particulier pour une identification au niveau de l'espèce.

L'inconvénient majeur de l'analyse par culture réside dans le fait que seule la flore revivifiable est mise en évidence et qu'un niveau de compétence élevé du personnel est nécessaire. Pour une identification la plus précise possible, il faut multiplier les milieux et les conditions d'incubation. Enfin, la compétition des espèces présentes sur la boîte de Petri sous-estime certaines espèces (Anses 2016).

#### *Polymerase chain reaction quantitative en temps réel (qPCR)*

Les techniques de biologie moléculaire reposent essentiellement sur la PCR (*Polymerase Chain Reaction*) qui est au départ une méthode d'amplification des acides nucléiques. L'obtention de grandes quantités d'acides nucléiques permet ensuite l'utilisation de nombreuses méthodes d'analyse. Les premières techniques de PCR dites « en point final » ne permettaient pas la quantification ultérieure du produit amplifié. Actuellement, la seule méthode qui présente des caractéristiques compatibles avec un emploi consensuel est la PCR quantitative en temps réel (qPCR). Son atout principal est d'être réalisé en format clos, sans ouverture des tubes pour analyser les produits amplifiés. Cela diminue drastiquement le risque de contamination de l'environnement du laboratoire avec des produits amplifiés (et donc le risque de faux positifs). Son deuxième avantage est de quantifier le produit amplifié (Anses, 2016). Cette technique permet également de diminuer le temps de diagnostic là où la culture sur boîte de Petri nécessite plusieurs jours. De plus, elle est adaptée à un spectre plus large de micro-organismes, notamment ceux difficilement ou pas du tout cultivables (Anses 2016).

#### *Méthodes de séquençage haut débit ou NGS (Next Generation Sequencing)*

La qPCR étant limitée en matière de nombre d'espèces détectables, les nouvelles méthodes de séquençage haut débit ou NGS (pour *Next Generation Sequencing*) ont le potentiel de surmonter cet obstacle en évitant de cibler des espèces *a priori*. Cette approche, dénommée métagénomique, permet l'analyse de la composition et de la dynamique des communautés microbiennes. La méthode d'analyse des amplicons est actuellement de plus en plus utilisée en bactériologie. Les OTU (*operational taxonomic unit*) obtenus peuvent correspondre à des espèces connues cultivables ou non, mais aussi à des éléments non viables, comme pour toute analyse d'ADN (Anses 2016).

Cette cartographie de la biodiversité des micro-organismes présents permet d'identifier les espèces spécifiques et leur abondance relative.

Ces résultats, combinant quantification et diversité des agents biologiques, permettent d'évaluer le niveau de contamination de l'air.

Ces différentes techniques d'analyse sont résumées dans le tableau en Annexe 14.

### **Recherche de métabolites primaires et secondaires**

#### *Glucanes :*

Les glucanes sont des constituants de la paroi des spores fongiques. Les méthodes de dosage sont peu spécifiques car les glucanes sont également présents chez les végétaux. Les dosages ne donnent pas d'information sur les espèces (Anses 2016).

### *Mycotoxines :*

Les mycotoxines sont des toxines naturelles produites par certaines moisissures qui peuvent se retrouver dans les spores, filaments, sur les supports de croissance ou adsorbées sur les particules. Il est dénombré plus de 300 mycotoxines, émises par de nombreuses espèces de façon variable. Dans l'alimentation, la présence des principales mycotoxines est réglementée du fait de leur pathogénicité prouvée. Le dosage se fait par chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse. Le dosage dans l'air est peu répandu du fait du manque de sensibilité des méthodes par rapport aux quantités présentes et du fait du manque de preuve de la pathogénicité des mycotoxines par inhalation.

### **Endotoxines**

Les endotoxines sont des substances toxiques liées à la paroi cellulaire des bactéries. Elles peuvent être libérées lors de la rupture des parois et/ou la mort des bactéries. Pour mesurer la concentration des endotoxines, des méthodes chimiques sont employées, telles que le test Limulus Amebocyte Lysate (LAL) avec analyse en spectrophométrie. Les résultats sont rendus en unités d'endotoxines par mètre cube (UE.m<sup>-3</sup>). Une autre méthode reconnue consiste à analyser les endotoxines en chromatographie liquide haute performance (CLHP), ce qui peut conduire à une expression des résultats en µg.m<sup>-3</sup> et non en UE.m<sup>-3</sup>.

### **Prélèvements de référence :**

En l'absence de valeur sanitaire de référence, valeur limite d'exposition professionnelle ou valeur guide pour les agents biologiques, hormis pour les endotoxines (Cf. §4.4.3.4), il est nécessaire d'effectuer des prélèvements de référence dans des zones supposées non contaminées (par exemple air intérieur/air extérieur ou local à problème/local sans problème...), afin de donner une base comparative aux mesures d'exposition effectuées. (INRS <https://www.inrs.fr/risques/biologiques/evaluer-risques-biologiques.html>),

#### *4.4.5.2.2 Panorama des études retenues et des mesures effectuées*

Parmi les 52 études retenues rapportant des mesures d'agents biologiques dans l'air (mesures quantitatives ou qualitatives), 46 sont européennes, 2 ont été réalisées en Corée du Sud, une en Iran et une au Québec, les 2 dernières références étant des revues de la littérature. Aucune étude réalisée aux USA ou en Australie n'a été retenue. La très forte prédominance des études européennes peut s'expliquer par les critères d'exclusion appliqués pour la sélection des études : ont notamment été écartées celles portant sur des activités de tri non comparables aux activités de tris réalisées en France (exemple des trieurs informels dans les pays en voie de développement). L'absence d'études réalisées aux États-Unis ou en Australie pourrait s'expliquer par un intérêt moindre pour ces activités, alors que la réglementation européenne les encourage de plus en plus.

Aucune étude portant sur des centres de tri en Allemagne n'a été sélectionnée pour la synthèse en raison du critère d'exclusion sur la langue. À noter que parmi les 9 références identifiées en langue allemande, la plus récente date de 2011. Ayant identifié et sélectionné de nombreuses données plus récentes, le groupe de travail n'a pas extrait les données de ces 9 références.

La date des mesures ainsi que la nature des déchets ne sont pas systématiquement renseignées dans les études. Les déchets triés peuvent être différents selon les études, certains centres recevant divers types de déchets ménagers (papiers, cartons, emballages plastiques, verre, métaux) d'autre étant spécifiques d'un type de déchet (par exemple le papier)

Certaines études visaient à effectuer des mesures quantitatives de bactéries, moisissures et /ou endotoxines dans l'air tandis que d'autres avaient pour objectif de déterminer la biodiversité fongique ou bactérienne des espèces retrouvées dans l'air des centres de tri.

Le Tableau 16 synthétise le type de mesures effectuées dans les études retenues.

**Tableau 16 : Synthèse du type de mesures d'agents biologiques effectuées dans les études retenues**

(A : mesures ambiantes, I : mesures individuelles, i : fraction inhalable, a : fraction alvéolaire, t : fraction thoracique, tot : fraction totale, fm/filtre membrane, ia/impacteur Andersen, ip/impacteur petri, min : durée de prélèvement de quelques minutes, h : durée de prélèvement de plusieurs heures, dp = durée de prélèvement, NR : non renseigné)

Référence	Pays	Date / période mesures	Nature déchets	Mesures quantitatives				Autres paramètres étudiés
				Particules	Endotoxines	Bactéries	Champignons	
Afanou <i>et al.</i> (2023)	Norvège	2017 Aout à octobre	carton, papier, plastiques, plaques de plâtre, vieilles fenêtres, matériaux de remplissage et matériaux de jardinage		I, tot, fm			Diversité fongique (PCR) Cytotoxicité : activation TLR2 et TLR4 <i>in vitro</i>
Berg <i>et al.</i> (2020)	Pologne	Nov. 2016 à janvier 2018	NR			A, ip		Quantification par espèce (culture)
Bragoszewska, Biedroń et Hryb (2019)	Pologne	2019 mars	Déchets municipaux			A, ia		Indice de contamination fongique, indice intérieur/extérieur Distribution taille
Bragoszewska (2019)					A, ia		Diversité bactérienne (morph cellulaire) Distribution taille	
Bragoszewska, Biedroń et Hryb (2020)					A, ia		indice intérieur/extérieur antibiorésistance Distribution taille	
Bragoszewska (2020)						A, ia		Diversité fongique (identification macro et microscopique)

Référence	Pays	Date / période mesures	Nature déchets	Mesures quantitatives				Autres paramètres étudiés
				Particules	Endotoxines	Bactéries	Champignons	
								Distribution taille
Breum <i>et al.</i> (1999)	Danemark	NR Avril à octobre	Papier	A, tot, fm				Empoussièrément et contenu microbien des particules et des matériaux en vrac Comptage de spores fongiques
Černá <i>et al.</i> (2015)	Rép. Tchèque	2014 Janvier, mai, août, octobre	Papier				A, ip	Variabilité (intersaison, période journalière) Gammes de concentration
Černá <i>et al.</i> (2017)	Rép. Tchèque	2013-2014 Octobre, janvier, mai, août	Plastiques				A, tot, fm	Diversité fongique (identification macro et microscopique) Abondance relative Variabilité (saisonniers)
Cyprowski <i>et al.</i> (2019)	Pologne	2014 – 2015 4 saisons	Déchets municipaux	l, i, fm				Peptidoglycans Lavage nasal questionnaire de santé Corrélation
Cyprowski <i>et al.</i> (2021)	Pologne	2020 Avril	Déchets municipaux	A, i, fm			A, ip	Poussières sédimentées Diversité microbienne Analyse moléculaire genre <i>Clostridium</i>
De Vasconcelos Pinto <i>et al.</i> (2015)	Portugal	2010-2011 Nov. - Juin	Verre				A, ip	Variabilité saisonnière Caractérisation microbiologique (identification macro et microscopique)
Degois <i>et al.</i> (2017)	France	2014 Juillet	papier, carton, journaux, emballages alimentaires, et autres					Biodiversité bactérienne et fongique (séquençage ADN)
Degois <i>et al.</i> (2021)	France	NR 1 an	carton, emballages plastiques, métaux					Biodiversité bactérienne et fongique (séquençage ADN) Influences paramètres environnementaux
Eriksen <i>et al.</i> (2022)	Norvège	2017 Février – mars	Déchets ménagers	l, tot.	l	l	l	TLR4, TLR2, cytotoxicité

Référence	Pays	Date / période mesures	Nature déchets	Mesures quantitatives				Autres paramètres étudiés
				Particules	Endotoxines	Bactéries	Champignons	
								Biodiversité bactérienne et fongique (amplification ADN)
Eriksen, Afanou, Madsen, <i>et al.</i> (2023)	Norvège	Juin 2020 à nov. 2021	Déchets ménagers résiduels (tri auto) - papier, carton, plastiques pré triés et résiduels (tri manuel)	I, tot, t, fm (dp = 7,5h)	I, tot, fm	I, t, fm		Questionnaire de santé Biodiversité bactérienne et fongique
Eriksen, Afanou, Straumfors, <i>et al.</i> (2023)							TLR4, TLR2, cytotoxicité biomarkers	
Eriksen (2023)						I, A, i, fm	Variabilité saisonnière Diversité bactérienne (NGS - MALDI-TOF MS)	
Gladding et Coggins (1997)	Royaume-Uni	NR 4 saisons	papiers, verre, métaux, plastiques.			A, ia		Bactéries Gram – Diversité fongique Questionnaire santé
Hansen <i>et al.</i> (2023)	Danemark	2021 Avril à juin Août à octobre "	papier, carton - plastique, (métal, DEEE...)	I, i, fm				Déterminants de l'exposition
Karamkhani <i>et al.</i> (2020)	Iran	2016 Automne	bouteilles plastiques	A, I, i (dp :5h)				Poussières sédimentées Détermination aflatoxine B1 (AFB1) air et sanguins/serum
A.. Kozajda, Jezak, <i>et al.</i> (2015)	Pologne	2008 Été	déchet solides				A, ia,	Détermination de concentrations en ergosterol
A. Kozajda <i>et al.</i> (2017)	Pologne	NR Été	NR	I, i, fm (dp = poste)				Détermination (1–3)-b-D-glucanes Correlation
Krajewski <i>et al.</i> (2002)	Pologne	NR juin	Plastiques, métaux, verre	A, I, tot, fm				Questionnaire Diversité fongique (morphologie) Abondance relative
Lavoie et Guertin (2001)	Québec	NR Été et hiver	vêtements, papier, carton, verre, plastique et métal	A, tot, fm		A, ia		Bactéries Gram – Agents physiques (bruit, champ magnétiques, vibrations). Etude ergonomique
Lehtinen <i>et al.</i> (2013)	Finlande	2003 – 2004 différentes saisons	déchets organiques (+ déchets secs)	A, tot, fm	A, tot ou	A, ia		COV Identification fongique

Référence	Pays	Date / période mesures	Nature déchets	Mesures quantitatives				Autres paramètres étudiés
				Particules	Endotoxines	Bactéries	Champignons	
					i, fm			
Malta-Vacas <i>et al.</i> (2012)	Portugal	2011 Mars	Papier, plastiques			A, ip		Diversité fongique (identification macro et microscopique) Identification moléculaire (qPCR) COVm
Nersting <i>et al.</i> (1991)	Danemark	NR	déchets pré-triés à la source (papier, carton, plastique, parfois verre et brique lait)	A, tot, fm		A, ia, ip		Bactéries Gram -
D.U. Park <i>et al.</i> (2011)	Corée du Sud	NR	NR		I, tot, fm			Bactéries Gram – Surface
D. Park <i>et al.</i> (2013)	Corée du Sud	NR	NR	A				spectrophotomètre Grimm : résultats en fraction inhalable, fraction alvéolaire, PM <sub>1</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub>
Perná, Wittlingerová et Zimová (2020)	Revue							Revue. Composition fongique dans les centre de tri
Poulsen <i>et al.</i> (1995)	Revue							Rapportent les résultats de Malmros 1991, 1992 Gammes de concentration
Rahkonen (1992)	Finlande	1989 Avril à nov.	déchets ménagers	I, tot, fm	A, tot, fm	A, ia, A, tot, fm		Distribution en taille
Santos <i>et al.</i> (2018)	Portugal	NR	Emballages, plastiques, papier carton, verre			A, ia,		Diversité bactérienne et fongique Corrélations
Schlosser <i>et al.</i> (2015)	France	NR	cartons, tétrabriques, métaux, plastiques et journaux		I, tot, fm			Déterminants de l'exposition
Schlosser, Robert et Noyon (2020)	France	NR Octobre à mars	papiers, cartons, films et emballages plastiques.	A, I, i				4 mycotoxines (aflatoxine B1, gliotoxin, ochratoxin A et sterigmatocystine)

Référence	Pays	Date / période mesures	Nature déchets	Mesures quantitatives				Autres paramètres étudiés
				Particules	Endotoxines	Bactéries	Champignons	
Sigsgaard, Malmros, <i>et al.</i> (1994)	Danemark	NR	papier	A, tot, fm		A, impinger		Bactéries Gram - Test fonction pulmonaire, sérologie, prick test, réponse histaminique interrogatoire et diagnostic
Szulc <i>et al.</i> (2022)	Pologne	2020 Sept.	NR	A, dusttrack	A	A, ip		DustTrack PM, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>4</sub> , PM <sub>10</sub> (0,1 – 15 µm) Poussières sédimentées Diversité microbienne (séquençage ADN) cytotoxicité
C. Viegas, Faria, <i>et al.</i> (2015)	Portugal	2013 Nov.	NR			A, ip, impinger coriolis		Surface Identification moléculaire (qPCR) : <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus flavus</i> complex, <i>Stachybotrys</i> <i>Chartarum</i> Abondance relative
S. Viegas, Veiga, <i>et al.</i> (2015)	Portugal	NR	NR					AFB1 dans le sang Questionnaire
C. Viegas, Faria, <i>et al.</i> (2017)	Portugal	Nov 2015 à janv. 2016	NR	A, PM <sub>2.5</sub>			A, impinger Coriolis	Diversité microbienne (qPCR) Cytotoxicité et inflammation
C. Viegas, Dias, Almeida, Carolino, Gomes, <i>et al.</i> (2020)	Portugal	2019 Janv. Fev.						Détection caractérisation <i>Aspergillus</i> sur masques de protection respiratoire
C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Soszczyńska, <i>et al.</i> (2020)			Papier, verre, emballage				Extraction à partir de différentes parties de	Diversité microbienne (culture et détection moléculaire)

Référence	Pays	Date / période mesures	Nature déchets	Mesures quantitatives				Autres paramètres étudiés
				Particules	Endotoxines	Bactéries	Champignons	
C. Viegas, Dias, Almeida, Aranha Caetano, <i>et al.</i> (2020)						masque respiratoire (valve expiratoire, couche interne)		Au niveau de masques de protection respiratoire Cytotoxicité et inflammation
C. Viegas <i>et al.</i> (2021)								
C. Viegas, Dias, Almeida, Carolino, Gomes, <i>et al.</i> (2020)	Portugal					Extraction à partir d'échantillon de gant (couche interne et externe)		Détection/fréquence aspergillus sur gants de protection (comparaison de 2 milieux de cultures)
C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Kosicki, <i>et al.</i> (2020)								
C. Viegas, Caetano, <i>et al.</i> (2020)	Portugal	Juillet – Aout (année non précisée)				Extraction à partir d'échantillon de filtres		Diversité bactérienne et fongique sur filtre de chariot élévateurs + cytotoxicité.
C. Viegas <i>et al.</i> (2023)	Norvège	juin 2020 à nov 2021	Papiers-cartons, plastique	I, i, PAS6		A, impinger Coriolis		échantillons de biote cutané résistance azole tri manuel et tri automatique
Wouters <i>et al.</i> (2006)	Pays-Bas	1993 mai	emballages	I, i, PAS6				glucanes déterminants de l'exposition
Würtz et Breum (1997)	Danemark	NR juin	Papier, cartons	I, t,		I, fm		impact qualité du papier diversité fongique
Duquenne <i>et al.</i> (2024)	France	2014 Juillet et octobre	papiers, cartons, films et emballages plastiques., aluminium, acier, briques alimentaires, verre	A, I, i, cip, impacteur, Grimm			A, I, i, fm	Poussières sédimentées Diversité fongique (séquençage ADN)

#### 4.4.5.3 Niveaux d'exposition (mesures quantitatives)

Les résultats des mesures de concentration en agents biologiques dans l'air sont précisées ci-après par type d'agent. Ils ont été comparés aux valeurs de référence disponibles pour certains agents biologiques (cf.4.4.3.3 ; 4.4.3.4).

*NB : pour les illustrations graphiques, les concentrations minimales et maximales ainsi que les moyennes géométriques sont rapportées. Lorsque cette dernière donnée n'était pas disponible dans la publication, ce sont les médianes ou les moyennes arithmétiques qui sont représentées. Les concentrations en endotoxines rapportées en  $\text{ng.m}^{-3}$  dans les études ont été converties en  $\text{UE.m}^{-3}$  en considérant que  $1 \text{ ng.m}^{-3} = 10 \text{ UE.m}^{-3}$ . Ce facteur de conversion est couramment accepté bien qu'il varie en fonction de l'espèce bactérienne qui produit les endotoxines (Anses 2024).*

##### 4.4.5.3.1 *Particules*

Les mesures d'aérosols dans les 23 études retenues sont réalisées dans l'objectif de déterminer la flore bactérienne et/ou fongiques. Les techniques et durées de prélèvements sont variables selon les études, de même que les fractions granulométriques prélevées. Les fractions totale et inhalable sont les fractions généralement prélevées. Parmi ces 23 études, seules deux études sont françaises (Schlosser *et al.* 2015 ; Schlosser, Robert et Noyon 2020).

Les concentrations moyennes ou médianes sont généralement inférieures à  $4 \text{ mg.m}^{-3}$ . Les valeurs minimales ont été mesurées dans la section de tri de plastique d'une usine en Iran (Karamkhani *et al.* 2020). Les valeurs maximales peuvent être très élevées : concentration de  $17,49 \text{ mg.m}^{-3}$  mesurée lors d'opérations de nettoyage en été qui ont généré des niveaux inhabituellement élevés de particule en suspension dans l'air (Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023).

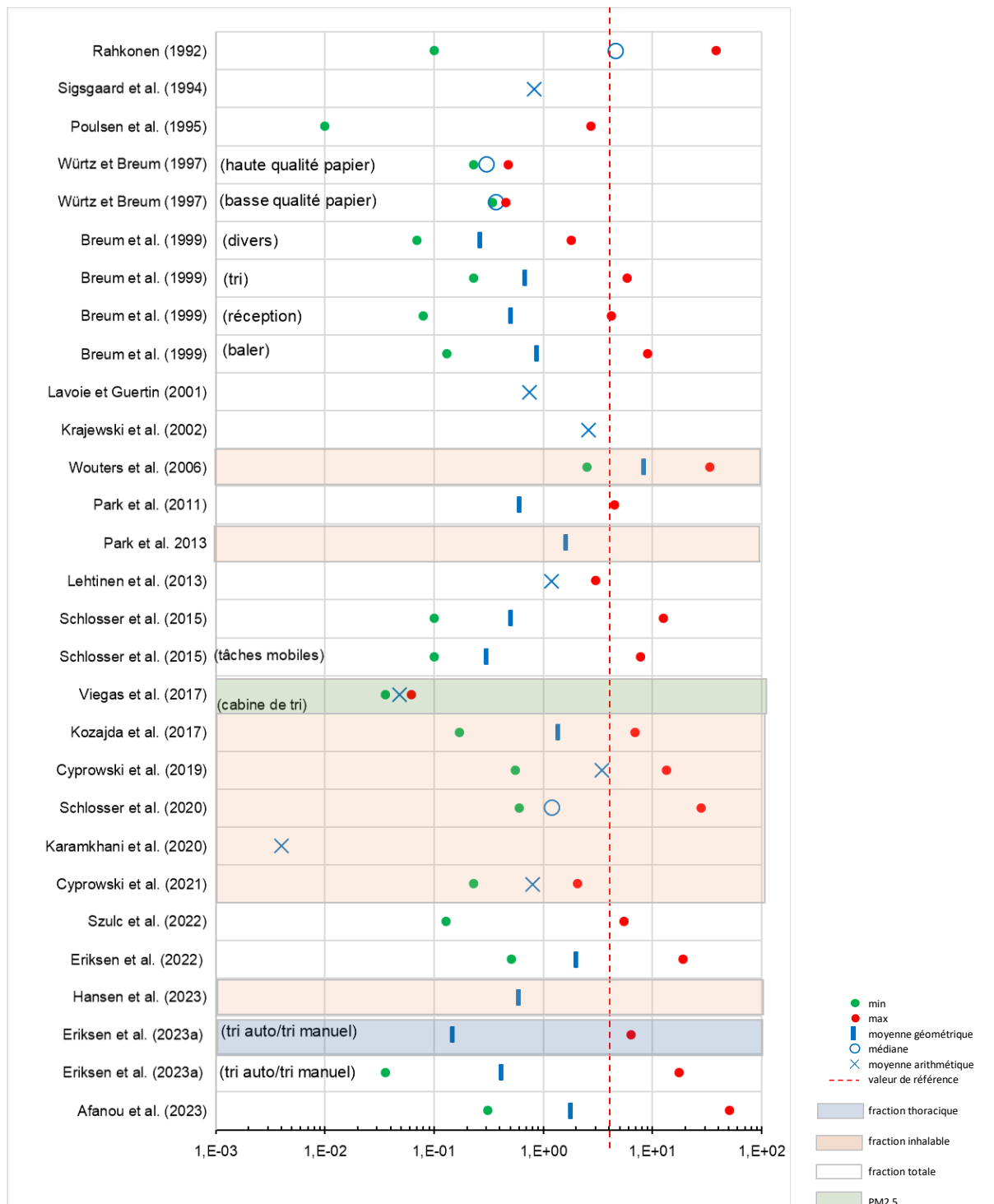


Figure 35 : Concentration en particules en suspension dans l'air

Certaines études se sont intéressées à la distribution granulométrique de l'aérosol (Rahkonen, Malmén et Ettala 1992 ; Gladding et Coggins 1997 ; D. Park *et al.* 2013 ; Brągoszewska 2019 ; Szulc *et al.* 2022 ; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Duquenne *et al.* 2024).

Ces études soulignent que cette distribution est caractérisée par une part de la fraction alvéolaire<sup>43</sup> allant de 18% à 90% selon les études (Cf. Tableau 17). Les différences observées peuvent s'expliquer par la nature des déchets, le type d'activité et la technique de mesure.

Les particules fongiques sont plus grossières que les particules bactériennes (Rahkonen 1992 ; Brągoszewska 2019). D'après Brągoszewska (2019), cela signifie que les champignons étaient présents dans l'air analysé sous forme d'agrégats fongiques et d'agrégats de particule fongique. La distribution des tailles pourrait également être influencée par l'attachement des particules fongiques à d'autres particules.

**Tableau 17 : Synthèse des données relatives aux distributions granulométriques des particules mesurées dans l'air des centres de tri**

Référence	Nature des particules	Données relatives à la distribution granulométrique	
Rahkonen (1992)	Bactéries	Environ 50% des particules se situent dans la gamme de taille alvéolaire	Impacteur Andersen 6 étages ( $D_{50} = 7 - 4.7 - 3,3 - 2,1 - 1,1 - 0,65 \mu\text{m}$ )
	Moisissures	Environ 80% des particules se situent dans la gamme de taille alvéolaire.	
Gladding et Coggins (1997)	Non précisé	La plupart des particules (jusqu'à 90%) étaient recueillies sur les niveaux 3 ( $D_{50} = 3.3 \mu\text{m}$ ) et 4 ( $D_{50} = 2.1 \mu\text{m}$ ) de l'impacteur	
D. Park et al. (2013)	Non précisé	PM <sub>10</sub> /Inhalable = 33.3%, Alvéolaire/inhalable = 18.6 % Alvéolaire / PM <sub>10</sub> ~ 50%	Spectromètre Grimm 1108 (gamme taille mesurée : 0,2 à 30 $\mu\text{m}$ , 15 canaux)
Brągoszewska (2019)	Bactéries	Distribution granulométrique unimodale Jusqu'à 90% des particules sont de taille inférieure à 3,3 $\mu\text{m}$ .	Impacteur Andersen 6 étages ( $D_{50} = 7 - 4.7 - 3,3 - 2,1 - 1,1 - 0,65 \mu\text{m}$ )
Brągoszewska (2020, 2019)	Moisissures	Distribution unimodale 50 à 60% des particules sont de taille comprise entre 3.3 et 7 $\mu\text{m}$ . (70 à 80% de taille comprise entre 2.1 et 7 $\mu\text{m}$ )	
Szulc et al. (2022)	Non précisé	PM <sub>1</sub> /PM <sub>total</sub> : environ 30% pour les différents postes investigués - excepté dans la cabine de pré-tri de la 1 <sup>ère</sup> ligne de tri : 71% PM <sub>4</sub> /PM <sub>total</sub> : environ 37% - excepté dans la cabine de pré-tri de la 1 <sup>ère</sup> ligne de tri : 79%. - PM <sub>1</sub> /PM <sub>4</sub> = 79 à 89%	Photomètre laser DustTrack (gamme de taille mesurée : 0,1 à 15 $\mu\text{m}$ )

<sup>43</sup> La fraction alvéolaire correspond à la fraction massique des particules inhalées qui pénètre dans les voies aériennes non ciliées. Cette fraction est une sous-fraction de la fraction thoracique et par conséquent de la fraction inhalable. Conventionnellement lorsque la fraction alvéolaire est exprimée en pourcentage des particules totales en suspensions, le diamètre aérodynamique correspondant à une probabilité de pénétration de 50% jusqu'aux voies respiratoires non ciliées est de 4  $\mu\text{m}$ . La courbe d'efficacité pour échantillonner cette fraction alvéolaire est donnée par une loi de distribution log-normale cumulée avec une médiane de 4,25  $\mu\text{m}$  et un écart-type géométrique de 1,5.

Référence	Nature des particules	Données relatives à la distribution granulométrique	
		PM <sub>4</sub> /PM <sub>10</sub> : environ 50% (89% cabine de pré-tri de la 1 <sup>ère</sup> ligne de tri) PM <sub>10</sub> /PM <sub>total</sub> = 69 à 89% de l'aérosol.	
Eriksen, Afanou, Madsen, <i>et al.</i> (2023)	Non précisé	Thoracique / total = 43% (34 % tri automatique ; 66% tri manuel)	Fraction totale : Cassette 37 mm Fraction thoracique : cyclone GK2.69
Duquenne <i>et al.</i> (2024)	Moisissures	Monomodale Diamètres aérodynamiques compris entre 2 et 10 µm (Cabine 1 (cartons) : MMAD = proche de 3,0 µm, Cabine 2 (emballage creux variés : boîtes en carton, canettes et boîtes de conserve, bouteilles et flacons en plastique, briques alimentaires) : MMAD compris entre 3 et 6 µm).	Impacteur en cascade Marple (D <sub>50</sub> = 0.52–0.93–1.55–3.5–6.0–9.8–14.8–21.3 µm)
MMAD : diamètre aérodynamique médian en masse			

**Les concentrations moyennes ou médianes en particules sont généralement inférieures à 4 mg.m<sup>-3</sup> bien que les valeurs maximales puissent être très élevées.**

**Très peu d'études se sont intéressées à la distribution granulométrique des particules fongiques et/ou bactériennes. Les aérosols particuliers présents dans l'air des centres de tri peuvent contenir une partie importante de particules de taille alvéolaire. Les particules fongiques semblent être de taille plus importante que les particules bactériennes.**

#### 4.4.5.3.2 Bactéries et champignons

Parmi les études retenues, 22 (dont 1 en France) se sont intéressées à la concentration en bactéries dans l'air des centres de tri (Figure 36) et 24 (dont 1 en France) à la concentration en moisissures (Figure 37).

La comparabilité des résultats d'une étude à l'autre n'est pas évidente du fait des conditions de mesures différentes tant par l'activité et la nature des déchets triés, par les conditions environnementales et les méthodes de mesures mises en œuvre.

Concernant les bactéries, les concentrations médianes/moyennes sont généralement comprises entre 10<sup>3</sup> et 10<sup>4</sup> UFC.m<sup>-3</sup>, les concentrations maximales en bactéries cultivables pouvant dépasser 10<sup>6</sup> UFC.m<sup>-3</sup> d'après certaines études.

Concernant les moisissures, les concentrations médianes/moyennes sont généralement plus élevées que les bactéries, et sont comprises entre 10<sup>3</sup> et 10<sup>5</sup> UFC.m<sup>-3</sup>, les concentrations maximales en moisissures pouvant dépasser 10<sup>7</sup> UFC.m<sup>-3</sup> d'après certaines études.

A titre de comparaison les mesures réalisées en extérieurs sont statistiquement inférieures à celles mesurées dans l'air des centres de tri Lavoie et Guertin (2001), en moyenne de l'ordre

de  $10^2$  à  $10^3$  UFC.m<sup>-3</sup> (Rahkonen 1992 ; Sigsgaard, Malmros, *et al.* 1994 ; Würtz et Breum 1997 ; Gladding et Coggins 1997 ; Krajewski *et al.* 2002 ; A. Kozajda, Jezak, *et al.* 2015 ; Schlosser *et al.* 2015 ; C. Viegas, Faria, *et al.* 2015 ; De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015 ; Santos *et al.* 2018 ; Brągoszewska 2019 ; Eriksen 2023).

Les résultats des mesures peuvent être influencés par différents facteurs tels que les conditions de température et d'humidité, la nature des déchets, l'ancienneté des déchets triés, etc. Une synthèse de l'influence de ces différents paramètres est présentée au § 4.4.4.3.8.

***Bien que la comparabilité des résultats soit délicate du fait de conditions de mesures différentes d'une étude à l'autre, ces résultats soulignent l'existence de situations exposantes des travailleurs en centre de tri aux bactéries et moisissures à des concentrations plus élevées que les niveaux de référence (cf. 4.4.3.3).***

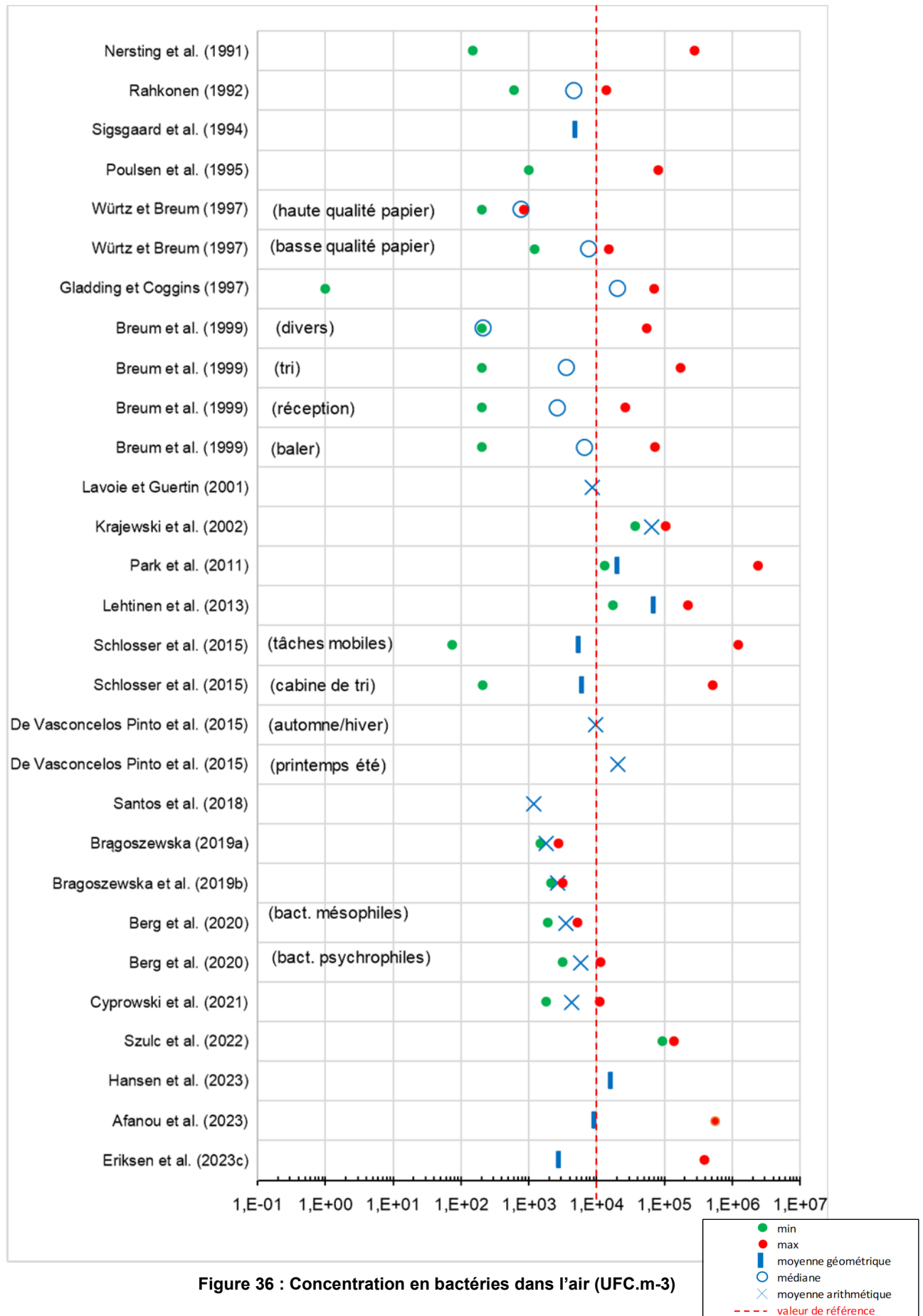
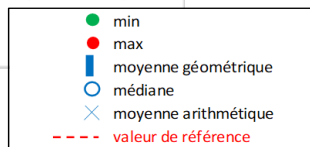
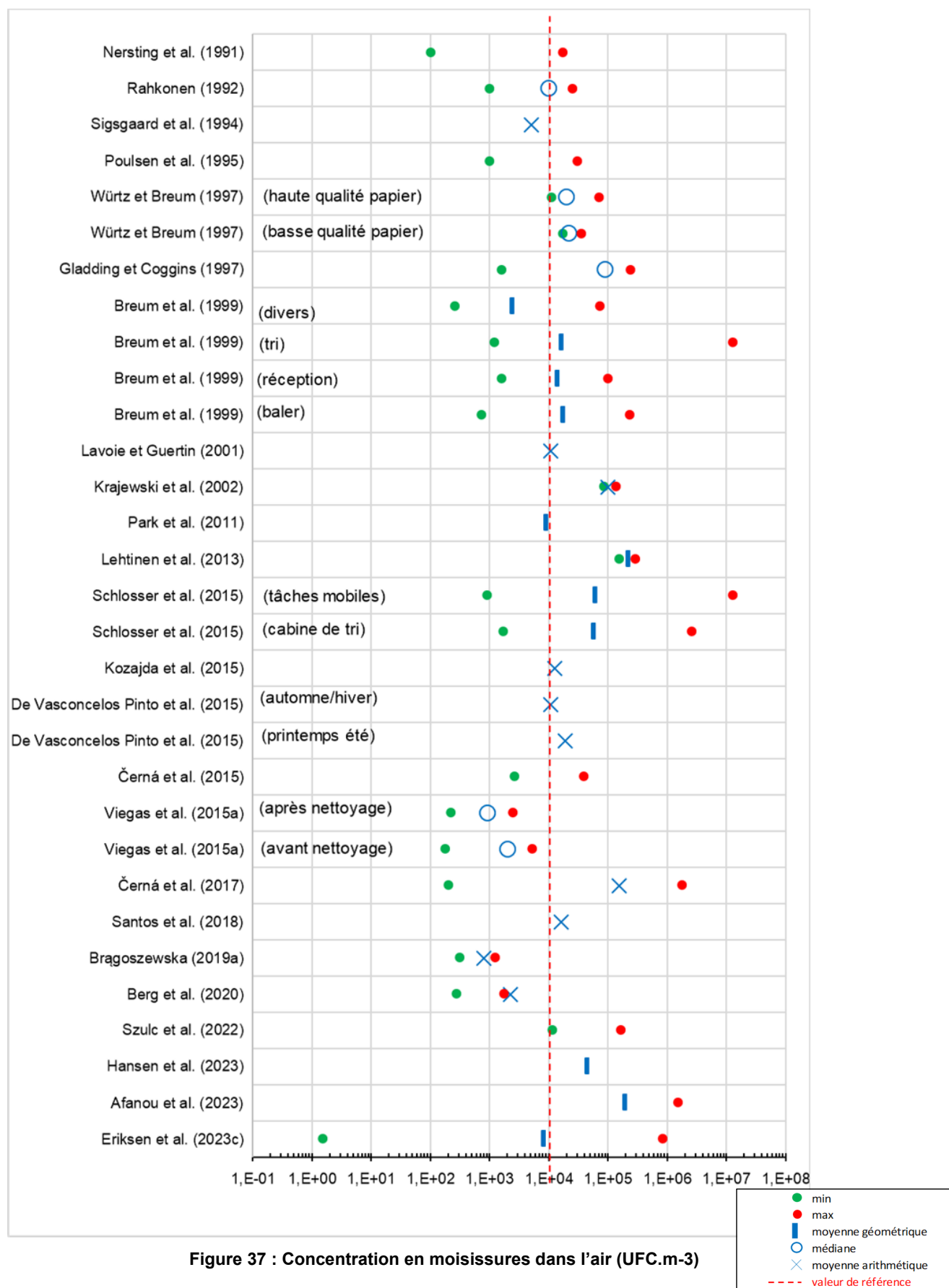


Figure 36 : Concentration en bactéries dans l'air (UFC.m-3)





#### 4.4.5.3.3 Endotoxines

Dix-sept études (dont une en France) rapportent des concentrations en endotoxines dans l'air des centres de tri.

Comme pour les bactéries et moisissures, la comparabilité des études entre elles est difficile. Néanmoins, la plupart des concentrations médianes/moyennes rapportées sont supérieures à la VLEP-8h recommandée par l'Anses de 20 UE.m<sup>-3</sup>, ces concentrations médianes/moyennes pouvant atteindre 10<sup>3</sup> UE.m<sup>-3</sup>. Des concentrations maximales mesurées sont proches de 10<sup>4</sup> UE.m<sup>-3</sup>.

***Bien que la comparabilité des résultats soit délicate du fait de conditions de mesures différentes d'une étude à l'autre, ces résultats soulignent l'existence de situations exposantes des travailleurs en centre de tri aux endotoxines à des concentrations plus élevées que le niveau de référence (cf. 4.4.3.4).***

Les endotoxines étant également des marqueurs d'une exposition passée à des bactéries<sup>44</sup>, ces résultats confirment également que ces travailleurs ont été exposés à des niveaux de bactéries importants.

---

<sup>44</sup> Les endotoxines sont des molécules complexes libérées sous forme de particules dans l'air lors de la division cellulaire et de la mort de bactéries, et dans une moindre mesure lors de leur multiplication. Ce sont des composants de la membrane externe de bactéries à gram négatif (par exemple, Enterobacteriaceae ou Pseudomonadaceae) et de cyanobactéries (Anses 2024).

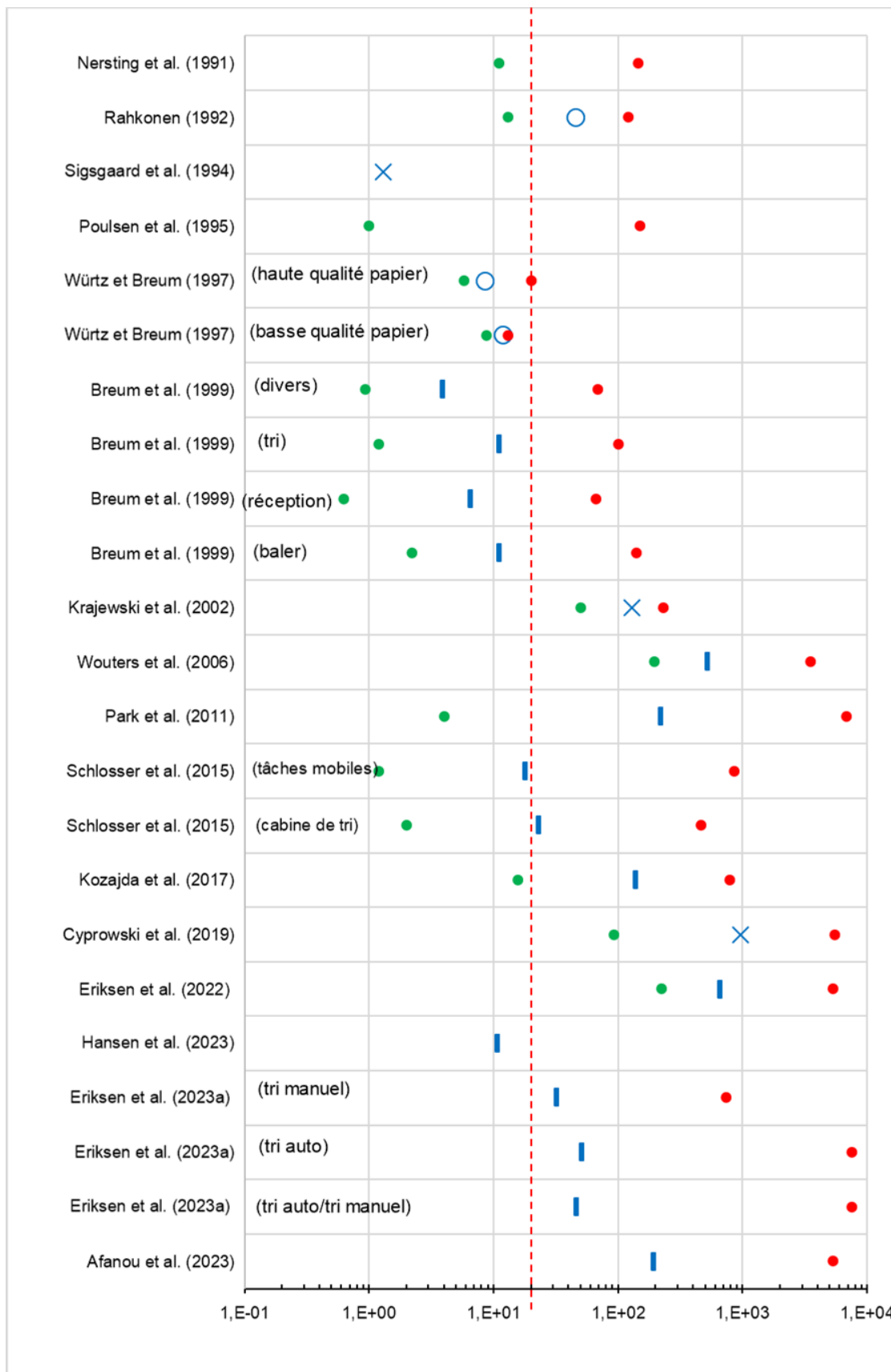
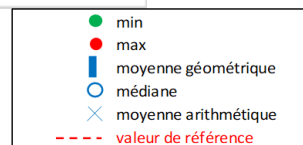


Figure 38 : Concentration en endotoxines dans l'air (UE.m-3)



#### 4.4.5.3.4 Beta glucanes

Deux études menées en Pologne rapportent des mesures de beta glucanes. L'interprétation des résultats de l'analyse des concentrations en tant qu'indicateur de l'exposition professionnelle aux moisissures est difficile en raison de l'absence de niveaux de référence d'exposition.

A. Kozajda *et al.* (2017) ont mesuré la concentration en 1–3)-b-D-glucanes dans deux centres de tri de déchets solides. Les concentrations varient de 5,7 à 212,9 ng.m<sup>-3</sup> (moyenne géométrique = 51,77 ng.m<sup>-3</sup>, écart type géométrique = 2,24). D'après les auteurs cette gamme de mesure relativement étendue de concentrations de (1-3)-b-D-glucanes est typique pour cet agent et doit être considérée comme peu élevée par rapport à d'autres études menées sur différents sites.

Cyprowski *et al.* (2019) ont mesuré les peptidoglycanes dans un centre de tri de déchets municipaux dans l'objectif d'étudier les modifications de concentration en cytokines dans les échantillons de lavage nasal. La moyenne arithmétique des concentrations est de 571,86 ng.m<sup>-3</sup> (écart-type = 1427), et la gamme de concentration varie de 52 à 4621 ng.m<sup>-3</sup>. D'après les auteurs, malgré les concentrations élevées sur les lieux de travail, l'étude n'a pas permis d'établir un lien solide entre la présence dans l'environnement de peptidoglycanes et les changements de concentration des cytokines dans les échantillons de lavage nasal.

#### 4.4.5.3.5 Mycotoxines

Quatre études (dont une française) se sont intéressées à l'exposition des travailleurs des centres de tri à certaines mycotoxines en réalisant des mesures dans l'air (Karamkhani *et al.* 2020 ; Schlosser, Robert et Noyon 2020) ou dans le sang (Karamkhani *et al.* 2020 ; S. Viegas, Veiga, *et al.* 2015), et dans les poussières déposées dans les centres de tri des déchets.

L'aflatoxine B1 (AFB1) a été recherchée dans ces quatre études. (Schlosser, Robert et Noyon 2020) se sont également intéressés à la gliotoxine, ochratoxine A, sterigmatocystine. Ces mycotoxines sont produites principalement par des champignons des genres *Aspergillus*, *Penicillium*, et *Fusarium*, couramment retrouvés dans les installations de traitement des déchets (Schlosser, Robert et Noyon 2020). Ces composés sont reconnus pour leurs propriétés carcinogènes hépatotoxiques, immunosuppressives et génotoxiques.

Ces études mettent en évidence la présence d'AFB1 dans l'air et les poussières sédimentées de certains centres de tri des emballages ménagers, ainsi que de sterigmatocystine (Cf. Tableau 18).

**Tableau 18 : Mesures de mycotoxines dans l'air des centres de tri**

Référence	Synthèse
Schlosser, Robert et Noyon (2020)	Type de déchets : emballages ménagers y compris emballages en plastique, pots de yaourt ou de crème, barquettes en polyester et les films plastiques. Pays : France Matrice : air Mycotoxines recherchées : aflatoxine B1, gliotoxine, ochratoxine A and sterigmatocystine

Référence	Synthèse
	<p>Prélèvement : fraction inhalable.</p> <p>Analyse : UPLC/HRMS</p> <p>Résultats :</p> <p>Gliotoxines et ochratoxines A : non quantifié (N=22)</p> <p>Aflatoxines B1 : 0,10 ng.m<sup>-3</sup> (N=1/22)</p> <p>Sterigmatocystine : médiane = 0,12 ng.m<sup>-3</sup> (0,06 – 0,92 ng.m<sup>-3</sup>) (N=7/22)</p>
Karamkhani <i>et al.</i> (2020)	<p>Type de déchets : plastique</p> <p>Pays : Iran</p> <p>Matrice : air et poussières déposées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mycotoxines recherchées : AFB1</li> <li>- Prélèvement air : fraction inhalable</li> <li>- Prélèvement de particules : par aspiration à l'aide d'une cassette</li> <li>- Analyse : HPLC/Fluorescence</li> <li>- Mesures individuelles : moyenne = 0,101 à 0,150 ng.m<sup>-3</sup> selon les sites (contrôle : 0,001 ng.m<sup>-3</sup>)</li> <li>- Mesures à poste fixe : 0,05 à 0,075 ng.m<sup>-3</sup> selon les sites (contrôle : 0,001 ng/m<sup>3</sup>)</li> <li>- Dans les poussières déposées : 0,297 à 0,367 ng.100cm<sup>-2</sup> (contrôle : 0,012 ng.100 cm<sup>-2</sup>)</li> </ul> <p>Matrice : sang</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomarqueur recherché : AFB1-Albumine (Alb)</li> <li>- Prélèvement : avant le début de la journée de travail et en fin de poste.</li> <li>- Maintien d'un régime alimentaire équilibré et uniforme au cours de la semaine écoulée, sur la base d'un questionnaire.</li> <li>- 20 travailleurs, 20 contrôles (personnel administratif sur le même site que les travailleurs exposés aux déchets, mais sans contact direct avec les déchets).</li> <li>- Moyenne AFB1-Alb dans le sérum = 3,830±0,49 µg/mg Alb (contrôles : 0,176±0,09 µg/mg Alb).</li> </ul>
S. Viegas, Veiga, <i>et al.</i> (2015)	<p>Type de déchets : plastique</p> <p>Pays : Portugal</p> <p>Matrice : sérum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomarqueur recherché : AFB1</li> <li>- Prélèvement : avant le début de la journée de travail et en fin de poste.</li> <li>- Questionnaire : tâches effectuées 2 jours avant le prélèvement et activités réalisées en dehors du travail (activité agricoles ou élevage d'animaux).</li> <li>- 26 travailleurs centre de tri + 9 travailleurs compostage + 6 travailleurs incinération, 30 contrôles (personnel administratif sur le même site que les travailleurs exposés aux déchets, mais sans contact direct avec les déchets).</li> </ul> <p>Médiane AFB1 dans le sérum = 9,9±5,4 ng.mL<sup>-1</sup> (étendue : 2,5 à 25,9 ng.mL<sup>-1</sup>) (contrôles : non détecté). La concentration maximale a été mesurée en centre de tri. Quatre des 6 mesures supérieures à 20 ng.mL<sup>-1</sup> ont également été mesurées en centre de tri.</p>

#### 4.4.5.3.6 Corrélations entre les mesures

Quatre études ont analysé statistiquement les résultats des mesures de concentration en particules, bactéries et champignons.

Une corrélation positive plus ou moins importante entre les concentrations en endotoxines et en particules dans l'air a été trouvée dans ces 4 études : Eriksen (2023) (Coefficient de corrélation Pearson = 0,70,  $p < 10^{-8}$ ), Schlosser *et al.* (2015) (corrélation faible dans les cabines de tri (Test Spearman,  $r = 0,34$ ,  $P < 0,001$ ) et modérée lors des tâches mobiles ( $r = 0,53$ ,  $p < 0,0001$ )), Cyprowski *et al.* (2019)(test Spearman,  $r = 0,54$ ;  $p < 0,001$ ), A. Kozajda *et al.* (2017) (Test Spearman,  $r = 0,73$ ,  $p < 0,05$ ).

A. Kozajda *et al.* (2017) trouvent également une corrélation positive entre les particules inhalables et les (1–3)-b-D-glucanes ( $r = 0,80$ ,  $p < 0,05$ ) et entre les endotoxines et les (1–3)-b-D-glucanes ( $r = 0,79$ ,  $p < 0,05$ )

Eriksen (2023) et Schlosser *et al.* (2015) mettent en évidence une corrélation significative entre les endotoxines et les bactéries. Cette corrélation est modérée dans les cabines de tri ( $r = 0,47$ ,  $P < 0,0001$ ) et plus importantes lors des tâches mobiles ( $r = 0,70$ ,  $p < 0,0001$ ) (Schlosser *et al.* 2015).

Eriksen (2023). mettent également en avant des corrélations statistiquement positives élevées entre les particules totales et les particules thoraciques ( $r = 0,77$ ,  $p = 0,009$ ), les particules thoraciques et les spores fongiques ( $r = 0,68$ ,  $p < 10^{-8}$ ), les particules thoraciques et les endotoxines ( $r = 0,62$ ,  $p < 10^{-7}$ ), les endotoxines et les copies d'ADN bactérien ( $r = 0,65$ ,  $p < 10^{-13}$ ). D'autres corrélations, plus modérées, sont également rapportées : particules totales / les fragments fongiques de longueur supérieure à 1  $\mu\text{m}$  ( $r = 0,56$ ,  $p = 0,19$ ), endotoxines / spores fongiques ( $r = 0,55$ ,  $p < 10^{-4}$ ).

Szulc *et al.* (2022) ont également déterminé une corrélation positive entre le nombre de microorganismes dans l'air et dans les poussières sédimentées ( $R^2$  de 0,70 à 0,94).

#### 4.4.5.3.7 Analyse des déterminants de l'exposition

Parmi les études recensées, 8 équipes (Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Wouters *et al.* 2006 ; De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015 ; Schlosser *et al.* 2015 ; Černá *et al.* 2015 ; 2017 ; Santos *et al.* 2018 ; Degois *et al.* 2021 ; Hansen *et al.* 2023) ont spécifiquement analysé différents déterminants pouvant influencer l'exposition des travailleurs en centre de tri aux agents biologiques et aux poussières.

- type d'activité (Wouters *et al.* 2006 ; Hansen *et al.* 2023).

L'étude de Wouters *et al.* (2006) portait sur les travailleurs de la collecte, du tri et du compostage. L'étude des déterminants n'a pas porté sur le tri mais sur la collecte et le compostage. Néanmoins, les concentrations mesurées en poussières inhalable et endotoxines sont plus élevées et les étendues plus larges pour les travailleurs effectuant un pré-tri manuel de déchets résiduels par rapport aux deux autres activités investiguées (Conducteur de chariot élévateur/opérateur, Superviseur/opérateur). Les moyennes géométriques (MG) et écart-type (GSD) associés sont renseignés ci-dessous :

- Pré-tri : particules : MG = 8,3  $\text{mg.m}^{-3}$  (GSD = 3,7) – étendue = 2,5 – 33,4  $\text{mg.m}^{-3}$ , endotoxines : MG = 520  $\text{UE.m}^{-3}$  (GSD = 3,7) – étendue = 195 - 3536  $\text{UE.m}^{-3}$
- Conducteur de chariot élévateur/opérateur : particules : MG = 6,1  $\text{mg.m}^{-3}$  (GSD = 1,6) – étendue = 4,2 – 10,3  $\text{mg.m}^{-3}$ , endotoxines : MG = 320  $\text{UE.m}^{-3}$  (GSD = 1,3) – étendue = 287 – 354  $\text{UE.m}^{-3}$
- Superviseur/opérateur : particules : MG = 7,3  $\text{mg.m}^{-3}$  (GSD = 1,3) – étendue = 5,4 - 9,3  $\text{mg.m}^{-3}$ , endotoxines : MG = 290  $\text{UE.m}^{-3}$  (GSD = 2,2) – étendue = 159 – 684  $\text{UE.m}^{-3}$

Hansen *et al.* (2023) ne montrent quant à eux pas de différence de niveaux d'expositions liée à la tâche exécutée : tri, « *machine operation* », « *driving* » et maintenance/nettoyage.

D'autres études montrent des différences entre les mesures réalisées au niveau de différents postes de travail ou différentes zones dans les centres de tri (Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Würtz et Breum 1997 ; Breum *et al.* 1999 ; Schlosser *et al.* 2015 ). Néanmoins aucune analyse statistique n'a été réalisée pour évaluer si les différences observées étaient statistiquement différentes.

- nature des déchets manipulés (Wouters *et al.* 2006 ; Schlosser *et al.* 2015 ; Santos *et al.* 2018 ; Hansen *et al.* 2023).

Wouters *et al.* (2006) souligne que les niveaux de particules et d'endotoxines étaient beaucoup plus élevés dans les sites où les déchets étaient triés et reconditionnés avant d'être transférés, mais qu'il n'y avait pas d'association entre le type de déchets déchargés et les niveaux d'exposition (données non présentées). Aucun déterminant clair de la variabilité journalière de l'exposition n'a été identifié.

La présence de déchets de nature « papiers et cartons » est associée à des niveaux d'exposition plus importants aux particules inhalables, aux bactéries et aux moisissures que pour d'autres types de matériaux manipulés (métal, plastique, métal/plastique/verre) (Hansen *et al.* 2023). La manipulation de métal/plastique/verre a ainsi entraîné une réduction de 90 % de l'exposition moyenne aux particules inhalables ( $\exp(\beta) = 0,1$ , IC 95 % : 0,048;0,2), une réduction de 90 % de l'exposition moyenne aux endotoxines ( $\exp(\beta) = 0,1$ , IC 95 % : 0,1;0,3), une réduction de 80% de l'exposition moyenne aux bactéries ( $\exp(\beta) = 0,2$ , IC 95 % : 0,1;0,4), une réduction de 70% de l'exposition moyenne aux champignons cultivables à 37°C ( $\exp(\beta) = 0,3$ , IC 95 % : 0,1;0,7), mais une augmentation de 15,6 fois des niveaux d'exposition aux champignons cultivables à 25°C ( $\exp(\beta) = 15,6$ , IC 95 % : 5,9 ;41,2)

La présence de ce type de déchets et de journaux/magazines augmente également le niveau d'exposition aux endotoxines (Hansen *et al.* 2023), en cabines de tri et lors d'activités mobiles (Schlosser *et al.* 2015).

Une augmentation du flux d'emballages ménagers en plastiques (pots/barquettes et films) a conduit à une augmentation du niveau de particules et bactéries, ainsi que d'endotoxines et de moisissures quand les déchets avaient été collectés plus d'une semaine auparavant dans l'étude de Schlosser *et al.* (2015).

La concentration en bactéries totales est plus élevée lors du tri du verre comparativement au papier et plastique (Santos *et al.* 2018). En matière de concentration en moisissures, il n'y a pas de différences significatives. Les niveaux les plus élevés mesurés le sont pour le plastique.

- conditions de température et d'humidité et saisonnalité

Hansen *et al.* (2023) n'ont pas mis en évidence d'influence de la température sur les niveaux d'exposition aux particules inhalables, aux endotoxines, aux bactéries ou aux champignons. Les auteurs soulignent toutefois que les niveaux d'exposition aux bactéries et aux champignons (cultivables à 37 °C) semblent être associés à une température plus élevée.

Les mesures de bactéries et de moisissures sont plus élevées en été qu'en hiver (Lavoie et Guertin 2001 ; Eriksen 2023 ; Černá *et al.* 2015 ; 2017 ; De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015) (cf. Figure 36 et Figure 37).

Degois *et al.* (2021) se sont intéressés quant à eux à la variabilité de la biodiversité bactérienne et fongique en lien avec les saisons et les conditions de température et d'humidité. Concernant la composition bactérienne, les différences les plus importantes entre la zone de référence et les zones de tri sont observées en hiver et au printemps. Plus la température est importante, plus la composition bactérienne se rapproche de celle de la zone de référence. La composition fongique observée dans les centres de tri et dans la zone de référence présente des similitudes plus étroites au printemps et à l'automne, et plus l'humidité relative est élevée plus la composition fongique diffère. Une analyse bayésienne (*clustering*) a été utilisée pour regrouper les échantillons de bioaérosols en fonction des similitudes de leur composition microbienne au niveau du genre. Cette analyse montre que la composition des aérosols microbiens est liée aux saisons de l'année. Pour les bactéries, aucune relation avec les paramètres identifiés n'a été trouvée pour relier les échantillons. Aucun autre paramètre (nombre de travailleurs, lieux d'échantillonnage, quantité de déchets) n'a pu expliquer la manière dont les échantillons ont été regroupés par l'analyse du réseau bayésien pour les communautés bactériennes et fongiques.

#### – ancienneté des déchets

Seuls Schlosser *et al.* (2015) se sont intéressés à l'impact de l'âge des déchets (c'est-à-dire la durée entre la collecte et le tri des déchets) sur les niveaux d'exposition en particules, endotoxines, bactéries et moisissures. Ils ont considéré d'une part les déchets âgés de moins d'une semaine et d'autre part les déchets âgés d'une semaine ou plus. L'âge des déchets n'est un facteur déterminant que pour les particules, avec une augmentation de l'exposition de l'ordre de 80-90 % lorsque les déchets ont été collectés plus d'une semaine auparavant. Ce facteur a augmenté sous l'effet de l'extension des consignes de tri concernant les emballages ménagers en plastique. Il est à noter que les conditions de température lors des mesures et lors de la période de stockage des déchets n'est pas mentionnée dans l'étude.

Les auteurs observent également une augmentation d'un facteur compris entre 4 et 6 des niveaux d'exposition aux particules inhalables dans les salles de tri, et aux particules inhalables et aux bactéries pour les travailleurs effectuant des activités mobiles, lorsque les déchets ont été traités selon l'approche « dernier entré, premier sorti » (*Last In First Out - LIFO*) en comparaison de l'approche « premier entré - premier sorti » (*First In - First Out, FIFO*). Le traitement des déchets selon l'approche LIFO a également entraîné une augmentation de l'exposition aux endotoxines et aux bactéries, avec des facteurs inférieurs. En revanche, l'ordre de traitement des déchets entrants n'a pas modifié l'exposition aux moisissures. D'après les auteurs, ce résultat suggère que le stockage prolongé des pots et des barquettes favorise la croissance microbienne dans la matière organique résiduelle si les conditions sont suffisamment humides.

#### – Ventilation

Dans l'étude de Schlosser *et al.* (2015), les installations de ventilation mécanique en bon état de fonctionnement réduisent significativement les niveaux d'exposition aux particules et endotoxines, mais ne semblent pas avoir d'effet significatif sur le niveau de bactéries dans l'air. Ceci peut s'expliquer par la méthode de mesures : les bactéries étant déterminées par culture, la différence entre les concentrations doit être très importante pour être mise en évidence.

Hansen *et al.* (2023) ne met pas en évidence de différences statistiquement significatives entre les niveaux de particules inhalables, d'endotoxines, de bactéries et de moisissures cultivables à 25°C mesurés dans des cabines ou véhicules munis de système de ventilation et les niveaux mesurés dans des cabines ou véhicules sans systèmes de ventilation. L'absence de ventilation est en revanche associée à une augmentation d'environ 3,5 fois des niveaux d'exposition aux moisissures cultivables à 37°C. La publication ne précise pas le type de ventilation mis en œuvre et n'apporte aucune autre information.

**Les rares études identifiées ne permettent pas d'identifier de postes de travail plus exposants que d'autre, du fait de leur diversité (postes étudiés, natures des déchets manipulés, mesures réalisées). Elles ne permettent pas non plus de mettre en avant des déterminants de l'exposition particuliers, hormis l'effet de la température sur les concentrations en bactéries et moisissures.**

**Il peut être noté qu'une étude en France montre que plus les déchets sont stockés longtemps avant d'être triés, plus les concentrations en particules, bactéries et endotoxines sont élevées (Schlosser *et al.* 2015).**

#### 4.4.5.4 Biodiversité bactérienne et fongique dans l'air

##### Classification des agents pathogènes

Les agents biologiques sont classés réglementairement en 4 groupes en fonction de la gravité croissante du risque d'infection qu'ils représentent pour l'Homme (article R 4421-3 du Code du travail). Les risques immunoallergiques, toxiques et cancérogènes ne sont pas pris en compte dans cette classification.

Groupe	Pathogénicité chez l'homme	Danger pour les travailleurs	Risque de propagation dans la collectivité	Existence d'une prophylaxie et/ou un traitement efficace
1	Non	-	-	-
2	Oui	Oui	Peu probable	Oui
3	Oui – maladie grave	Oui Danger sérieux	Possible	Oui
4	Oui – maladie grave	Oui Danger sérieux	Elevé	non

Certains agents biologiques et toxines ont par ailleurs été classés comme « cancérogènes pour l'homme » (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). C'est notamment le cas du virus d'Epstein-Barr, les virus de l'hépatite B, de l'hépatite C et de l'hépatite E, certains papillomavirus humains, et l'Aflatoxine B1.

### Identification des espèces potentiellement pathogènes dans l'air

De nombreux micro-organismes ont été identifiés dans l'air des centres de tri. L'évolution des méthodes d'analyse, notamment grâce au séquençage Haut débit, a permis d'améliorer la connaissance de la composition taxonomique des communautés microbiennes dans les bioaérosols (Duquenne *et al.* 2024) Ainsi plusieurs centaines d'espèces bactériennes et fongiques ont été identifiés dans l'air (Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Szulc *et al.* 2022).

Aucun virus n'a été recherché dans les études analysées.

Concernant les espèces fongiques identifiées dans l'air des centres de tri ; les phyla Ascomycota, Basidiomycota (Afanou *et al.* 2023 ; Degois *et al.* 2021, Duquenne, 2024 #4801 ; Szulc *et al.* 2022) et Mucoromycota (Afanou *et al.* 2023 ; Degois *et al.* 2021) sont prédominants. Il est relevé la présence quasi systématique des genres :

- *Penicillium* : Détecté à haute fréquence dans toutes les études (jusqu'à 95% des moisissures identifiées dans certaines usines) (De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015 ; Černá *et al.* 2017 ; Duquenne *et al.* 2024 ; Szulc *et al.* 2022 ; Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2020).
- *Aspergillus* : Espèce fréquemment isolée, (Černá *et al.* 2017 ; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Malta-Vacas *et al.* 2012 ; Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2020 ; Duquenne *et al.* 2024 ; De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015 ; Szulc *et al.* 2022). *A. fumigatus* (Malta-Vacas *et al.* 2012), *A. flavus* (Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2020) et *A. niger* (Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Černá *et al.* 2017).
- *Cladosporium* : Identifié dans plusieurs études et couramment retrouvé (Degois *et al.* 2021 ; Santos *et al.* 2018 ; Černá *et al.* 2017 ; Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2020 ; Szulc *et al.* 2022).
- *Wallemia* : Présent en quantité significative (Afanou *et al.* 2023 ; Degois *et al.* 2021 ; Szulc *et al.* 2022).
- *Mucor* et *Rhizopus* : Également identifiés en proportions variables (Černá *et al.* 2017 ; Afanou *et al.* 2023 ; Szulc *et al.* 2022).
- *Alternaria*, *Candida*, *Debaryomyces* et *Cryptococcus* : Détectés dans plusieurs études (Afanou *et al.* 2023 ; Degois *et al.* 2021 ; Szulc *et al.* 2022 ; Duquenne *et al.* 2024).

Les bactéries Gram-positives dominent largement les échantillons, bien que des bactéries Gram-négatives soient également présentes (Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2019 ; Cyprowski *et al.* 2021 ; Rahkonen 1992). Les phyla bactériens les plus abondants sont les Firmicutes (ex. *Bacillus*, *Staphylococcus*) (Degois *et al.* 2017 ; Degois *et al.* 2021; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ), Proteobacteria (ex. *Pseudomonas*, *Enterobacter*) {Degois, 2017 #907 ; De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015, Bacteroidetes (ex. *Prevotella*) {Cyprowski, 2021 #908), Actinobacteria (ex. *Corynebacterium*, *Actinomyces*) (Cyprowski *et al.* 2021 ; Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2019).

Les principaux genres bactériens identifiés sont les suivants :

- *Bacillus* : Très abondant (jusqu'à 76,1% des isolats dans certaines études), avec des espèces comme *B. humi*, *B. mojavensis*, *B. subtilis* et *B. pumilus* (Brągoszewska, Biedroń et Hryb 2019 ; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Rahkonen 1992).
- *Staphylococcus* : Majoritairement *S. saprophyticus*, *S. equorum* (De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015 ; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023).

- *Micrococcus* : Fréquemment retrouvé (Bragoszewska, Biedroń et Hryb 2019 ; Rahkonen 1992).
- *Pseudomonas, Enterobacter, Klebsiella, Proteus* : Présents en proportions notables et appartenant au groupe de risque 2 (De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015 ; Krajewski *et al.* 2002).
- *Clostridium, Actinomyces, Prevotella* : Détectés dans certaines études, souvent associés à des biofilms ou des contaminations d'origine humaine (Cyprowski *et al.* 2021).

La diversité fongique est plus importante à l'intérieur des centres de tri que celle observée en extérieur.

Les bactéries Gram- sont prépondérantes en automne/hiver (73% vs 17,7%) alors que les bactéries Gram+ sont prépondérantes en printemps/été (82% vs 27%) (De Vasconcelos Pinto *et al.* 2015). Les genres *Aspergillus, Penicillium, Cladosporium* et *Alternaria* restent omniprésents tout au long de l'année (Černá *et al.* 2017 ; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023).

La présence de contaminants fongiques serait largement influencée par la nature des déchets manipulés, notamment les déchets alimentaires (Afanou *et al.* 2023 ; Duquenne *et al.* 2024). Une contamination plus importante par des bactéries opportunistes est observée lorsque les déchets sont mélangés (ex. en Pologne), comparé aux centres où les déchets sont pré-triés (Cyprowski *et al.* 2021).

Certains auteurs se sont également intéressés à la biodiversité fongique des poussières déposées sur les surfaces des postes de travail (Szulc *et al.* 2022) ou sur les équipements de protection individuelle (C. Viegas, Dias, Almeida, Carolino, Gomes, *et al.* 2020 ; C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Soszczyńska, *et al.* 2020 ; C. Viegas, Dias, Almeida, Aranha Caetano, *et al.* 2020 ), les filtres de système d'air conditionné des chariotés élévateurs (C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Kosicki, *et al.* 2020).

Les espèces majoritaires retrouvées dans les poussières sont similaires à celles retrouvées dans l'air.

**Les différences observées entre les études peuvent être liées aux techniques analytiques utilisées, nature des déchets, conditions météo, etc.**

**Une plus grande diversité fongique est observée dans l'air des centres de tri comparativement à l'extérieur. Les espèces prédominantes sont des pathogènes opportunistes qui peuvent causer des infections en particulier si la résistance humaine est réduite.**

#### 4.4.6 Odeurs

Pour ce facteur d'exposition, la littérature se rapportant aux centres de tri est limitée puisqu'elle compte une étude de Berg *et al.* (2020) et un rapport de la littérature grise (INRS 2018a). Pour rappel, il n'existe aucune corrélation entre la toxicité d'une substance et son odeur. Il existe

des substances toxiques qui dégagent un parfum agréable, comme le cyanure d'hydrogène ou qui sont inodores comme le monoxyde de carbone.

Dans un document présenté en 2020, le Ministère de la santé québécois<sup>45</sup> rapporte qu'une mauvaise odeur persistante « peut entraîner une dégradation significative de la qualité de vie et générer un état d'aversion ou de détresse tel qu'il peut dégrader l'état de santé ». Il suggère que « les symptômes observés seraient plus dus à la nuisance occasionnée qu'à la concentration de bioaérosols dans l'air ». Ainsi « une odeur prononcée ou nauséabonde devient un « polluant » de l'environnement, qui peut causer un stress et déclencher des réactions physique, psychologique, sociale et/ou comportementale ». Il ajoute que « certaines odeurs peuvent même provoquer des réactions d'anxiété ou de la détresse psychologique ».

Dans les centres de tri, les odeurs jugées « désagréables », dont la plupart sont liées aux COV, émanent de la biodégradation de la matière organique (aliments) restée sur les emballages ou mélangée avec les emballages suite à un mauvais tri à la source. Au cours du processus de tri, plusieurs composés malodorants (ainsi que des agents biologiques Cf. § 4.4.5) peuvent être libérés dans l'air des halls et des cabines de tri.

Cette biodégradation (et donc l'émanation gazeuse malodorante) sera d'autant plus importante que :

- la température extérieure est élevée. Ce facteur dépend de la saison et va s'accroître avec le changement climatique ;
- la durée entre le tri des emballages à la source et leur arrivée au centre de tri est grande. Ce facteur dépend de la durée de stockage des emballages, elle-même conditionnée par la fréquence de collecte et la rapidité de prise en charge au sein d'un centre de tri ;
- la qualité du tri à la source est mauvaise. Ce facteur dépend de plusieurs éléments : du niveau de sensibilisation et d'acceptation de la population aux tris des déchets ménagers, les consignes de tri au niveau du territoire.

Les substances gazeuses identifiées dans la publication de Berg *et al.* (2020) sont les suivantes : méthane, hydrocarbures aromatiques (toluène, styrène, xylène, éthylbenzène), composés soufrés (sulfure d'hydrogène, thiols), terpènes ( $\alpha$ -, le  $\beta$ -pinène, d-limonène, camphène, 3-carène), alcools (éthanol, 1-méthoxy-2-propanol et butanol), aldéhydes, cétones (acétone), acides gras volatils (acides formique et butyrique), composés azotés (ammoniac et amines) et esters (acétate de méthyle). Les méthodes de désodorisation disponibles et les plus courantes basées sur différents phénomènes physiques et chimiques sont présentées dans la Figure 39.

---

<sup>45</sup> Ministère de la santé et des services sociaux – Direction générale de la santé publique - Québec – 2020 BAPE projet d'agrandissement du LET de Lachenaie - Présentation du 29 septembre 2020 - Louise Lajoie, M.D.,M.Sc. - Médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000167901>

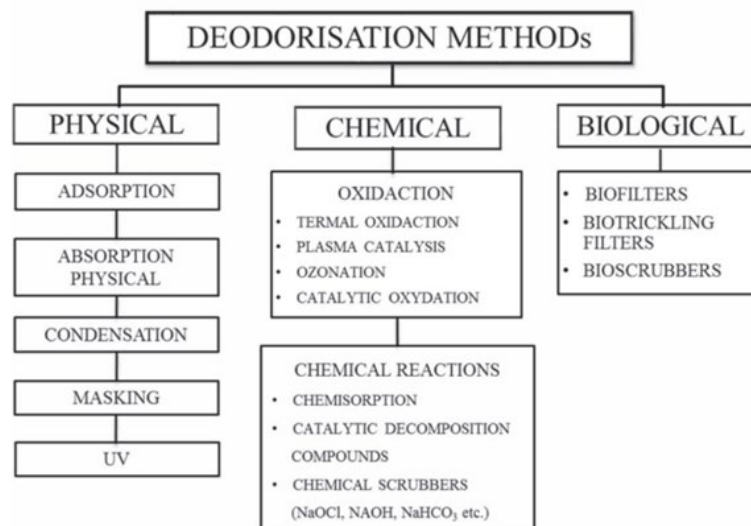


Figure 39 : Méthodes de désodorisation (Berg *et al.* 2020)

Berg *et al.* (2020) ont montré qu'avec des filtres à charbon installés dans l'usine de valorisation des déchets, localisée dans la région de Poméranie en Pologne, il était possible, durant la période estivale, de baisser la concentration de COV dans la salle de tri de  $15,2 \text{ mg.m}^{-3}$  à  $4,3 \text{ mg.m}^{-3}$ . Selon INRS (2018a), pour s'affranchir de ce problème d'odeurs, une cabine de tri doit être conçue pour assurer une vitesse d'air vertical descendante au niveau des voies respiratoires des opérateurs comprise entre  $0,2$  et  $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ .

#### 4.4.7 Agents physiques : bruit, vibrations et autres agents physiques

Seules trois études documentant les expositions des travailleurs des centres de tri aux agents physiques ont été identifiées. Ces études ainsi que leurs principaux résultats sont décrites ci-après. Les niveaux de mesures rapportés dans ces études ont été comparés aux valeurs de référence françaises pour les agents physiques considérés (Cf. §4.4.3.5 ; 4.4.3.6 ; 4.4.3.7).

##### 4.4.7.1 Bruit

D'après Poulsen *et al.* (1995), des niveaux de bruit supérieurs à **90 dB(A)** ont été signalés dans les usines de recyclage des déchets, sans que plus de détails ne soient fournis. Cette valeur est extraite d'un article plus ancien (Mansdorf, Golembiewski et Fletcher 1982).

L'étude de Lavoie et Guertin (2001) a été menée dans le cadre de demandes émanant de la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST) et de services de santé publique. Elle vise à identifier les risques professionnels dans les centres de tri des déchets ménagers.

Trois centres de tri ont été étudiés, représentatifs des différents types de gestion :

- **Centre 1** : gestion privée (20 salariés).
- **Centre 2** : propriété municipale, gestion privée (11 salariés).
- **Centre 3** : gestion associative municipale (9 salariés).

Les mesures ont été réalisées avec un **sonomètre de type 2**, conformément aux normes de l'IRSST (Institut de recherche en santé et sécurité du travail). L'évaluation s'est faite par

**mesures ambiantes dans les zones de travail**, avec des relevés de **niveaux sonores moyens pondérés en dB(A) (Leq)**. La méthodologie comprend la **dosimétrie individuelle**.

Résultats :

Centre 1 : les niveaux sonores dans les zones de tri et de pré-tri atteignent 84 et 83 dB(A).

Centre 2 : les niveaux sonores dans les zones de tri et de pré-tri atteignent 97 et 94 dB(A).

Centre 3 : les niveaux sonores dans les zones de tri et de pré-tri atteignent 85 à 88 dB(A).

Parmi les limites de l'étude, il est à noter que les centres de tri sont aux Canada et non en Europe. Les outils et les moyens de protection collective pourraient être différents. De même, les mesures ont été réalisées avant 2001. Depuis l'activité et les machines ont changé, laissant supposer qu'il y a possiblement moins de bruit.

L'étude de Kaliakatsos, Mirabelli et Pizzuti (2015) porte sur l'évaluation des risques liés à l'exposition au bruit dans un centre de tri des déchets situé dans le sud de l'Italie. Ce centre est spécialisé dans le recyclage, le tri et la valorisation des déchets ménagers et industriels. L'installation intègre à la fois des processus semi-automatisés (manipulation manuelle + automatisation) et divers équipements bruyants : broyeurs, convoyeurs, compacteurs, camions de déchargement, etc.

L'étude ne porte que sur un seul centre de tri, mais elle s'appuie sur une analyse méthodique des postes de travail et des sources de bruit, dans des conditions de fonctionnement réelles.

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un sonomètre SVAN 945th, de classe 1, permettant une analyse fine en 1/1 et 1/3 d'octave, dans une gamme de fréquences de 1 Hz à 20 kHz.

Les mesures ont été effectuées par point fixe à une hauteur de 1,5 m, à environ 0,5 m de l'oreille du salarié, en conditions normales d'exposition.

Quatre points de mesure ont été sélectionnés :

1. Zone de déchargement, broyage et compactage
2. Zone de tri manuel
3. Zone des emballages mixtes
4. Zone broyeur

Résultats :

Point 1 : Bruit moyen de 71,1 à 83,3 dB selon l'activité.

Point 2 : Bruit atteint 89,3 dB, au-delà du seuil réglementaire de 87 dB.

Point 3 : Niveaux autour de 78-79 dB, sans dépassement des seuils. Le bruit ambiant est majoritairement généré par l'environnement, et non par les opérations.

Point 4 : Situation limite, atteignant 86,1 dB lors du pic d'activité, mais pas de dépassement régulier. Le bruit dépend fortement de l'organisation des flux (arrivées de camions, fonctionnement simultané des machines).

Parmi les limites de l'étude, il est à noter qu'un seul centre de tri est étudié. Les mesures sont faites en point fixe et non sur opérateur, ce qui rend la comparaison aux valeurs limites approximative. En France les mesures réglementaires doivent être effectuées selon la norme ISO 9612 (mai 2009) "Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail – Méthode d'expertise" citée dans le Code du Travail. La norme stipule entre autres que les mesures doivent être effectuées sur opérateur. De même, les temps de mesures sont limités à 30 minutes. Des périodes de plusieurs heures sont nécessaires pour évaluer l'exposition au bruit pour la durée d'un poste de travail.

*L'exposition au bruit est reconnue comme un risque physique dans les usines de tri (Kaliakatsos, Mirabelli et Pizzuti 2015). Quelle que soit l'étude et quelles que soient ses limites, les différents seuils limites de bruit imposés par le Code du Travail sont dépassés. C'est particulièrement le cas lorsque tous les équipements fonctionnent à pleine capacité, comme enregistré dans l'étude faite par Kaliakatsos, Mirabelli et Pizzuti (2015).*

Les séparateurs, les presses à balles et les broyeurs sont identifiés comme des sources potentielles de bruit excessif dans les usines de (Poulsen *et al.* 1995). Les machines de broyage, de compactage et de conditionnement sont les principales sources de bruit, avec une contribution supplémentaire des camions de déchargement et des équipements de manutention interne (Kaliakatsos, Mirabelli et Pizzuti 2015).

#### 4.4.7.2 Vibrations

Lavoie et Guertin (2001) ont évalué les risques professionnels selon plusieurs axes : biologique, chimique, physique (dont les vibrations) et ergonomique. Parmi les 3 centres investigués, l'étude des vibrations a été effectuée seulement dans le Centre 1.

Les vibrations du corps entier transmises par le sol dans un centre de tri ont été mesurées le long des axes X (transversal, perpendiculaire au mouvement du convoyeur), Y (longitudinal, parallèle au mouvement du convoyeur) et Z (vertical). Un accéléromètre triaxial a été utilisé pour les mesures. Les signaux vibratoires ont ensuite été amplifiés dans des amplificateurs de charge connectés à un enregistreur numérique.

**Résultats** : Les valeurs moyennes des vibrations pondérées mesurées :

Pré-tri (réception) :

$$a_{w,x} : 0,08 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_{w,y} : 0,03 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_{w,z} : 0,19 \pm 0,02 \text{ m.s}^{-2}$$

Tri (début) :

$$a_{w,x} : 0,03 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_{w,y} : 0,01 \pm 0,01 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_{w,z} : 0,04 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

Tri (fin) :

$$a_{w,x} : 0,00 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_{w,y} : 0,01 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_{w,z} : 0,05 \pm 0,00 \text{ m.s}^{-2}$$

Les vibrations de tout le corps se situent bien en dessous des valeurs du Code du Travail (Cf. 4.4.3.6).

#### 4.4.7.3 Champs électromagnétiques

L'étude de Lavoie et Guertin (2001) inclut, parmi les facteurs physiques analysés, les champs électromagnétiques (CEM).

Les mesures ont porté uniquement sur les champs magnétiques statiques à basse fréquence (60 Hz). Les mesures ont été réalisées dans plusieurs zones de travail proches des équipements électriques : moteurs, convoyeurs, armoires électriques, etc. Aucun détail précis n'est fourni sur le type d'appareil de mesure, la durée d'exposition considérée, ni la méthode de relevé (instantanée ou moyennée). Deux points sont mesurés à chaque fois, un à 10 cm du « Magnétron », et un autre au niveau du salarié le plus proche.

Les champs magnétiques statiques mesurés à proximité (10 cm) du magnétron dans le département de tri étaient de 5,6 mTesla dans le Centre 1 et de 10 mTesla dans le Centre 2. Au niveau du travailleur le plus proche, le champ magnétique mesuré était de 0,45 mTesla dans le Centre 1.

Les champs magnétiques statiques se situent bien dans les limites de risque acceptables selon cette étude. En revanche, le champ magnétique statique est supérieur à 0,5mTesla au niveau du magnétron et proche de cette valeur au niveau du salarié. Cette valeur déclenche une action pour les effets indirects (interférence avec des dispositifs médicaux implantés actifs (pacemaker, pompes à insuline) selon le décret du 3 août 2016. [Légifrance - Publications officielles - Journal officiel - JORF n° 0084 du 08/04/2017 \(legifrance.gouv.fr\)](#).

#### 4.4.8 Facteurs biomécaniques et organisationnels

Les expositions biomécaniques, combinées avec les facteurs organisationnels, sont les principales causes des TMS. Selon l'enquête Sumer 2010, les ouvriers du tri sont fortement exposés à la manutention de charges 20h par semaine (24 % contre 20 % de l'ensemble des ouvriers), aux postures pénibles 20h par semaine (26 % contre 21 %), au travail répétitif sous contrainte de temps 10h par semaine (45 % contre 21 %).

L'analyse ergonomique du travail réel des trieurs permet de préciser ces constats globaux. En premier lieu, les **postures pénibles** (notamment la flexion du tronc pour appréhender les déchets sur le convoyeur) sont en partie liées à une mauvaise conception des équipements : travail debout, bande de défilement trop large, goulottes inadaptées..., ou à un tri préalable insuffisant des objets volumineux : « plus il y a de produits non conformes sur les convoyeurs en salle de tri, plus il y a de gestuelles pénalisantes » (Anact 2016).

En second lieu, le travail requiert une **forte charge mentale**. L'observation par l'Anact (2016) de l'activité de travail d'un trieur montre que « l'opérateur doit repérer les produits à évacuer. Ce repérage nécessite un balayage visuel du convoyeur pour en repérer le plus grand nombre possible. Ce travail est d'autant plus difficile mentalement que le type de produits à évacuer est important (des agents en gèrent 4 voire 5) et que l'espace d'anticipation est restreint ». Selon l'INRS (2018a) le travail de tri implique un « maintien soutenu de l'attention à la recherche de produits à extraire ou à conserver sur une 'cible' mobile ». L'attention exigée par le travail de tri est similaire à celle de professions beaucoup plus qualifiées : « les exigences de précision demandée aux trieurs apparaissent aussi fortes que celles des dentistes » (Asante, Bath et Trask 2018).

En troisième lieu, les arrêts intempestifs du convoyeur suite à des blocages ou incidents rendent le **travail heurté** et donnent lieu à une accélération ultérieure de la vitesse de la chaîne pour rattraper les retards pris : selon le témoignage d'un trieur, « lorsqu'on vient nous aider, la vitesse du convoyeur est augmentée et, après que l'aide s'en va, la vitesse reste la même... le rythme de travail est non constant et les écarts sont importants » (IRSST 1999). Selon l'INRS (2018a), « un flux irrégulier de matières augmente l'intensité de l'activité et réduit les marges de manœuvre ». En effet, « l'augmentation de la vitesse de convoyeurs est une variable d'ajustement pénalisante au niveau de la santé et de la performance du centre de tri » (Anact 2016).

D'après les auditions et la littérature, les travailleurs en centre de tri sont concernés par le **travail posté** et par le **travail de nuit**, selon les centres. Dans leur arrêté préfectoral d'exploitation, les centres de tri ont, en général, l'autorisation de fonctionner sur 2 ou 3 postes par jour (CITEO & ADELPHÉ 2021). Le travail se fait le plus souvent en 2 postes (2x8) et plus

rarement en 3x8, par exemple dans des zones touristiques à certaines périodes de l'année (lors d'un accroissement de l'activité).

#### 4.4.9 Polyexposition

Les données d'exposition recueillies soulignent la **polyexposition** des travailleurs en centre de tri, ceux-ci étant exposés à des agents chimiques, biologiques, physiques tels que le bruit, à des odeurs, à des facteurs biomécaniques, et des facteurs organisationnels. Les études documentant ces expositions ne précisent pas les conditions dans lesquelles le travail a été réalisé.

Ce chapitre met en évidence une problématique générale de niveaux d'exposition élevés des travailleurs en centres de tri aux agents biologiques et aux **endotoxines**. Concernant les agents biologiques pathogènes identifiés, les espèces prédominantes sont des pathogènes opportunistes, qui peuvent causer des infections en particulier si la résistance humaine est réduite.

Les travailleurs des centres de tri sont potentiellement co-exposés à des substances chimiques et des agents biologiques. Certaines substances chimiques de l'environnement peuvent interférer avec les mécanismes de la réponse immunitaire et seraient ainsi susceptibles de rendre l'organisme plus vulnérable vis-à-vis des agents biologiques infectieux. L'exposition à des substances telles que les organochlorés, HAP, particules fines, NO<sub>2</sub>, ozone, dioxines, polychlorobiphényles (PCB), métaux, organofluorés, certains plastifiants ou plastiques comme les phtalates...) pourrait favoriser les épisodes infectieux (Grandjean, Heilmann, Weihe, Nielsen, Mogensen, and Budtz-Jørgensen 2017; Grandjean, Heilmann, Weihe, Nielsen, Mogensen, Timmermann, et al. 2017; Kim et al. 2012; Suzuki et al. 2020; Prata et al. 2020; Sharifinia et al. 2020). Il semblerait pertinent d'étudier si les substances chimiques auxquelles ces travailleurs sont exposés sont susceptibles d'interagir avec le système immunitaire et de potentialiser leur risque de développer des infections lors de l'exposition à des agents biologiques.

### 4.5 Etat des connaissances des effets sanitaires liés aux activités en centres de tri

#### ■ Données de la littérature

L'analyse porte sur les données de la littérature scientifique et de la littérature grise qui se sont intéressées à la santé des travailleurs exerçant leurs activités en centres de tri. En tout, 39 études ont été analysées.

Huit revues ou publications de synthèse abordant cette question ont été identifiées : (C. Viegas, Pena, *et al.* 2022 ; EU-OSHA 2019 ; INRS 2018a ; Anzivino-Viricel *et al.* 2012 ; Porta *et al.* 2009 ; INRS 2007 ; Poulsen *et al.* 1995 ; Saint-Ouen M. *et al.* 2007) (Tableau 19). Aucune de ces publications n'est spécifique des effets sanitaires pour les travailleurs des centres de tri des déchets.

Tableau 19 : Revues et documents de synthèse identifiés

Auteur (date)	Pays	Objet
Poulsen et al. (1995)	Danemark	Revue sur les effets sanitaires chez les travailleurs du tri et recyclage des déchets et leurs causes possibles.
INRS (2007)	France	Fiche d'allergologie-pneumologie professionnelle à destination des médecins du travail concernant les affections respiratoires professionnelles non infectieuses dues aux agents biologiques.
Saint-Ouen M. et al. (2007)	France	Revue des données épidémiologiques récentes sur les effets sanitaires observés chez les travailleurs des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés.
Porta et al. (2009)	Italie	Revue systématique des études épidémiologiques sur les effets sanitaires associés à la gestion des déchets solides.
Anzivino-Viricel et al. (2012)	France	Revue des connaissances scientifiques sur l'impact des activités liées à la gestion des déchets ménagers (collecte, tri, compostage, incinération et stockage) sur la santé des populations (riverains et travailleurs du secteur).
INRS (2018a)	France	Guide de prévention pour la conception de centres de tri de déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes séparées - Présentation des principaux risques d'accidents et de maladies professionnelles (entre autres).
EU-OSHA (2019)	UE	Effets sur la santé liés aux agents biologiques présents dans les secteurs de la gestion des déchets et du traitement des eaux usées.
C. Viegas, Pena, et al. (2022)	Portugal	Revue des études dans lesquelles une évaluation de la cytotoxicité <i>in vitro</i> a été effectuée sur des échantillons environnementaux dans la perspective de caractériser les risques associés à des expositions survenues dans différents contextes professionnels dont 5 centres de tri des déchets

Ces documents n'apportent pas d'éléments spécifiques par rapport aux articles princeps/études individuelles, notamment compte tenu du caractère parcellaire et de l'ancienneté des études qui y sont traitées. Ces documents ont servi à l'identification d'études individuelles sur la santé des personnels des centres de tri permettant de compléter la sélection d'articles identifiés *via* la revue de la littérature. Un traitement individuel de ces différentes études a ensuite été réalisé et fait l'objet de la suite du chapitre.

Trente et une études individuelles ont été considérées pour l'analyse. Les effets sanitaires rapportés sont principalement des troubles musculo-squelettiques (TMS), des effets respiratoires, des symptômes gastro-intestinaux et des atteintes cutanées.

Aucune étude française n'a investigué spécifiquement l'état de santé des salariés de cette étape de la filière. Une série d'études publiées dans les années 1990 concernent essentiellement des travailleurs de centres de tri danois (Malmros, Sigsgaard et Bach 1992 ; Petersen 1988 ; Malmros *et al.* 1991 ; Sigsgaard, Abel, *et al.* 1994 ; Sigsgaard, Malmros, *et al.* 1994 ; Ivens *et al.* 1997 ; Sigsgaard, Hansen et Malmros 1997) mais aussi anglais (Gladding et Coggins 1997), finlandais (Kiviranta *et al.* 1999) et autrichiens (Marth *et al.* 1997). Trois autres études publiées après 2000 se sont également intéressées aux effets sanitaires liés à

l'exposition aux particules organiques chez les travailleurs de centres de tri anglais et norvégiens (Gladding, Thorn et Stott 2003 ; Eriksen, Afanou, Madsen, *et al.* 2023 ; Eriksen, Madsen, *et al.* 2023).

A partir des années 2000, apparaissent des études qui s'intéressent aux TMS chez les travailleurs impliqués dans les activités de tri (Lavoie et Guertin 2001 ; Krajewski *et al.* 2002 ; Asante, Bath et Trask 2018 ; Cunha, Carneiro et Colim 2020). Globalement, les atteintes à la santé mentale – que l'on peut aussi qualifier de « pénibilités psychologiques » (Gollac et S. (2000), p. 31) – n'ont pas fait l'objet de travaux de recherches précis pour ce qui concerne les travailleurs des centres de tri (en dehors du cas des DEEE<sup>46</sup>, comme le rapport d'expertise de 2019 l'avait déjà noté). Cependant, certains éléments peuvent être relevés à partir des articles repérés dans les recherches bibliographiques spécifiques réalisées (cf 4.5.2.1).

Dans les études, les effectifs de travailleurs sont dans l'ensemble faibles, ce qui est assez habituel dans cette activité. Peu d'études ont cherché à quantifier le lien entre le niveau d'exposition (notamment aux bioaérosols) et les effets observés. Enfin, la majorité de ces études sont anciennes.

Plusieurs études se sont intéressées à des populations plus larges que les seuls travailleurs des centres de tri. Une étude du *Health and Safety Executive* (HSE) (HSE 2013) considère 100 travailleurs de 7 Installations de recyclage des matériaux (dont activités de tri), sans qu'il soit possible de connaître le nombre de travailleurs en centres de tri. Une autre étude de Krajewski *et al.* (2002) a interrogé la perception des risques pour 61 travailleurs de 3 usines de travaux municipaux et d'assainissement municipal, comprenant 8 trieurs de déchets. Les études de Dounias *et al.* (2005) et de Squeri *et al.* (2006), se sont intéressées à la prévalence de marqueurs d'infection par le virus de l'Hépatite B dans des populations de travailleurs des déchets, sans précision concernant leurs activités.

De manière plus anecdotique, une étude d'Alonso *et al.* (2015) rapporte la survenue d'une épidémie de fièvre Q (*Coxiella Burnetii*) chez les travailleurs d'un centre de tri déchets en lien avec une élimination inadéquate des carcasses d'animaux dans les déchets urbains entrants.

Certaines études se sont intéressées aux marqueurs biologiques d'inflammation ou d'allergie présents dans le sang des travailleurs des centres de tri (Marth *et al.* 1997 ; Gladding, Thorn et Stott 2003 ; Eriksen, Afanou, Straumfors, *et al.* 2023 ; Eriksen 2023).

D'autres études se sont penchées sur les effets *in vitro* d'échantillons environnementaux prélevés dans les centres de tri. Une équipe de recherche norvégienne a étudié la réponse inflammatoire *in vitro* (capacité d'activation *in vitro* des récepteurs de type Toll-like (TLR2 et TLR4), induction de la réponse NF- $\kappa$ B *in vitro* par l'activation de TLR2 et TLR4) après exposition à des échantillons de poussières prélevées dans les centres de tri (Eriksen *et al.* 2022 ; Afanou *et al.* 2023 ; Eriksen, Afanou, Straumfors, *et al.* 2023). Une équipe de recherche portugaise a publié une série d'études sur la cytotoxicité *in vitro* d'échantillons de particules, masques ou filtres prélevés dans des centres de tri (C. Viegas, Faria, *et al.* 2017 ; C. Viegas *et al.* 2021 ; C. Viegas, Caetano, *et al.* 2020 ; C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Soszczyńska, *et al.* 2020 ; C. Viegas, Twarużek, *et al.* 2022).

#### ■ Informations issues des bases de données en santé au travail

L'analyse de la base de données du RNV3P pour les ouvriers impliqués dans les activités de tri des déchets a permis d'identifier 71 PRT (contre environ 672 des cas relevant des activités

<sup>46</sup> Déchets des équipements électriques et électroniques

de collecte) : 36 femmes et 35 hommes (Vs 640 H et 32 F dans la collecte). Comparativement aux autres étapes de la prise en charge des déchets étudiées dans la base, la proportion de femmes dans les activités de tri est beaucoup plus élevée. Les premières pathologies qui ressortent sont les TMS, suivies par les pathologies psychiques. Viennent ensuite les maladies de la peau, les pathologies respiratoires et les maladies infectieuses (Cf. tableaux détaillés en Annexe 12).

#### 4.5.1 Troubles musculo-squelettiques (TMS)

La littérature relative aux TMS pour les travailleurs des centres de tri est plutôt récente. Les localisations de TMS évoquées se situent au niveau des **lombaires**, des **membres supérieurs** (épaules, avant-bras, coudes, mains et doigts), du **cou** et des **membres inférieurs** (hanches et cuisses). Ces atteintes, en particulier les douleurs lombaires, sont rapportées de manière fréquente dans les populations enquêtées. Dans une étude menée au Canada sur 10 trieurs d'un centre de tri des déchets ménagers, Asante, Bath et Trask (2018) concluent, d'après les résultats de la métrologie posturale (mesure de la vitesse angulaire de mouvement), que les niveaux de mesures posturales dépassent les niveaux associés à un niveau de risque élevé de troubles lombaires. Le tableau suivant (Tableau 20) présente les études chez des travailleurs en centres de tri ayant rapportés des TMS.

En complément, les données du RNV3P rapportent des TMS chez les salariés du tri (sans précision des postes de travail). Les deux interventions dans des centres de tri documentées par l'Anact (2016) (à Cherbourg et au Creusot) étaient motivées par des problèmes de TMS et plus largement, l'analyse des motifs d'intervention concerne majoritairement la prévention des TMS.

Tableau 20 : Description des études relatives aux TMS chez les travailleurs des centres de tri

Ref.	Population <sup>47</sup>	Mesure des effets	Résultats principaux
Marth <i>et al.</i> (1997) (Autriche) <b>Cas-témoin</b>	Groupe "exposé" = <b>117 employés<sup>(a)</sup> de 5 usines de traitement des déchets</b> (1 usine de compostage, 3 installations de tri des déchets, 1 décharge) groupe témoin de 44 <i>travailleurs de bureau d'une usine de transformation alimentaire</i>	Plaintes rapportées (questionnaires)	Les auteurs indiquent que par rapport au groupe témoin, les <b>troubles musculo-squelettiques</b> étaient plus fréquents pour les travailleurs des installations de tri.
Lavoie et Guertin (2001) (Québec)	<b>20 travailleurs* de 3 centres de tri</b> (matériaux divers : vêtements, papier, carton, verre, plastique et métal)	Questionnaire de santé	Répartition des douleurs par partie du corps : <ul style="list-style-type: none"> <li>– les <b>membres supérieurs</b> et le <b>dos</b> ont été signalés le plus souvent</li> <li>– les <b>membres inférieurs</b> sont également touchés avec des douleurs spécifiquement localisées au niveau des mollets.</li> </ul> Les travailleurs qui mesurent moins de 163 cm ont un taux d'apparition de la douleur plus élevé (64% d'entre eux) Les auteurs concluent que les principaux risques ergonomiques observés sont liés aux <b>douleurs lombaires</b> en raison des postures contraignantes à adopter lors de la manipulation des objets.
	<b>40 travailleurs* de 3 centres de tri</b> (matériaux divers : vêtements, papier, carton, verre, plastique et métal)	Etude ergonomique : analyse de la posture de travail par mesure des angles des articulations du dos et des membres supérieurs (cou, épaule, coude, avant-bras et poignet)	→ Pour plusieurs articulations, les mesures des angles dépassent de 50% les plages d'amplitude de référence : les <b>épaules, les avant-bras et les coudes</b> sont les plus proches de la limite supérieure de l'amplitude maximale de déplacement. Les auteurs concluent que les mouvements des travailleurs, leur posture et les efforts qu'il doivent fournir sont sources de tensions, notamment au niveau des bras, du dos, des épaules et des poignets.

<sup>47</sup> Il s'agit ici de la population à partir de laquelle sont tirés les résultats de santé décrits dans le tableau ; il ne s'agit pas nécessairement de l'ensemble des populations étudiées dans la publication.

Ref.	Population <sup>47</sup>	Mesure des effets	Résultats principaux
Krajewski <i>et al.</i> (2002) (Pologne)	<b>8 trieurs de déchets</b> (plastiques, métaux, verre)	Questionnaire sur la perception des risques	Parmi les 8 trieurs, 6 évaluent leur état de santé comme « bon ou très bon » et 2 comme « modéré ». Les postures contraignantes (travail en station debout) font partie des facteurs de danger les plus fréquemment signalés par les trieurs (avec les odeurs, l'empoussièrement et les bioaérosols).
HSE (2013) (Royaume-Uni)	<b>100 travailleurs<sup>(b)</sup> de 7 centres de tri</b> (déchets recyclables)	Plaintes rapportées (questionnaires complétés par des entretiens)	Les résultats de l'enquête de santé menée sur 100 travailleurs (dont 96 hommes) indiquent que : → Les problèmes de santé signalés comprenaient des symptômes musculosquelettiques (douleurs dans les <b>membres inférieurs</b> , dans les <b>membres supérieurs (mains, poignets ou coudes)</b> , dans le <b>dos</b> ainsi qu'au <b>cou</b> ). → 84 % des travailleurs ont signalé des problèmes de santé qu'ils attribuaient à leur travail ; 15 % d'entre eux ont été vus par leur médecin généraliste. Au cours de l'entretien, les travailleurs ont également identifié une série de facteurs qui, selon eux, aggravaient leur problème de santé.
Asante, Bath et Trask (2018) (Canada)	<b>30 trieurs d'un centre de tri</b> des déchets ménagers	Questionnaire TMS	→ 79 % des travailleurs déclarent avoir ressenti des douleurs dans au moins une partie du corps au cours des 12 derniers mois → 53 % ont indiqué que ces douleurs les avaient empêchés d'exercer leurs activités professionnelles régulières. → 73 % indiquent souffrir de <b>douleurs lombaires</b> , 70 % de <b>douleurs aux épaules</b> , 67 % dans la <b>partie supérieure du dos</b> , 60% au niveau de la <b>nuque</b> et 43 % au niveau des <b>hanches et des cuisses</b> . → Selon les travailleurs enquêtés, les régions du corps qui les ont le plus souvent amené à interrompre leur travail au cours des 12 derniers mois pour cause de douleurs sont les lombaires (46,7 %) et le haut du dos (43,3 %).
	<b>10 trieurs d'un centre de tri</b> des déchets ménagers	Métriologie posturale et mesure de la vitesse angulaire de mouvement	Bien que la taille de l'échantillon n'ait pas permis d'effectuer des tests concluants, des différences qualitatives ont été observées quant aux caractéristiques de la posture et de la vitesse du tronc selon les postes de travail. Les trieurs passaient par exemple 62 % de leur temps de travail en position de flexion avant < 20°, ce qui indique, selon les auteurs, un risque élevé de lombalgies. Les auteurs concluent que les niveaux de mesures posturales dépassent les niveaux associés à un niveau de risque élevé de troubles lombaires.
Cunha, Carneiro et Colim (2020)	<b>9 trieurs</b> d'une ligne multi-déchets (plastiques, papiers, cartons)	Questionnaire de santé	Les localisations de TMS rapportées pour les travailleurs enquêtés se situent au niveau des <b>lombaires</b> , du <b>cou</b> , des <b>épaules</b> , des <b>chevilles/pieds</b> , des <b>genoux</b> , des <b>mains</b> , des <b>hanches</b> et de la <b>taille</b> . Les auteurs rapportent également les observations d'une étude de Lopes (2015) conduite parmi des travailleurs d'un centre de tri de déchets recyclables au Portugal. Les TMS observées concernent la région

Ref.	Population <sup>47</sup>	Mesure des effets	Résultats principaux
(Portugal)			dorsale, les épaules, le bas du dos (les lombaires), et sont liées à la rotation constante du tronc, aux mouvements répétitifs et à l'exécution de tâches avec le corps penché.

\*sans précision des postes occupés par les travailleurs étudiés ; (a) : Les résultats présentés dans cette étude sont parcellaires ; beaucoup d'informations sont énoncées dans le texte sans que les tableaux de données ne soient fournis ; les tableaux fournis ne détaillent pas les résultats par type de traitement des déchets alors que dans le texte ce type de précision est parfois indiqué ; (b) : les travailleurs enquêtés occupent des postes variés (opérateurs, chefs d'équipe, chauffeurs) ; les résultats des analyses ne sont pas déclinées en fonction des postes.

## 4.5.2 Atteintes à la santé mentale

### 4.5.2.1 Précisions méthodologiques

Pour mener cette analyse relative aux rapports entre organisation du travail, activités et pénibilités psychologiques dans les centres de tri, sept bases de données importantes en sciences humaines et sociales (SHS) ont été explorées (cinq anglophones, deux françaises) en octobre 2024. L'architecture de ces bases étant différente, la manière de tester les mots-clés retenus a été adaptée à chaque fois. Le Tableau 21 présente les résultats obtenus et le détail des requêtes bibliographiques réalisées pour chacune des bases considérées est disponible en Annexe 11.

**Tableau 21 : Résultats des requêtes bibliographiques « atteintes à la santé mentale » selon les bases de données explorées**

Base de données	Nombre de résultats
<b>Scopus</b> (titre, résumé et les mots-clés, sans bornes temporelles)	69 résultats. Après vérification, aucun de ces articles ne porte sur la question des pénibilités psychologiques.
<b>PsycInfo</b> (texte intégral, sans bornes temporelles)	25 résultats, dont un seul (L. Boudra <i>et al.</i> 2019), déjà repéré par le GT, aborde la question des « pénibilités psychologiques » des travailleurs du tri.
<b>Psychology and Behavioral Sciences Collection</b> (texte intégral, entre 2000 et 2024)	4 857 résultats. La lecture exhaustive des notices bibliographiques de ces articles n'a pas débouché sur le moindre article d'intérêt.
<b>International Bibliography of the Social Science</b> (titre, résumé et les mots-clés, entre 2001 et 2024)	30 résultats. La plupart portent sur des analyses hors zone géographique (Rwanda, Chine, Arabie Saoudite) ou traitent du travail de recyclage informel.
<b>Science Direct</b> (texte intégral sans bornes temporelles) → 2 équations de recherche testées	317 revues de littérature (aucune d'intérêt). 2 155 articles : des recherches portent sur les DEEE, les déchets médicaux, le recyclage informel, le recyclage de l'eau, mais rien sur notre périmètre précis.
	932 revues de littérature <sup>48</sup> . 3 671 articles ont été recueillis, deux abordent la question des pénibilités psychologiques. Le premier est Piccardo <i>et al.</i> (2022), le second Asante, Bath et Trask (2018), par ailleurs déjà repéré par le GT pour d'autres facteurs de risque.
<b>Cairn</b> (texte intégral, pas de borne temporelle)	66 résultats, dont trois articles d'intérêt déjà repérés par le GT : Leïla Boudra (2020); L. Boudra <i>et al.</i> (2019), et Gonzalez-Lafaysse (2019).
<b>OpenEdition</b> (texte intégral, pas de borne temporelle)	277 résultats, dont un seul d'intérêt pour nos travaux, déjà repéré par le GT : Claire Chay et Thoemmes (2015).

<sup>48</sup> Une seule porte sur notre périmètre d'activité (Ma et Hipel, 2016). Toutefois, cette étude n'aborde pas la question des rapports entre organisation du travail et santé des travailleurs dans des configurations professionnelles proches de celles que l'expertise du GT a ciblées. Il n'y a donc aucun élément pertinent pour nos analyses.

#### 4.5.2.2 Précisions terminologiques

Il n'existe pas de taxinomie officielle en matière de troubles ou d'atteintes à la santé mentale au travail. De nombreux travaux s'appuient plus ou moins précisément sur des éléments nosographiques déclinés dans le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, et des troubles psychiatriques (troubles anxieux, troubles dépressifs).

Toutefois, deux approches plus spécifiques peuvent être distinguées. La première, notamment portée par Santé publique France, s'intéresse aux maladies à caractère professionnel (MCP), et notamment à la souffrance psychique avec le travail (SPLT), en s'appuyant sur la 10<sup>e</sup> révision de la Classification internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (CIM-10). Delézire *et al*<sup>49</sup>. catégorisent ainsi les troubles de la souffrance psychique

« en sept catégories : les troubles anxieux et dépressifs mixtes, les troubles dépressifs, les troubles anxieux, les *burn out*, les troubles du sommeil, les syndromes de stress post-traumatique (SSPT) et les autres troubles psychiques regroupant des troubles ou symptômes hétérogènes (somatisations, décompensations de psychose, de névrose, troubles du comportement alimentaire, asthénies, conduites addictives ainsi que le stress lié à l'emploi). » (2024, p. 94).

Une seconde approche, plus ancienne, s'appuie sur les apports classiques de la psychopathologie du travail, pour en préciser certaines conclusions (et notamment le fait qu'il n'existe pas de maladies mentales professionnelles *stricto sensu*, la forme de la décompensation psychopathologique étant toujours liée à la personnalité du sujet - chaque travailleur vit les contraintes de l'organisation du travail de manière spécifique). La psychodynamique du travail distingue ainsi deux grands ensembles de pathologies liées au travail (Debout *et al.*, 2022). Le premier regroupe les « pathologies de surcharge et de la violence », principalement liées à des dimensions temporelles et matérielles du travail. Parmi ces pathologies, on trouve notamment les troubles musculo-squelettiques, les maladies cardiovasculaires, le syndrome d'épuisement professionnel (ou *burn out*) ou encore les pathologies post-traumatiques. Le second ensemble regroupe les « pathologies de la solitude et de la servitude » : pathologies du harcèlement (syndromes dépressifs, syndromes confusionnels, syndrome de persécution, etc.), troubles du jugement, troubles régressifs infantiles ou encore risques suicidaires.

#### 4.5.2.3 Analyses des articles d'intérêt : l'apport des approches compréhensives

L'article de Piccardo *et al.* (2022) traite de la question des odeurs produites lors des activités de prise en charge des déchets ménagers, et de leurs effets potentiels sur la santé, mais avant tout sous l'angle des risques chimiques et biologiques. Les pénibilités psychologiques éventuelles sont justes évoquées en introduction de l'article et ne font pas l'objet d'analyses spécifiques, à l'image de l'article d'Asante, Bath et Trask (2018), qui examine les risques musculosquelettiques dans une perspective ergonomique, selon un prisme uniquement biomécanique. Finalement, c'est dans la littérature française que l'on trouve les éléments les plus précis en matière d'analyse des rapports entre organisation du travail, activités et pénibilités psychologiques, en dépit de l'insuffisante attention portée aux dynamiques subjectives sous-jacentes.

---

<sup>49</sup> Pauline Delézire, Julie Homère, Loïc Garras, Thomas Bonnet, Juliette Chatelot (2024), « La souffrance psychique en lien avec le travail à partir du programme de surveillance des maladies à caractère professionnel : résultats des enquêtes transversales 2013 à 2019 et évolution depuis 2007 », Bull. épidémiol. Hebd., 5, p. 92-103.

Dans sa thèse d'ergonomie (L. Boudra 2016), Leïla Boudra mobilise deux études distinctes : d'une part, une étude exploratoire de type ergonomique et économique menée dans un centre de tri, et portant sur la question des sollicitations biomécaniques des opérateurs de tri (observations – avec vidéo et photos – et entretiens) ; d'autre part, une étude ergonomique (observations – avec vidéo et photos – et entretiens) dans quatre centres de tri visant à analyser les effets de l'extension des consignes de tri (tous types de plastique) sur la santé des travailleurs (principalement sous l'angle des TMS). Ces deux études ont été réalisées en 2008 et 2012, c'est-à-dire avant la mise en conformité des centres de tri consécutive à l'entrée en vigueur de la réglementation de 2019, mais elles restent utiles pour avoir une idée de certaines contraintes propres aux activités, et pour ne pas négliger certaines dynamiques psychiques liées au travail<sup>50</sup>.

Boudra procède à une description et une analyse de l'organisation du travail des cinq centres de tri, qui donnent à voir différents niveaux de mécanisation et différentes capacités de traitement, ainsi que des organisations du temps de travail variées (2016, p. 79-84)<sup>51</sup>. De même, elle décrit le travail de trieur : en particulier, elle pointe l'identification de la nature des déchets, la séparation des déchets en fonction de leur recyclabilité ou non, le nettoyage du poste de travail, et la formation sur le tas des nouveaux embauchés (*ibid.*, p. 90-96). Elle en souligne les dimensions temporelles particulièrement présentes (*ibid.*, p. 109-110), en raison de la prise en charge du flux des déchets sous cadence automatisée.

Elle décrit également rapidement (*ibid.*, p. 112-114) les connaissances et savoir-faire des trieurs concernant les déchets, avec l'importance des différents sens corporels (toucher, vue, ouïe et odorat) pour caractériser le plus précisément possible les flux de déchets (quantité, dimension, densité, état). Puis elle analyse plus longuement (*ibid.*, p. 115-145) les « régulations<sup>52</sup> » nécessaires pour que le travail soit réalisé : d'abord, celles de l'encadrement intermédiaire : baisse du tonnage horaire ; réglage de la vitesse des tapis du tris ; réaffectation des trieurs dans les cabines. Ensuite, les régulations de l'opérateur de tri : organisation des exutoires mobiles dans l'espace de travail ; régulation de la charge de tri par envoi de déchets ensachés sur le sol<sup>53</sup>. Puis celles de l'équipe de tri : limitation du nombre et de la durée des arrêts du tapis, même en cas de dangers type seringues, pour assurer la performance du centre de tri ; entraide collective<sup>54</sup>. Et enfin les régulations propres à l'ensemble des opérateurs

<sup>50</sup> Ces remarques valent pour les autres articles français du corpus mobilisé ici.

<sup>51</sup> Dans un article plus récent, après avoir rappelé que les tâches et les objectifs prescrits par l'organisation du travail sont identiques pour tous les travailleurs et travailleuses du tri, quels que soient leur genre, leur ancienneté, le process technique, ou le poste occupé, Boudra montre qu'il n'en est rien lorsque l'on s'intéresse au travail effectif (activités) : les postes de début de chaîne sont considérés comme plus « physiques » et occupés par des hommes réputés plus forts, tandis que les femmes, considérées comme plus minutieuses, occupent les postes de finition, perçus comme « stressants » mais plus « doux » (2020, p. 72-74).

<sup>52</sup> Les régulations « permettent [...] d'assurer la performance et l'efficacité du travail et de faire face aux variabilités liées à la production (produits, incidents, aléas, matériels, etc.), et aux variabilités internes de l'opérateur (état interne, fatigue, douleurs, etc.). Elles sont élaborées selon la façon dont l'individu, au travers de l'activité, fait face et gère les variabilités de la charge de travail globale tout en restant dans les espaces de tolérances du système. » (*ibid.*, p. 115).

<sup>53</sup> Lorsque Boudra analyse les pratiques individuelles pour mener les activités, en insistant sur les exigences corporelles, elle souligne qu'existe une tendance à l'accélération des gestes (*ibid.*, p. 125-132). On peut toutefois se demander si cette dernière est uniquement due à la hausse de la charge de travail, ou si elle ne renvoie pas également à une auto-accélération défensive typique du travail répétitif sous contrainte de temps : l'auto-accélération permet en effet de suspendre la pensée en « saturant » le fonctionnement psychique par l'hyper-vigilance et l'engagement extrême du corps dans les activités (ce que certaines personnes appellent se mettre « en mode robot ») ; cela passe par la répression des pensées incidentes qui pourraient entraver le rythme de travail. Or, la psychopathologie et la psychodynamique du travail établissent un lien entre la répression pulsionnelle et les TMS (Debout et al., 2022).

<sup>54</sup> Boudra pointe que la coopération horizontale est caractérisée par un déficit de règles de métier partagées, mais qu'existe malgré tout une entraide collective (*ibid.*, p. 132-138).

du centre de tri : communication des équipes de tri avec les équipes au sol (chargement des déchets en aval sur les tapis) pour limiter les bourrages machine, pour assurer la fluidité du flux de déchets et l'anticipation des trieurs.

Dans ses analyses, l'auteur insiste particulièrement sur le caractère territorialisé des déchets<sup>55</sup>, qu'elle définit en mobilisant un ensemble de déterminants : des dimensions économiques et sociales spécifiques du territoire (statut des centres de tri – entreprise d'insertion, entreprise privée) ; des dimensions politiques (modes de collecte des déchets, consignes de tri, zone géographique couverte)<sup>56</sup> ; des dimensions liées aux modes de consommation des habitants (urbains, ruraux) ; des dimensions liées à l'espace physique (climat, relief) ; des dimensions liées à l'attractivité touristique (*ibid.*, p. 108). Or, Boudra montre (*ibid.*, p. 147-177) que l'évolution des flux et types de déchets, des conditions de transport (et collecte) et du degré d'humidité jouent sur la qualité du tri. L'extension des consignes de tri (qui était expérimentée au moment de son étude sur les quatre centres) s'est logiquement accompagnée d'une hausse du volume de déchets entrants (en particulier des plastiques) ; dans les centres de tri étudiés, peu d'investissements réalisés, mais des modifications techniques (réglage des machines de tri optique, ajout d'exutoires fixes et d'alvéoles de stockage) et une augmentation des effectifs des personnels de tri (*ibid.*, p. 149).

Boudra note par ailleurs qu'existe un découplage entre ces caractéristiques territorialisées et les caractéristiques techniques de certains centres de tri (avec comme conséquences, par exemple, des bourrages machine en hausse avec l'arrivée des grandes boîtes de conserve, ou un problème de prise en charge des exutoires avec la présence de grands cartons). Selon elle, tous les éléments précédents contraignent le déploiement des marges de manœuvre des salariés et conduisent à une intensification du travail : charge de travail trop importante, travail dans l'urgence, moyens disponibles inadaptés ou insuffisants (*ibid.*, p. 177-179).

L'article de Claire Chay et Thoemmes (2015) s'appuie sur une étude sociologique de type ethnographique menée au début des années 2010 dans trois sites de tri des déchets ménagers en France (un site industriel privé et deux sites publics). Les chercheurs ont réalisé une observation participante de longue durée (participation directe de Claire Chay, comme intérimaire, aux activités de tri, sur des périodes de deux semaines à deux mois pendant quatre ans, dans l'un des centres de tri), une observation classique (vidéo et photographies) ainsi que 45 entretiens semi-directifs. Les auteurs procèdent à une description rapide des différents postes de travail (cariste, trieur, encadrement intermédiaire) et décrivent différents facteurs de pénibilité pesant sur le fonctionnement psychique individuel.

D'abord, la charge physique : Claire Chay et Thoemmes (2015) parlent d'un tonnage moyen journalier traité variant de 30 à 45 tonnes sur les sites, avec un nombre de gestes par heure pour le tri situé entre 1 500 et 4 500 ; ces gestes étant caractérisés par leur rapidité, leur répétitivité et s'accompagnant de postures pénibles<sup>57</sup>.

---

<sup>55</sup> L'article de Boudra et al. (2019) est une reprise de cette analyse du déchet comme « objet territorialisé », avec les problèmes que cela pose en matière d'organisation du travail et de réalisation des activités.

<sup>56</sup> Sur ce point, Linda Gonzalez-Lafaysse (2019) pointe l'importance de la qualité du tri réalisé par les usagers pour maintenir le processus de valorisation du métier par les trieurs. La territorialité de l'objet déchet joue donc directement sur les dynamiques intrasubjectives, et pas seulement sur les dynamiques techniques ou sociales de la production.

<sup>57</sup> Dans son analyse qualitative du travail et de son organisation dans un centre de tri fonctionnant avec un roulement de trois équipes (21h sur 24h, dont une équipe fixe de nuit), Gonzalez-Lafaysse (2019) mentionne la torsion parties supérieures du corps et la position debout prolongée et statique. Elle parle également des problèmes de sommeil, de digestion (horaires alternants) et de naupathie (mal de mer).

Ensuite, la charge mentale : liée à l'hyper-vigilance pendant les opérations de tri et aux risques sur la chaîne, notamment ceux de coupures, piqûres, brûlures et de TMS (tendinites, canal carpien, douleurs aux jambes et bras, décalcification osseuse, arthrose).

Enfin, la charge morale (stigmatisme lié aux déchets) : notons sur ce dernier point qu'aucune des études mobilisées ici n'aborde la question du racisme ou des discriminations ethniques dans le travail, pas plus que celle de la gestion racisée de la main-d'œuvre, ce qui contraste avec les éléments rapportés lors de l'audition du syndicat CGT. Cette différence pose question, et l'on peut se demander si elle est due à une spécificité des représentants CGT présents lors de l'audition, ou si elle rend compte d'un point aveugle dans les recherches recensées ici, sachant que des travaux anciens sont renseignés sur des dynamiques de ce type dans d'autres métiers, comme par exemple pour les ouvriers du BTP (Jounin, 2008) ou les éboueurs (Le Lay, 2014). La structuration des rapports sociaux sur une base ethnique peut prendre plusieurs formes, selon les configurations locales : embauches dans des réseaux d'interconnaissance, ségrégation des travailleurs sur des postes en fonction de leur origine nationale, organisation des relations sociales selon une *color line* implicite, etc. Ces dynamiques de racisation s'accompagnent souvent de sentiments d'humiliation et de mépris ressentis par les travailleurs concernés. L'audition de la CGT soulève également la question de possibles rapports hiérarchiques sexistes ou encore de mépris lié à l'illettrisme de certains travailleurs.

De même, comme le mentionnent Claire Chay et Thoemmes (2015) et Boudra (2020), la confrontation avec les différentes sources de pénibilité s'accompagne de divers ressentis affectifs<sup>58</sup> : ennui lié à la répétitivité et la monotonie du travail, peur de mal trier, colère et dégoût qui peuvent survenir par exemple quand des odeurs nauséabondes sont trop présentes, ou quand des « erreurs de tri » font apparaître des cadavres d'animaux, des couches de bébé, ou encore de la nourriture en putréfaction. Par ailleurs, Claire Chay et Thoemmes (2015) pointent le degré important de vigilance nécessaire pour réaliser les activités. Ces différentes dynamiques participent de sentiments d'indignité sociale et de non-reconnaissance du travail.

Parmi les éléments qui aident à tenir dans le travail, Claire Chay et Thoemmes (2015) évoquent le rapport à l'emploi (stabilité de l'emploi, conditions statutaires avantageuses – malgré des rémunérations et des perspectives d'évolutions faibles), l'intégration sociale rendue possible par le travail (avec des formes de coopération horizontale et de convivialité durant le travail<sup>59</sup>), l'apprentissage de savoir-faire d'ordres technique (taxinomie détritique, bruits suspects), relationnels (coopération horizontale et transverse) et affectif (patience, minutie) et la revendication d'une action environnementale positive. De son côté, Gonzalez-Lafaysse (2019) adoptent une présentation de soi positive en se dépeignant comme des acteurs de la protection de l'environnement (*via* leur participation directe à l'économie circulaire). Elle explique par ailleurs que les travailleurs du centre de tri procèdent à une technicisation du langage pour revaloriser symboliquement la matière déchet (en « produit » valorisable) et, par extension, le métier. Toutefois, l'étude de Claire Chay et Thoemmes (2015) semble montrer que cette technicisation n'est pas généralisée. Les travailleurs des centres de

---

<sup>58</sup> Gonzalez-Lafaysse n'aborde pas directement la dimension affective du travail. Et ni elle ni Boudra n'analysent la question de la santé mentale.

<sup>59</sup> Gonzalez-Lafaysse confirme cette importance de la coopération horizontale (et de la convivialité, en particulier de l'humour) en matière de travail quotidien et de transmission des règles de métier entre trieurs.

tri procèdent en effet à des adaptations du langage pour décrire les déchets, adaptations qui varient selon le groupe professionnel : les trieurs qualifient les déchets de « merde », les caristes parlent de « produits » et les agents de maintenance parlent seulement du « matériel de tri ». L'euphémisation linguistique pour se protéger du stigmaté lié au déchet semble donc plus difficile à mettre en place à mesure que les travailleurs sont dans un rapport manuel direct avec les matériaux à trier. En outre, Gonzalez-Lafaysse identifie un processus de retournement du stigmaté de la part des trieurs, qui prend la forme d'une péjoration de l'usager (qui est une stratégie de défense généralement individuelle, mais qui peut dans certains cas devenir collective).

En dépit de l'ancienneté de ces études et de leur caractère limité en matière d'analyse de « pénibilités psychologiques », les éléments relevés semblent indiquer que les contraintes organisationnelles (travail répétitif sous contrainte de temps) et la nature des activités (proximité des déchets) pèsent de manière importante sur la santé mentale des travailleurs du tri. Il serait nécessaire de mener des études portant spécifiquement sur cette question pour évaluer dans quelle mesure la modernisation des installations a permis, ou non, de desserrer ces contraintes, et quelles ont été les transformations du côté des stratégies de défense<sup>60</sup> mises en place par les travailleurs pour protéger leur santé mentale.

---

<sup>60</sup> En psychodynamique du travail, les stratégies de défense désignent des pratiques individuelles et/ou collectives mises en place par les travailleurs pour lutter contre les sources de souffrance psychique inhérentes à l'écart entre travail prescrit (les tâches définies théoriquement dans le cadre de l'organisation du travail) et travail effectif (activités menées par les travailleurs pour répondre aux attentes organisationnelles). Comme le comblement de cet écart nécessite toujours l'engagement subjectif du travailleur, travailler comporte une part de risque permanente (ne serait-ce que celui, justement, de s'écarter des prescriptions...), qui se traduit sous forme affective : dégoût, peur, ennui, etc. Ces affects doivent faire l'objet d'un « traitement psychique » pour que les travailleurs puissent travailler au quotidien : soit ils sont déniés (ils sont alors non perçus d'un point de vue conscient, et ne font pas l'objet de mises en discussion) ou au contraire « domestiqués » (ils font l'objet d'un travail discursif - en particulier à partir de l'humour), collectivement ; soit ils font l'objet, au niveau individuel, d'un mécanisme de « répression pulsionnelle » (en adoptant des pratiques d'auto-accélération du rythme de travail et en accroissant son niveau de concentration sur un périmètre réduit de gestes répétitifs, le travailleur engourdit son fonctionnement psychique et s'empêche de penser). Les stratégies de défense reposent sur des pratiques volontairement et consciemment mises en place par les travailleurs (ajouter du risque au risque pour lutter contre la peur et souder le collectif autour de l'idéal de la virilité, par exemple), même si ces derniers ne savent pas toujours clairement pourquoi ils mettent ces pratiques en place. Pour plus de détails, Dejours et Gernet (2012). C. Dejours, I. Gernet, *Psychopathologie du travail*, Issy-les-Moulineaux, Elsevier Masson, 2012

### 4.5.3 Effets respiratoires

La littérature relative aux effets respiratoires se rapporte très majoritairement à des travailleurs de centres de tri danois et britanniques. La majorité des études sont anciennes puisqu'elles ont été publiées avant les années 2000. La plupart des études ne précisent pas les postes occupés par les travailleurs considérés, seulement le fait qu'ils sont employés dans un centre de tri.

D'après Poulsen *et al.* (1995), dès la fin des années 80, des atteintes respiratoires (asthme et bronchite chronique accompagnés de toux et d'éternuements) étaient rapportées pour les travailleurs danois chargés du tri manuel des déchets en centres de tri.

Les pathologies et symptômes respiratoires observés chez les travailleurs des centres de tri regroupent des **irritations des yeux, de la gorge et du nez, de la toux sèche, des bronchites chroniques, de l'asthme, des pneumopathies d'hypersensibilité, « syndrome toxique des poussières organiques »** (en anglais : *Organic Dust Toxic Syndrome ODTs*), **une oppression thoracique, des symptômes pseudo-grippaux.**

Plusieurs études rapportent un lien entre les activités en centre de tri et une variation de la fonction pulmonaire. L'étude cas-témoins de Sigsgaard, Malmros, *et al.* (1994) relève une proportion accrue de travailleurs du tri des OM (population de 44 travailleurs) présentant une variation de la fonction pulmonaire ou bronchique supérieure à 20% comparativement au groupe témoin (population de 119 travailleurs des usines de purification d'eau). L'étude de Sigsgaard, Abel, *et al.* (1994) menée sur une population de 99 travailleurs de la valorisation des déchets et de la fabrication du papier rapporte que l'exposition à des particules organiques entraîne une baisse du VEMS (tous travailleurs confondus) au cours du poste de travail et que cette baisse est significativement associée à cette exposition. A l'inverse, l'étude cas-témoins de Marth *et al.* (1997) n'a révélé aucune différence dans la fonction pulmonaire, tant entre les différentes usines de traitement des déchets (117 employés de 5 usines différentes de prise en charge des déchets) que par rapport au groupe témoin (44 travailleurs de bureau d'une usine de transformation alimentaire). Cette étude est toutefois critiquable de par une présentation très parcellaire des résultats.

L'étude de Gladding, Thorn et Stott (2003) conduite sur une population de travailleurs de centres de tri britanniques montre une association entre des expositions aux bioaérosols (particules totales, endotoxines et (1→3)-b-D-glucane) et des risques accrus de symptômes respiratoires. Les résultats de cette étude indiquent également que **plus un travailleur est employé longtemps dans un centre de tri, plus il est susceptible de ressentir certains symptômes, tels que gorge rauque et desséchée, démangeaisons oculaires.**

Le tableau suivant (Tableau 22) présente les études chez des travailleurs en centres de tri ayant rapportés des atteintes respiratoires.

En complément, les données du RNV3P rapportent également des pathologies respiratoires chez les salariés du tri.

Tableau 22 : Description des études relatives aux effets respiratoires chez les travailleurs des centres de tri

Ref.	Population	Expositions	Mesure des effets	Résultats principaux
Petersen (1988) (Danemark) <b>Etude descriptive transversale</b>	12 employés chargés du tri manuel ( <u>trieurs</u> ) dans 4 centres de tri des déchets	NR	Plaintes rapportées	<i>(d'après Poulsen et al. (1995))</i> Poulsen rapporte que 3 employés se sont plaints de problèmes pulmonaires liés au travail ( <b>asthme et bronchite chronique</b> ) accompagnés de toux et d'éternuements
Malmros et al. (1991) (Danemark) <b>Etude descriptive transversale</b>	33 travailleurs* employés dans deux usines de tri de papier	particules organiques bactéries totales microorganismes totaux bactéries Gram- spores fongiques totales endotoxines	Plaintes rapportées	<i>(d'après Poulsen et al. (1995))</i> L'étude rapporte des signalements de problèmes pulmonaires, symptômes de type <b>ODTS, irritation des yeux et des muqueuses des voies respiratoires supérieures.</b>
Malmros, Sigsgaard et Bach (1992) (Danemark) <b>Etude descriptive transversale</b>	15 salariés d'une usine de tri affectés au tri manuel ( <u>trieurs</u> ) des OM	- microorganismes aéroportés totaux : > 20 000 UFC.m <sup>-3</sup> - particules totales : non précisé - bactéries Gram- aéroportées : > 6 000 UFC.m <sup>-3</sup> - moisissures aéroportées : 10 000 UFC.m <sup>-3</sup> - endotoxines : 480 ng.m <sup>-3</sup> <i>(données pour la réception et le tri manuel)</i>	Cas diagnostiqués (analyse des symptômes ; examens de la fonction respiratoire ; tests respiratoires, cutanés et sanguins pour les allergies)	9 salariés sur 15 ont développé des problèmes respiratoires sévères ( <b>irritations des yeux et de la gorge, toux nocturne, frissons et fièvre</b> ) après 6 mois de mise en service de l'usine : 8 cas d'asthme + 1 cas de bronchite chronique
Sigsgaard, Malmros, et al. (1994) (Danemark) <b>Cas-témoin</b>	20 travailleurs* d'usines de tri du papier (100% hommes), <i>groupe témoin de 119 travailleurs des usines de purification d'eau</i>	- particules organiques (mg.m <sup>-3</sup> ) totale : moy = 0,83 (ET = 0,57) - bactéries aéroportées (UFC.m <sup>-3</sup> ): moy = 4733 (ET = 5891)* - moisissures aéroportées (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 5229 (ET = 5449)* - bactéries Gram- totales (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 4092 (ET = 10092) - endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) : moy = 1,3 (ET = 1,5) (+ nombre d'échantillons = 18)	Plaintes rapportées (questionnaires) / exploration fonctionnelle respiratoire <i>Analyse variations du VEMS entre le début et la fin de poste</i>	Une prévalence significativement plus élevée d' <b>oppression thoracique</b> (14 %), de <b>symptômes pseudo-grippaux</b> (14%), de <b>démangeaisons oculaires</b> (27 %), de <b>démangeaisons nasales</b> (14%) et de <b>maux de gorge</b> est observée chez les travailleurs du tri des OM.  L'étude relève <b>une proportion accrue de travailleurs du tri des OM présentant une variation de la fonction pulmonaire ou bronchique supérieure à 20%.</b>

Ref.	Population	Expositions	Mesure des effets	Résultats principaux
	44 travailleurs* d'usines de tri des OM (40 hommes et 4 femmes) <i>groupe témoin de 119 travailleurs des usines de purification d'eau</i>	- particules organiques (mg.m <sup>-3</sup> ) totale : moy = 0,74 (ET = 0,77) - bactéries aéroportées (UFC.m <sup>-3</sup> ): moy = 46133 (ET = 125503)*+ - moisissures aéroportées (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 14372 (ET = 30990)* - bactéries Gram- totales (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 4828 (ET = 11514)* - endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) : moy = 2,5 (ET = 4,4) (+ nombre d'échantillons = 50)	Plaintes rapportées (questionnaires) / exploration fonctionnelle respiratoire <i>Analyse variations du VEMS entre le début et la fin de poste</i>	L'oppression thoracique ainsi que les OR de l'ODTS étaient significativement plus élevés chez les travailleurs du tri des OM  Aucune différence dans les OR d'asthme, de bronchite chronique ou de toux sèche chronique n'a été trouvée entre les groupes de travailleurs.
Sigsgaard, Abel, et al. (1994) (Danemark)	Population de 99 travailleurs* d'usines de valorisation des déchets et de la fabrication du papier <b>Tri de papier : n = 22</b> <b>Tri des OM brutes : n = 33</b> Compostage : n = 8 Production de papier : n = 36	→ particules organiques (mg.m <sup>-3</sup> ) : tri papier : moy = 1,5 (ET= 1,1) compostage : moy = 0,6 (ET= 0,5) tri OM brutes : moy = 0,7 (ET= 0,4) prod. papier : moy = 0,6 (ET= 0,4) → endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) tri papiers : moy = 1,7 (ET=1,1) compostage : moy = 1,8 (ET= 0,2) tri OM brutes : moy = 1,7 (ET= 1,5) → maximum relevé à 50 ng.m <sup>-3</sup> prod. papier : moy = 14,2 (ET=20,6)	Exploration fonctionnelle respiratoire <i>Analyse des variations du VEMS entre le début et la fin de poste</i>	Aucune différence significative n'a été observée dans les mesures de la fonction pulmonaire entre les différents groupes de travailleurs, sauf pour la CVF%, avec une différence significative constatée entre les travailleurs du tri du papier et ceux de la production de papier.  L'étude rapporte une <b>chute significative du VEMS</b> (tous travailleurs confondus) associée à des expositions à des concentrations élevées de particules organiques.  Aucune association significative n'a été trouvée entre l'exposition aux endotoxines et la diminution de la fonction pulmonaire.
Gladding et Coggins (1997) (Royaume-Uni) <b>Cas-témoins</b>	39 travailleurs* de 2 centres de tri (MRF) <i>groupe témoin de 16 agents de conditionnement</i>	particules organiques totales : jusqu'à 18 mg.m <sup>-3</sup> (individuelle) bactéries totales = jusqu'à 60.10 <sup>3</sup> UFC.m <sup>-3</sup> (ambiance) bactéries Gram- = jusqu'à 2.10 <sup>3</sup> UFC.m <sup>-3</sup> (ambiance) moisissures = jusqu'à 240.10 <sup>3</sup> UFC.m <sup>-3</sup> (ambiance) / 400.10 <sup>3</sup> (individuelle) (mesures dans les 2 centres de tri)	Plaintes rapportées (questionnaires) / exploration fonctionnelle respiratoire (mesures du débit de pointe)	Sur les 39 opérateurs des centres de tri, 51 % ont signalé une irritation nasale, 38 % une irritation de la gorge, 21 % une irritation des yeux, 38 % une toux sèche, 31 % des douleurs articulaires et 38 % se sont plaints de fatigue. Les auteurs estiment toutefois qu'il est difficile d'attribuer ces résultats à l'environnement de travail étant donné que le groupe de contrôle semble dépasser les centres de tri pour des symptômes tels que l'irritation de la gorge et des yeux.  Sur 39 opérateurs, 10 ont participé à la surveillance du débit de pointe. Presque tous ces individus ont montré une certaine variabilité, en particulier lorsqu'ils changeaient de poste au sein des

Ref.	Population	Expositions	Mesure des effets	Résultats principaux
				centres de tri, et deux opérateurs ont montré des diminutions de plus de 100 l/min en rapport avec leur travail. Les auteurs indiquent toutefois, que ces données nécessitent des analyses complémentaires.
Marth <i>et al.</i> (1997) (Autriche) <b>Cas-témoin</b>	Groupe "exposé" = 117 employés <sup>(a)</sup> de 5 usines de traitement des déchets (1 usine de compostage, 3 installations de tri des déchets, 1 décharge) <i>groupe témoin de 44 travailleurs de bureau d'une usine de transformation alimentaire</i>	pas de mesures	Plaintes rapportées (questionnaires) / exploration fonctionnelle respiratoire / tests sanguins d'allergie et inflammation	<p>Les travailleurs se plaignaient de troubles subjectifs tels que l'enrouement (38 %), la toux (35 %).</p> <p>Par rapport au groupe témoin, les risques <b>d'irritation oculaire</b> (OR : 6,418 [0,74-37,24]) et de <b>problèmes respiratoires</b> (OR : 2,087 [0,74-4,64]) étaient plus élevés mais non significatifs chez les employés des usines de traitement des déchets.</p> <p>La spirométrie n'a révélé <b>aucune différence dans la fonction pulmonaire</b>, tant entre les différentes usines de traitement des déchets que par rapport au groupe témoin.</p> <p>Les niveaux d'IgE mesurés chez les employés des centres de tri étaient augmentés mais aucune augmentation statistiquement significative des maladies allergiques n'a été constatée. Les niveaux d'IgE spécifiques aux allergènes de moisissures n'était pas significativement plus élevés chez les employés des installations de traitement des déchets que chez les membres du groupe contrôle.</p>
Gladding, Thorn et Stott (2003) (Royaume-Uni) <b>Etude de cohorte</b>	159 travailleurs <sup>(b)</sup> de 9 centres de tri (MRF) de matériaux séparés à la source ou en mélange (Royaume-Uni)	particules totales (mg.m <sup>-3</sup> ): moy =5,88 [0 – 45,02], endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) : moy =7,21 [0,19 – 36,11], B-glucanes (ng.m <sup>-3</sup> ) : moy =16,67 [0 – 81,82], (COV, champs électromagnétiques, les microorganismes totaux et viables, plomb, cadmium et mercure)	Plaintes rapportées (Interrogation de 159 travailleurs)	<p>→ Un risque accru d'irritation du nez et d'éternuement a été constaté chez les travailleurs exposés à des quantités plus importantes de particule totale.</p> <p>→ Les travailleurs exposés à des quantités élevées d'endotoxines présentent un risque accru de toux avec mucosités et de gorge rauque et desséchée par rapport aux travailleurs moins exposés.</p> <p>→ Parmi les travailleurs exposés à des quantités élevées de (1→3)-b-D-glucane des risques accrus de toux avec mucosités, de gorge rauque ou éraillée et d'oppression thoracique ont été constatés par rapport à ceux exposés à des quantités moindres.</p>

Ref.	Population	Expositions	Mesure des effets	Résultats principaux
				<p>→ Les résultats indiquent que plus un travailleur est employé longtemps dans un centre de tri, plus il est susceptible de ressentir certains symptômes, tels que <b>gorge rauque et desséchée, démangeaisons oculaires</b>.</p> <p>→ Certains symptômes, tels que <b>l'essoufflement</b> et les <b>symptômes pseudo-grippaux</b>, ont montré une tendance à l'augmentation de leur fréquence en fonction de la durée de l'emploi (non significative).</p>
HSE (2013) (Royaume-Uni)	100 travailleurs <sup>(c)</sup> de 7 centres de tri des déchets recyclables	/	Plaintes rapportées (questionnaires complétés par des entretiens)	<p>Les résultats de l'enquête de santé menée sur 100 travailleurs (dont 96 hommes), indiquent que :</p> <p>→ les problèmes de santé signalés comprenaient des symptômes respiratoires (essoufflement, nez bouché, toux grasse, sécheresse oculaire, écoulement nasal...)</p> <p>→ 84 % des travailleurs ont signalé des problèmes de santé qu'ils attribuaient à leur travail ; 15 % d'entre eux ont été vus par leur médecin généraliste.</p>
Eriksen (2023) (Norvège)	Travailleurs* de 6 centres de tri des déchets	Bioaérosols - prélèvements d'air	Questionnaire de santé (Eriksen, Afanou, Madsen, <i>et al.</i> 2023) - potentiel inflammatoire, biomarqueurs (Eriksen, Afanou, Straumfors, <i>et al.</i> 2023)	Des corrélations significatives entre les concentrations de champignons dans le groupe de risque 1 et les symptômes indésirables déclarés, tels que la <b>respiration sifflante</b> , ont été identifiées chez les travailleurs exposés.
<p>OM : ordures ménagères ; NR : non renseigné ; moy : moyenne ; ET : écart -type ; OR : Odds Ratio</p> <p>CVF : Capacité Vitale Forcée ; IgE : immunoglobuline E ; ODTs : <i>Organic Dust Toxic Syndrome</i> ; VEMS : Volume Expiratoire Maximal en une Seconde</p>				

*\*sans précision des postes occupés par les travailleurs étudiés ; (a) : Les résultats présentés dans cette étude sont parcellaires ; beaucoup d'informations sont énoncées dans le texte sans que les tableaux de données ne soient fournis ; les tableaux fournis ne détaillent pas les résultats par type de traitement des déchets alors que dans le texte ce type de précision est parfois indiqué. ; (b) : les travailleurs enquêtés occupent des postes variés selon la répartition suivante : pré-tri 5,7%, tri de matières plastiques 8,2%, tri du papier 17,0%, conducteur 10,1%, superviseur mixte/rotation 56,5%, manager 2,5%) ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des postes ; (c) : les travailleurs enquêtés occupent des postes variés (opérateurs, chefs d'équipe, chauffeurs) ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des postes*

#### 4.5.4 Maladies infectieuses et effets liés aux agents biologiques

Cette partie regroupe les études documentant le risque infectieux pour les travailleurs en centre de tri.

##### 4.5.4.1 Maladies infectieuses

Dans la littérature scientifique, une seule étude (Alonso *et al.* 2015) rapporte une épidémie d'origine bactérienne chez des travailleurs d'un centre de tri de déchets à Bilbao (Espagne). Il s'agit d'une épidémie de **fièvre Q** (fièvre, pneumonie et/ou hépatite) qui a touché plus de la moitié des travailleurs du centre. La source d'infection la plus probable était la présence ponctuelle de restes d'animaux parmi les résidus reçus pour le tri des déchets. La détection de l'agent causal de la fièvre Q, *Coxiella burnetii*, dans la poussière prélevée sur les surfaces des installations a confirmé l'exposition des travailleurs à l'intérieur du centre. Les auteurs jugent important de sensibiliser la population générale et les agriculteurs aux conséquences potentielles pour la santé publique d'une élimination inadéquate des carcasses d'animaux dans les déchets urbains (Cf. Tableau 23).

Tableau 23 : Description des études relatives aux infections bactériennes chez les travailleurs des centres de tri

Ref.	Population	Expos.	Mesure des effets	Résultats principaux
Alonso <i>et al.</i> (2015) <b>Etude de cas</b> (Espagne)	106 travailleurs <sup>(a)</sup> d'une usine de tri de déchets	poussière prélevée sur les surfaces des installations de l'usine → détection par qPCR de <i>Coxiella burnetii</i>	Tests sanguins (IgG ou IgM de <i>C. burnetii</i> phase II et analyses PCR) + questionnaire afin d'étudier les facteurs de risque d'exposition (sur le lieu de travail et ailleurs)	<p>→ L'épidémie de fièvre Q a touché 58,5 % des employés enquêtés, 47,2 % en tant que cas confirmés (PCR et/ou sérologie) et 11,3 % en tant que cas probables (symptômes sans confirmation en laboratoire).</p> <p>→ Seuls les employés qui n'avaient pas accès aux zones de traitement des déchets de l'usine n'ont pas été touchés.</p> <p>→ Mise en évidence d'un risque biologique lié à une élimination inadéquate des carcasses d'animaux dans les déchets urbains</p>

IgG : immunoglobuline G; IgM : Immunoglobuline M; PCR : *Polymerase Chain Reaction*

(a) au sein de l'usine, les travailleurs enquêtés sont affectés à des différents types d'activités : réception, tri et traitement biologique ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des activités et des postes

Deux études sur des populations d'employés de prise en charge des déchets municipaux (incluant les activités de tri sans plus de précision) (Dounias *et al.* 2005 ; Squeri *et al.* 2006) rapportent une association possible entre l'exposition professionnelle aux déchets et l'acquisition d'une infection par le virus de l'hépatite B (VHB).

Dounias *et al.* (2005) ont évalué dans une étude transversale la **prévalence des marqueurs biologiques de l'infection par le VHB (HbsAg, anti-Hbc, anti-Hbs)** et leur association avec l'exposition aux déchets chez 166 employés municipaux de Keratsini (Grèce). En dépit des limites de cette étude (transversale, faible effectif, pas d'étude des facteurs non professionnels d'hépatite B), ses résultats suggèrent que l'exposition professionnelle aux déchets est un facteur de risque possible pour l'acquisition d'une infection par le VHB et qu'il convient d'envisager la vaccination des travailleurs concernés, tout en reconnaissant que

l'immunisation à elle seule ne peut remplacer une pratique professionnelle sûre (Cf. Tableau 24).

Squeri *et al.* (2006) ont réalisé une **étude de séroprévalence de l'hépatite B et C, à partir d'échantillons de sang prélevés chez des travailleurs municipaux des déchets solides** à Messine (Italie), dans le but de vérifier l'hypothèse raisonnable d'un risque infectieux élevé pour ces maladies. Les sérums de 327 travailleurs chargés du balayage, de la collecte ou du traitement (sans précision des activités) des déchets ménagers, ont été analysés en vue de détecter la présence probable d'anticorps dirigés contre les VHB et de l'hépatite C (VHC). Les résultats montrent qu'un tiers des sujets examinés dans l'étude (106 travailleurs) ont été en contact avec le VHB. Les auteurs considèrent que ces observations justifient la nécessité de procéder à une prophylaxie vaccinale obligatoire contre le VHB dans cette catégorie de travailleurs (Cf. Tableau 24).

**Tableau 24 : Description des études relatives aux maladies virales chez les travailleurs des centres de tri**

Ref.	Population	Mesure des effets	Résultats principaux
Dounias <i>et al.</i> (2005) <b>Étude transversale Cas-témoins</b> (Grèce)	166 employés <sup>(a)</sup> municipaux de déchets solides <i>groupe témoin de 88 employés de bureau et d'ouvriers non exposés aux déchets</i>	Tests sanguins / marqueurs d'infection à l'Hépatite B (HBsAg, anti-HBc, anti-HBs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ La différence de prévalence des anticorps anti-HBc entre les employés municipaux exposés et non exposés était statistiquement significative.</li> <li>→ L'analyse de régression logistique a montré que l'exposition professionnelle aux déchets était associée de manière indépendante à la probabilité d'avoir des anticorps anti-HBc (+).</li> <li>→ Les travailleurs exposés aux déchets présentaient une probabilité d'anti-HBc (+) multipliée par 4.</li> <li>→ L'exposition professionnelle aux déchets peut être associée à l'acquisition d'une infection par le VHB.</li> <li>→ Recommandation de vaccination</li> </ul>
Squeri <i>et al.</i> (2006) (Italie)	327 travailleurs <sup>(b)</sup> municipaux des déchets solides	Tests sanguins / Mesure de la présence d'anticorps contre les virus de l'hépatite B et C	<p>L'analyse du statut sérologique des travailleurs montre que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 32,41 % de tous les sujets (soit 106 travailleurs) ont été exposés au VHB : 19 travailleurs avec des signes d'infection, 62 travailleurs avec des signes de guérison, 13 sujets porteurs chroniques, 7 travailleurs avec une hépatite B chronique, 5 travailleurs avec une co-infection VHB/VHC.</li> <li>→ 3 travailleurs avaient seulement des anticorps dirigés contre le VHC.</li> <li>→ Les auteurs recommandent de procéder à une prophylaxie vaccinale obligatoire contre le VHB dans cette catégorie de travailleurs.</li> </ul>

VHB : virus de l'hépatite B ; VHC : virus de l'hépatite C

(a) sans précision de leurs activités ; il est uniquement indiqué que ces travailleurs sont exposés aux déchets ; (b) au sein de l'usine, les travailleurs enquêtés sont affectés à des différents types d'activités : balayage, collecte et élimination des déchets ménagers ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des activités et des postes

En complément, les données identifiées au sein du RNV3PE font état d'une surreprésentation des PRT liées à des leptospiroses<sup>61</sup> et à des aspergillooses<sup>62</sup> dans le groupe des ouvriers travailleurs des ordures ménagères toutes étapes confondues. Quatre cas d'aspergillooses ont été identifiés parmi les travailleurs des OM sur 833 PRT (soit 4,8 cas pour 1000 PRT) versus 14 cas d'aspergillooses parmi les 96705 PRT des ouvriers hors OM (soit 0,14 cas pour 1000 PRT). De façon similaire, 3 cas de leptospiroses ont été identifiés parmi les travailleurs des OM sur 833 PRT (soit 3,6 cas pour 1000 PRT) versus 3 cas de leptospiroses parmi les 96705 PRT des ouvriers hors OM (soit 0,03 cas pour 1000 PRT). De plus, alors que les ouvriers du tri ne représentent que 71 PRT parmi les 833 PRT « travailleurs des OM », on compte parmi eux 2 des 4 cas d'aspergillooses et 2 des 3 cas de leptospirose.

En dépit du faible nombre de cas identifiés, ces données mettent en évidence le fait que les ouvriers du tri (et des activités de déchets en général) semblent plus sujets que les ouvriers d'autres secteurs à des maladies infectieuses telles que l'aspergilloose ou la leptospirose.

Ces données soulignent le fait que des erreurs de tri en amont peuvent induire un risque d'accident d'exposition aux fluides biologiques humains via la présence de seringues usagées ou de DASRI<sup>63</sup>, ou encore un risque de zoonoses en cas de présence de carcasses d'animaux ou d'animaux.

#### 4.5.4.2 Symptômes divers potentiellement liés aux agents biologiques

Les tableaux suivants (Tableau 25 et Tableau 26) présentent les études chez des travailleurs en centres de tri ayant rapportés des symptômes gastro-intestinaux ou cutanés. Les symptômes gastro-intestinaux sont très probablement liés aux expositions aux agents biologiques et les symptômes cutanés sont possiblement d'origine infectieuse mais un autre mécanisme ne peut pas être exclu.

La littérature relative à ces symptômes se rapporte exclusivement à des travailleurs de centres de tri danois et britanniques. La majorité des études sont anciennes puisqu'elles ont été publiées avant les années 2000. La plupart des études ne précisent pas les postes occupés par les travailleurs considérés, seulement le fait qu'ils sont employés dans un centre de tri.

D'après Poulsen *et al.* (1995), dès la fin des années 80, des problèmes gastro-intestinaux étaient rapportés pour les travailleurs danois chargés du tri manuel des déchets en centres de tri. Les pathologies et symptômes gastro-intestinaux observés chez les travailleurs des centres de tri regroupent des **principalement des nausées, vomissements et diarrhées**. Les études

---

<sup>61</sup> **La leptospirose est une maladie bactérienne transmise de l'animal à l'être humain via les urines. Les principaux réservoirs animaux sont les rats.** La maladie se manifeste par une fièvre élevée avec frissons, maux de tête, yeux très rouges, douleurs musculaires et douleurs articulaires, éventuellement une toux. De nombreuses formes cliniques, allant du syndrome grippal à l'atteinte multiviscérale avec syndrome hémorragique sont décrites. (adapté d'après le site de l'Institut Pasteur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/leptospirose>)

<sup>62</sup> **L'Aspergilloose est un terme qui regroupe les infections causées par des champignons appartenant au genre *Aspergillus*.** Bien que toute la population soit exposée à ces champignons, présents dans l'environnement sous forme de spores, ils ne deviennent pathogènes que dans certaines conditions, notamment en cas d'immunodépression ou de maladies pulmonaires chroniques. Les symptômes de l'aspergilloose sont très variables et peuvent inclure des symptômes respiratoires tels que la toux, une difficulté à respirer, des douleurs thoraciques mais également des signes généraux comme de la fièvre. (adapté d'après le site de l'Institut Pasteur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/aspergilloose>)

<sup>63</sup> déchets d'activité de soins à risques infectieux

disponibles indiquent que les activités en centre de tri induisent un risque plus élevé de symptômes gastro-intestinaux pour les travailleurs impliqués. L'étude d'Ivens *et al.* (1997) suggère que les symptômes gastro-intestinaux seraient différents selon le type de centre de tri. Les auteurs observent une prévalence plus élevée de symptômes gastro-intestinaux chez les travailleurs des usines de tri du papier comparativement au tri du plastique. L'étude de Gladding, Thorn et Stott (2003) conduite sur une population de travailleurs de centres de tri britanniques montre une association entre des problèmes d'estomac et une exposition plus élevée au (1→3)-b-D-glucane. Les résultats indiquent que **plus un travailleur est employé longtemps dans un centre de tri, plus il est susceptible de ressentir certains symptômes, tels que problèmes d'estomac et diarrhées.**

Les symptômes cutanés rapportés sont des **démangeaisons**, sécheresse, éruption d'urticaire, ampoules, piqûres, rougeurs. Les études disponibles indiquent que les activités en centre de tri induisent un risque plus élevé de symptômes cutanés pour les travailleurs impliqués. Les résultats des tests cutanés ne montrent pas de spécificité chez les travailleurs des centres de tri.

Tableau 25 : Description des études relatives aux symptômes gastro-intestinaux chez les travailleurs des centres de tri

Ref.	Population	Expos.	Mesure des effets	Résultats principaux
Malmros <i>et al.</i> (1991) (Danemark) <b>Etude descriptive transversale</b>	33 travailleurs* employés dans deux usines de tri de papier	particules organiques bactéries totales microorganismes totaux bactéries Gram- spores fongiques totales endotoxines	Plaintes rapportées	(d'après Poulsen <i>et al.</i> (1995)) → Signalement de problèmes gastro-intestinaux
Sigsgaard, Malmros, <i>et al.</i> (1994) (Danemark) <b>Cas-témoin</b>	44 travailleurs* en centre de tri des déchets (40 hommes et 4 femmes) <i>groupe témoin de 119 travailleurs des usines de purification d'eau</i>	- particules organiques (mg.m <sup>-3</sup> ) totale : moy = 0,74 (ET = 0,77) - bactéries aéropartées (UFC.m <sup>-3</sup> ): moy = 46133 (ET = 125503)* - moisissures aéropartées (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 14372 (ET = 30990)* - bactéries Gram- totales (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 4828 (ET = 11514)* - endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) : moy = 2,5 (ET = 4,4) (+ nombre d'échantillons = 50)	Plaintes rapportées (questionnaires) / exploration fonctionnelle respiratoire (au début et à la fin de la période de travail)	Plusieurs symptômes <b>gastro-intestinaux (nausées, vomissements, diarrhées)</b> étaient significativement plus fréquents chez les travailleurs du tri des ordures que chez les sujets témoins. → L'OR pour ces symptômes sur le lieu de travail était significativement plus élevé chez les travailleurs du tri des ordures ménagères. Nausées : OR = 8 (18,2% des travailleurs) Vomissements/diarrhées : OR = 12 (27,3 % des travailleurs)
Ivens <i>et al.</i> (1997) (Danemark) <b>Etude transversale</b>	234 travailleurs* de 46 usines de tri ; - tri du papier : 103 travailleurs - tri du verre : 96 travailleurs - tri du plastique : 58 travailleurs	Questionnaire sur les conditions de travail et les expositions.	Plaintes rapportées (entretiens téléphoniques)	→ Le travail en centre de tri du papier est significativement associé à des cas de <b>diarrhée</b> (PPR : 2,7 [1,3 ;5,2] ; p<0,01). → Le travail en centre de tri du plastique a été associé à des <b>nausées</b> , (PPR : 1,8 [1,2 ;2,6] ; p=0,01), de manière non significative et légèrement associé à des <b>diarrhées</b> (PPR : 1,4 [0,72 ;2,7] ; p=0,34) → Le travail en centre de tri du verre a été légèrement associé à des diarrhées (PPR : 1,2 [0,59 ;2,3] ; p=0,67) → Les symptômes gastro-intestinaux diffèrent selon le type de centre de tri. La prévalence la plus élevée de symptômes gastro-intestinaux a été signalée chez les travailleurs des usines de tri du papier. → Cette étude confirme le lien entre les symptômes gastro-intestinaux et le travail dans le de la valorisation des déchets

Sigsgaard, Malmros, et al. (1994) (Danemark) <b>Cas-témoin</b>	20 travailleurs* du tri du papier, 40 travailleurs* de la manutention des déchets (tri des OM) groupe témoin de 119 travailleurs des usines de purification d'eau	<p>→ particules organiques (mg.m<sup>-3</sup>) : tri papier = moy = 0,83 (ET= 0,57) tri OM brutes : moy = 0,74 (ET=0,77)</p> <p>→ microorganismes totaux (UFC.m<sup>-3</sup>) tri papier : moy= 4,7.10<sup>3</sup> (ET=5,9.10<sup>3</sup>) tri OM brutes : moy = 46,1.10<sup>3</sup> (ET= 125,5.10<sup>3</sup>)</p> <p>→ endotoxines (ng.m<sup>-3</sup>) tri papier : moy = 1,3 (ET=1,5) tri OM brutes: moy = 2,5 (ET= 4,4)</p>	Plaintes rapportées (questionnaires) + Recherche de métaux lourds et d'oligo-éléments dans le sang	<p>→ Pour les employés du tri des OM, les <b>symptômes gastro-intestinaux</b>, à savoir avoir déjà souffert de vomissements ou de diarrhée en relation avec le travail, étaient significativement plus fréquents que dans le groupe témoin. Les OR <b>nausée/diarrhée</b> : 7,30 IC 95% : [2,50-21,3]. Les résultats ne sont pas communiqués dans la publication pour les travailleurs du tri du papier. Les auteurs concluent à un <b>risque plus élevé de symptômes gastro-intestinaux</b> chez ces travailleurs.</p> <p>→ Toutes les concentrations en métaux et oligo-éléments se situent dans la fourchette normale.</p>
Gladding, Thorn et Stott (2003) (Royaume-Uni) <b>Etude de cohorte</b>	159 travailleurs <sup>(a)</sup> de 9 centres de tri (MRF) de matériaux séparés à la source ou en mélange	particules totales, endotoxines, B-glucanes COV, champs électromagnétiques, microorganismes totaux et viables, plomb, cadmium et mercure	Plaintes rapportées (Interrogation de 159 travailleurs)	<p>→ Des <b>problèmes d'estomac</b> ont été associés à une exposition plus élevée au (1→ 3)-b-D-glucane.</p> <p>→ Les résultats indiquent que plus un travailleur est employé longtemps dans un centre de tri, plus il est susceptible de ressentir certains symptômes, tels que problèmes d'estomac et diarrhée.</p>
HSE (2013) (Royaume-Uni)	100 travailleurs <sup>(b)</sup> de 7 centres de tri des déchets recyclables	/	Plaintes rapportées (questionnaires complétés par des entretiens)	<p>Les résultats de l'enquête de santé menée sur 100 travailleurs (dont 96 hommes), indiquent que :</p> <p>→ les problèmes de santé signalés comprenaient des <b>symptômes gastro-intestinaux</b> (diarrhées, vomissements, crampes d'estomac, nausées)</p> <p>→ 84 % des travailleurs ont signalé des problèmes de santé qu'ils attribuaient à leur travail ; 15 % d'entre eux ont été vus par leur médecin généraliste.</p>
OM : ordures ménagères ; NR : non renseigné ; moy : moyenne ; ET : écart -type ; OR : Odds Ratio				

\*sans précision des postes occupés par les travailleurs étudiés ; (a) : les travailleurs enquêtés occupent des postes variés selon la répartition suivante : pré-tri 5,7%, tri de matières plastiques 8,2%, tri du papier 17,0%, conducteur 10,1%, superviseur mixte/rotation 56,5%, manager 2,5%) ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des postes ; (b) : les travailleurs enquêtés occupent des postes variés (opérateurs, chefs d'équipe, chauffeurs) ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des postes

Tableau 26 : Description des études relatives aux symptômes cutanés chez les travailleurs des centres de tri

Ref.	Population	Expos.	Mesure des effets	Résultats principaux
Sigsgaard, Malmros, et al. (1994) (Danemark) <b>Cas-témoin</b>	44 travailleurs* du tri des déchets (40 hommes et 4 femmes) groupe témoin de 119 travailleurs des usines de purification d'eau	- particules organiques (mg.m <sup>-3</sup> ) totales : moy = 0,74 (ET = 0,77) - bactéries aéropoortées (UFC.m <sup>-3</sup> ): moy = 46133 (ET = 125503)* - moisissures aéropoortées (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 14372 (ET = 30990)* - bactéries Gram- totales (UFC.m <sup>-3</sup> ) : moy = 4828 (ET = 11514)* - endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) : moy = 2,5 (ET = 4,4) (+ nombre d'échantillons = 50)	Plaintes rapportées (questionnaires) / exploration fonctionnelle respiratoire (au début et à la fin de la période de travail)	Les symptômes cutanés étaient significativement plus fréquents chez les travailleurs du tri des OM, dont 14 % présentaient des <b>démangeaisons cutanées</b> plus d'une fois par mois, contre 10 % dans le groupe témoin (p < 0,05, test exact de Fisher).  Aucun de ces travailleurs n'a eu de test cutané fortement positif à un ou plusieurs allergènes, alors que 8 % des sujets témoins ont eu une ou plusieurs réactions cutanées fortement positives.
Sigsgaard, Hansen et Malmros (1997) (Danemark) <b>Cas-témoin</b>	20 travailleurs* du tri du papier, 40 travailleurs* de la manutention des déchets (tri des OM) groupe témoin de 119 travailleurs des usines de purification d'eau	→ particules organiques (mg.m <sup>-3</sup> ) : tri papier : moy = 0,83 (ET= 0,57) tri OM brutes : moy= 0,74 (ET =0,77) → microorganismes totaux (UFC.m <sup>-3</sup> ) tri papier : moy = 4,7.10 <sup>3</sup> (ET=5,9.10 <sup>3</sup> ) tri OM brutes : moy = 46,1.10 <sup>3</sup> (ET=125,5.10 <sup>3</sup> ) → endotoxines (ng.m <sup>-3</sup> ) tri papier : moy = 1,3 (ET=1,5) tri OM brutes: moy = 2,5 (ET=4,4)	Plaintes rapportées (questionnaires) + Prick tests cutanés (acariens et moisissures)	→ Pour les employés du tri des OM, les <b>démangeaisons cutanées</b> survenant plus d'une fois par an étaient significativement plus fréquentes, lorsque l'analyse tenait compte du tabagisme, de l'âge et des antécédents familiaux d'allergies (OR démangeaison peau : 3,78 IC 95% : [1,46-9,8]). Parmi ces travailleurs, 13,6 % ont ressenti une irritation de la peau plus d'une fois par mois, contre aucun chez les témoins, p < 0,05. Les auteurs concluent à un <b>risque plus élevé de symptômes cutanés</b> chez ces travailleurs.  → Pour les employés du tri du papier, les symptômes observés n'étaient pas significativement plus fréquents que dans le groupe témoin.  → Chez les travailleurs du tri, les réponses aux pricks tests cutanés étaient plus faibles que chez les témoins
HSE (2013) (Royaume-Uni)	100 travailleurs <sup>(a)</sup> de 7 centres de tri des déchets recyclables	/	Plaintes rapportées (questionnaires complétés par des entretiens)	Les résultats de l'enquête de santé menée sur 100 travailleurs (dont 96 hommes), indiquent que : → les problèmes de santé signalés comprenaient des <b>symptômes cutanés (sécheresse, démangeaisons, éruption d'urticaire, ampoules, piqûres, rougeurs...)</b> → 84 % des travailleurs ont signalé des problèmes de santé qu'ils attribuaient à leur travail ; 15 % d'entre eux ont été vus par leur médecin généraliste.

OM : ordures ménagères ; NR : non renseigné ; moy : moyenne ; ET : écart -type ; OR : Odds Ratio

\*sans précision des postes occupés par les travailleurs étudiés ; (b) : les travailleurs enquêtés occupent des postes variés (opérateurs, chefs d'équipe, chauffeurs) ; les résultats des analyses ne sont pas déclinés en fonction des postes

#### 4.5.5 Autres marqueurs biologiques

Dans la littérature scientifique, plusieurs études se sont intéressées à divers marqueurs biologiques : marqueurs clinico-biologiques chez les travailleurs exposés, marqueurs d'exposition spécifiques chez des travailleurs exposés, et marqueurs et tests *in vitro* à partir de divers prélèvements (métrologies atmosphériques, surfaciques, échantillons issus d'EPI).

##### 4.5.5.1 Concernant les marqueurs clinico-biologiques *in vivo* chez les travailleurs

Marth *et al.* (1997) se sont intéressés aux concentrations d'immunoglobuline E (IgE) totales et spécifiques aux allergènes de moisissures de travailleurs de plusieurs centres de traitements de déchets dont des centres de tri, en Autriche, en 1997. Les IgE totales étaient élevées chez les travailleurs de centre de tri, sans significativité statistique par rapport au témoin, sans augmentation significative des maladies allergiques, et l'incidence d'IgE spécifiques aux moisissures n'était pas non plus statistiquement significative par rapport à un groupe contrôle.

Gladding, Thorn et Stott (2003) se sont intéressés à la numération formule sanguine (NFS), à la vitesse de sédimentation et au taux d'IgE totales dans un sous échantillon de 45 travailleurs de différents centres de tri et de recyclage des déchets ménagers au Royaume-Uni en 2003, dans un contexte d'exposition aux particules organiques, aux endotoxines et aux glucanes. Les paramètres biologiques étaient globalement retrouvés dans les normes. Une **diminution significative du nombre de monocytes** et de la vitesse de sédimentation a été observée dans le centre le plus exposé (les auteurs émettent l'hypothèse d'un recrutement immunitaire des monocytes vers le tissu pulmonaire), sans élévation significative des IgE totales.

Plus récemment, Eriksen, Afanou, Straumfors, *et al.* (2023) se sont intéressés à des marqueurs immuno-inflammatoires (formule sanguine - numération leucocytaire, cytokines plasmatiques, protéine C-réactive (CRP)...) chez 69 travailleurs de centres de tri des déchets au Norvège en 2023, comparés à 25 témoins non exposés. Les travailleurs exposés présentaient des **taux significativement plus élevés de monocytes**, ainsi que des concentrations plasmatiques accrues de certaines cytokines pro-inflammatoires (IL-1Ra, IL-18 et TNF $\alpha$ ), après ajustement sur des facteurs de confusion (âge, sexe, IMC, tabagisme). Les autres paramètres (CCL2, ICAM-1, CRP, SP-D, procalcitonine) ne différaient pas significativement entre les groupes. Tous les dosages restaient globalement dans les valeurs de référence, sans expression clinique manifeste.

##### 4.5.5.2 Concernant les marqueurs d'exposition spécifiques chez des travailleurs exposés.

S. Viegas, Veiga, *et al.* (2015) se sont intéressés aux **taux sériques d'aflatoxine B1 (AFB1)** chez 41 travailleurs d'unités de traitement de déchets (tri, compostage, incinération) au Portugal en 2015, comparés à 30 témoins non exposés. Tous les travailleurs présentaient des taux détectables d'AFB1 dans le sérum, tandis que les témoins avaient des concentrations inférieures au seuil de détection. Les valeurs les plus élevées étaient observées dans les unités de tri et de compostage, bien que la différence entre unités ne soit pas significative. Ce dosage constitue une démarche s'apparentant à de la biométrie appliquée à un agent biologique, en l'occurrence une mycotoxine environnementale.

Les mêmes auteurs ont complété cette étude par un dosage d'autres mycotoxines chez les mêmes travailleurs en 2018, mettant en évidence la présence sérique **d'ochratoxine A (OTA), de 2'R-OTA (métabolite) et d'enniatine B (EnB)** chez l'ensemble des sujets. Les concentrations étaient faibles, comparables à celles retrouvées dans la population générale portugaise, et aucun groupe témoin n'était inclus.

#### 4.5.5.3 Concernant les marqueurs et tests *in vitro* à partir de divers prélèvements (métrologies atmosphériques, surfaciques, échantillons issus d'EPI)

Eriksen *et al.* (2022) se sont intéressés à **l'activation des récepteurs de l'immunité innée TLR (Récepteurs de type Toll - TLR2 et TLR4)** sur des lignées cellulaires HEK, exposées à des extraits de particules recueillies par métrologie atmosphérique individuelle chez des travailleurs d'un centre de tri de déchets ménagers en Norvège. Tous les échantillons testés induisaient une activation de TLR4, et 64 % une activation de TLR2, indiquant un potentiel inflammatoire élevé des bioaérosols. **Cette activation était corrélée à la concentration en particules totales, spores fongiques et actinobactériennes**, mettant en évidence une possible relation dose-réponse.

Afanou *et al.* (2023) se sont intéressés à **l'activation des récepteurs de l'immunité innée TLR2 et TLR4**, à partir d'échantillons de particules recueillies par métrologie atmosphérique individuelle dans quatre installations de recyclage de matériaux variés (cartons, plastiques, plâtres, bois, déchets organiques de jardin) en Norvège. Les extraits de particules recueillies chez 18 travailleurs ont été appliqués à des lignées cellulaires humaines HEK exprimant les TLR2 ou TLR4 couplés à un gène rapporteur NF- $\kappa$ B. **Une activation marquée de ces voies par tous les échantillons a été observée, en lien avec les niveaux de spores fongiques et d'endotoxines, ainsi qu'avec la diversité des espèces fongiques identifiées. L'étude met en évidence une corrélation entre la composition fongique des bioaérosols et leur capacité pro-inflammatoire.**

Dans le même article cité précédemment concernant les marqueurs immuno-inflammatoires *in vivo* (Eriksen, Afanou, Straumfors, *et al.* 2023), les auteurs se sont aussi intéressés à **l'activation des récepteurs de l'immunité innée TLR2 et TLR4**, à partir d'échantillons de particules recueillies par métrologie atmosphérique individuelle chez 56 travailleurs de centres de tri. **Une activation significative de ces voies a été observée pour environ un tiers des échantillons, avec une corrélation significative avec les niveaux de particules totales, d'endotoxines et d'ADN microbien** des échantillons.

Plusieurs publications de Viegas *et al.* se sont intéressées au potentiel cytotoxique et inflammatoire de divers prélèvements :

Dans C. Viegas *et al.* (2023), les auteurs ont évalué le **potentiel cytotoxique** de prélèvements environnementaux issus de six centres de tri des déchets, automatisés et non automatisés, en Norvège. Les auteurs ont évalué la cytotoxicité de 18 échantillons issus de métrologie atmosphérique individuelle, et de 11 échantillons de poussières sédimentées recueillies dans les centres de tri, à l'aide du test MTT sur les lignées A549 (épithélium alvéolaire pulmonaire) et HepG2 (hépatocytes). Une cytotoxicité élevée a été observée pour 6 % (n=1) des échantillons atmosphériques en A549, pour 18 % (n=2) des échantillons de poussières sédimentées en A549, et pour 45 % (n=5) de ces mêmes poussières sédimentées en HepG2. Il n'était pas retrouvé de cytotoxicité élevée pour les échantillons atmosphériques en lignée HepG2. **Les extraits de poussières présentaient une cytotoxicité globalement plus marquée que les filtres**, possiblement en lien avec leur plus forte charge microbienne.

Dans S. Viegas, Caetano, *et al.* (2017), les auteurs ont évalué le **potentiel cytotoxique et inflammatoire** de particules collectées dans plusieurs environnements professionnels (abattoirs, usine d'agroalimentaire pour animaux, etc.), dont un centre de tri de déchets situé au Portugal. Des échantillons de particules ont été recueillis par métrologie atmosphérique dans différentes zones du centre de tri (déchargement, cabine de tri), puis appliqués à des lignées de macrophages humains dérivés de cellules THP-1. La viabilité cellulaire de ces lignées a été évaluée par méthode colorimétrique, ainsi que la sécrétion de cytokines pro-inflammatoires (TNF- $\alpha$  et IL-1 $\beta$ ). **Une diminution significative de la viabilité cellulaire a été observée après exposition aux échantillons du centre de tri, traduisant un effet cytotoxique.** En revanche, aucune augmentation de la sécrétion de cytokines pro-inflammatoires n'a été mise en évidence pour ces mêmes échantillons.

Dans C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Kosicki, *et al.* (2020), les auteurs ont évalué le **potentiel cytotoxique de gants de protection mécanique** utilisés par des travailleurs d'un centre de tri des déchets au Portugal, en tant qu'indicateurs passifs d'exposition microbienne. Les gants, après utilisation, ont été analysés pour leur charge microbienne (champignons, bactéries, mycotoxines) puis des extraits de matière ont été appliqués à deux types de lignées cellulaires : des cellules de rein de porc (SK) et des cellules humaines de carcinome hépatique (HepG2). **Une cytotoxicité élevée (IC50 < 0.05 mm<sup>2</sup>/mL) a été observée pour 18 gants sur 57 en HepG2, et pour un seul gant en SK.** Cette étude montre que certains contaminants présents sur les gants utilisés en centre de tri (notamment d'origine fongique) sont susceptibles d'induire un effet cytotoxique.

Dans C. Viegas, Twarużek, Dias, Almeida, Carolino, Soszczyńska, *et al.* (2020), les auteurs ont évalué le **potentiel cytotoxique** de 118 masques de protection respiratoire filtrants utilisés par des travailleurs d'un centre de tri des déchets au Portugal, en tant qu'indicateurs passifs d'exposition microbienne. Des extraits de la couche interne des masques ont été appliqués à deux types de lignées cellulaires : des cellules humaines de type alvéolaire (A549) et des cellules de rein de porc (SK). La cytotoxicité a été évaluée par test colorimétrique MTT. **Une cytotoxicité a été observée pour 113 échantillons sur 118 en A549 (dont 81 avec cytotoxicité élevée), et pour 56 échantillons en SK (dont 5 avec cytotoxicité élevée).** Une **corrélation significative a été retrouvée entre la charge microbienne (bactérienne et fongique) et la cytotoxicité, notamment en cellules SK.**

Cette étude a été complétée par C. Viegas *et al.* (2021), où les auteurs ont évalué le potentiel cytotoxique des valves expiratoires des 118 masques, avec les mêmes méthodes. Une cytotoxicité significative a été observée pour 38 échantillons en A549 et pour 6 échantillons en SK. Comparativement à la couche interne des masques étudiés dans l'étude précédente, les valves présentaient une cytotoxicité moindre. Une corrélation significative entre la contamination bactérienne et la cytotoxicité a été retrouvée en cellules A549.

Les trois dernières études ont été complétées par C. Viegas, Twarużek, *et al.* (2022), où les auteurs ont cherché à **évaluer la contribution d'isolats fongiques d'*Aspergillus section Fumigati*** issus des mêmes dispositifs de protection (gants et masques) à la cytotoxicité d'extraits de ces supports, précédemment mise en évidence. Au total, 133 isolats ont été cultivés, extraits, puis testés sur deux lignées cellulaires (alvéolaires humaines A549 et rénales de porc SK) via le test MTT. Une cytotoxicité variable a été observée selon les isolats, sans différence significative entre les types de supports. **Les auteurs estiment la contribution des isolats d'*Aspergillus Fumigati* à la cytotoxicité totale à 10,7 % pour les lignées A549.**

Dans C. Viegas, Caetano, *et al.* (2020), les auteurs ont évalué les effets **cytotoxiques et inflammatoires** de filtres d'habitacles de chariots élévateurs (17 échantillons) utilisés dans un centre de tri des déchets au Portugal. Ces filtres ont été soumis à une extraction aqueuse,

dont les extraits ont ensuite été appliqués à des macrophages humains différenciés issus de la lignée THP-1. La viabilité cellulaire a été évaluée par un test colorimétrique WST-1, et la production de cytokines pro-inflammatoires (TNF- $\alpha$  et IL-1 $\beta$ ) a été mesurée. Une cytotoxicité modérée a été observée dans 7 cas sur 17, et une réponse inflammatoire marquée a été observée pour certains échantillons, notamment en TNF- $\alpha$ . **Ces réponses inflammatoires étaient corrélées à certaines espèces fongiques (*Alternaria brassicae*) et à une biodiversité bactérienne réduite.**

#### 4.5.5.4 Enseignements à tirer

Ces éléments de la littérature sont à ce jour difficiles à interpréter sur le plan de leur signification clinique. Néanmoins, certains résultats interrogent, voire alertent. Certaines études conduites en Norvège et au Portugal évoquent notamment le potentiel inflammatoire et cytotoxique d'échantillons prélevés dans des centres de tri (air, masques gants, filtres).

## 4.6 Accidents

Ce chapitre décrit de manière synthétique les types d'accidents survenus dans les centres de tri rapportés dans la littérature (Janès et Malet 2016 ; INRS 2018a), les bases de données en santé au travail (ARIA et Epicéa) et les auditions des parties prenantes.

Selon l'INRS (2018a), dans les centres de tri, 3 principaux facteurs sont à l'origine des risques d'accidents : (i) la proximité entre des machines potentiellement dangereuses (trémie, presse à balle...) et des personnels exerçant leur activité ; (ii) la circulation d'engins de manutention et de véhicules poids lourds voire de véhicules utilitaires légers ; (iii) l'hétérogénéité des déchets réceptionnés, même collectés sélectivement (objets indésirables) avec des anomalies (putrescibles, dangereux...).

Les accidents les plus fréquemment rapportés sont les **incendies et explosions** (*sources : Janès et Malet (2016), ED6098, ARIA, Auditions*). Dans les centres de tri, la présence de certains déchets indésirables tels que des bouteilles de gaz contenant des aérosols non vidés, des solvants ou des batteries ou piles au lithium constitue une source majeure d'accidents. Ces déchets peuvent provoquer des incendies violents ou des explosions, en particulier par phénomène de type BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*), qui correspond à une vaporisation à caractère explosif lorsque les contenants sont soumis à la chaleur ou à des pressions mécaniques. Les projections, l'inflammation de vapeurs ou de liquides, et la propagation rapide du feu sont aggravées par la densité de matériaux combustibles présents sur site (papiers, plastiques, cartons). Les sources d'inflammation sont multiples : étincelles, réactions chimiques, échauffements de surface ou équipements défaillants. Dans ces circonstances, les départs de feu peuvent être potentialisés par les éventuelles fortes chaleurs.

D'autres types d'accidents sont également rapportés :

Des **accidents liés à l'utilisation des équipements de travail (« accidents machines<sup>64</sup> »)**, principalement liés au fait qu'un élément en mouvement (parties mobiles de convoyeurs ou compacteurs) est susceptible d'entraîner une partie du corps du travailleur et de provoquer une blessure. Il peut ainsi arriver qu'un membre d'un travailleur soit happé/coincé dans le convoyeur ou qu'un travailleur se retrouve écrasé par une presse à balles ou un compacteur de papiers-cartons. Ces accidents sont plus fréquents lors des opérations de maintenance curative ou préventive ou lors des nettoyages/dépoussiérages, récupérations d'incidents de bourrages ou blocages. Ils concernent principalement des ouvriers non qualifiés (trieurs, manœuvres et manutentionnaires et caristes).

Des **collisions engin piéton** (chocs, écrasements, heurts), du fait de la circulation sur le site de divers véhicules et engins de manutention (chargeurs, bennes, pelles) à proximité de piétons. Il peut s'agir par exemple de collisions entre un chariot automoteur ou une chargeuse en marche arrière et un trieur ou un manutentionnaire évoluant à proximité de l'engin. Les 2 autres cas sont des accidents d'engins survenus au moment de la conduite de chariot automoteurs.

Des **renversements d'engins** (« accidents d'engins ») survenant par exemple au moment de la conduite de chariots automoteurs ou lors de la conduite de bulldozer à chenilles dans la fosse.

---

<sup>64</sup> Éléments mobiles de transmission d'énergie ou de mouvements des équipements de travail et/ou éléments mobiles concourant à l'exécution du travail (code du travail)

Des **coupures, piqûres** causées par la manipulation de déchets indésirables comme le verre cassé, des seringues ou métaux tranchants.

Des **chutes de hauteur**, notamment dans les fosses, trémies ou depuis les passerelles de circulation ou les quais de déchargement.

Des **chutes d'objets** depuis les convoyeurs, balles compactées en hauteur, ou équipements en hauteur.

Des **intoxications** liées à la présence de déchets chimiques (notamment des solvants).

## 4.7 Mesures de prévention des risques

La rédaction de ce chapitre s'est inspirée principalement des 3 documents suivants :

- ANACT : Mener une démarche de prévention des troubles musculosquelettiques (Anact 2013);
- INRS : Centres de tri de déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes séparées : Guide de prévention pour la conception (INRS 2018a) ;
- Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA) : Agents biologiques et prévention des maladies professionnelles : tour d'horizon (EU-OSHA 2019).

Considérant les risques sanitaires associés aux expositions, effets sanitaires et accidents rapportés dans les chapitres précédents, le tableau suivant recense des exemples de mesures ou pistes d'actions de prévention issus de documents institutionnels (INRS 2018a ; EU-OSHA, 2019 ; ANACT, 2013 ; Code du travail) ou de la littérature (Schlosser *et al.* 2015). L'existence de ces préconisations ne signifie pas leur mise en œuvre systématique sur le terrain.

**Tableau 27 : Exemples de mesures ou pistes d'actions de prévention associées aux risques identifiés dans les centres de tri (d'après INRS 2018a ; EU-OSHA 2019 ; Anact 2013 ; Code du travail ; Schlosser *et al.* (2015))**

Risques sanitaires	Exemples de mesures / pistes d'actions de prévention	Références
Risques liés à l'inhalation d'agents chimiques (ex : particules, gaz d'échappement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer une ventilation naturelle ou une extraction mécanique (selon les zones de travail)</li> <li>• Privilégier des engins de manutention électriques</li> <li>• Equiper les cabines des engins de manutention avec un filtre à air</li> </ul>	INRS (2018a)
Risques liés à l'exposition aux agents biologiques et odeurs (ex : infections respiratoires, symptômes gastro-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prévoir une fréquence optimale de collecte des déchets pour diminuer au maximum l'ancienneté des déchets à trier</li> </ul>	Schlosser <i>et al.</i> (2015)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer une ventilation naturelle ou une extraction mécanique (selon les zones de travail)</li> </ul>	Schlosser <i>et al.</i> (2015) INRS (2018a)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clarifier la réglementation et fixer des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)</li> </ul>	EU-OSHA (2019)

Risques sanitaires	Exemples de mesures / pistes d'actions de prévention	Références
intestinaux et cutanés)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place des mesures d'hygiène : séparation des salles de pause et des vestiaires, mise à disposition d'installations sanitaires et de toilettes appropriées et séparation des vêtements de travail et des autres vêtements</li> <li>• Mettre à disposition des équipements de protection individuel (EPI) appropriés et contrôler leur utilisation</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyer et entretenir régulièrement les locaux et établir un contrat de dératisation avec obligation de résultats</li> <li>• Utiliser des systèmes ou véhicules fermés</li> </ul>	INRS (2018a)
Risques liés au bruit (ex : fatigue, surdité)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installer les équipements les plus bruyants éloignés des cabines de tri</li> <li>• Equiper les cabines avec des matériaux absorbants</li> <li>• Mettre à disposition des EPI appropriés et contrôler leur utilisation</li> </ul>	INRS (2018a)
Risques liés aux facteurs biomécaniques, organisationnels et relationnels (ex : TMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser des analyses ergonomiques du travail réel des trieurs en considérant leurs gestes professionnels dans leur intégralité (dimensions physiques, cognitive et psychologiques) afin de mieux cibler les actions de prévention.</li> <li>• Prévoir des stocks-tampon de faible volume pour régulariser le débit des déchets sur les convoyeurs</li> <li>• Prévoir des pauses durant un poste</li> </ul>	Anact (2013)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir une température confortable dans les cabines de tri</li> </ul>	INRS (2018a)
Risques accidentels (ex : accidents d'engins, chutes, incendies/explosion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place le protocole de sécurité pour la circulation des engins (art. R. 4515-1 à 11 du Code du travail)</li> <li>• Installer les moyens sécurisés d'accès et de travail en hauteur pour éviter les chutes</li> <li>• Proposer une combinaison adaptée de l'éclairage naturel et artificiel (NF EN 12464-1. Norme d'éclairage des lieux de travail intérieur)</li> <li>• Favoriser l'utilisation de caméras pour l'activité de contrôle visuel</li> <li>• Privilégier des sols anti-dérapants</li> <li>• Prévoir des moyens de lutte contre l'incendie, adaptés aux types de déchets, ainsi qu'un système de désenfumage.</li> </ul>	INRS (2018a)

Risques sanitaires	Exemples de mesures / pistes d'actions de prévention	Références
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installer un système de détection et d'alerte incendie par zones</li> </ul>	
Tous risques confondus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégrer la prévention des risques sanitaires dès la conception des centres tri</li> </ul>	INRS (2018a)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informer et former les travailleurs</li> </ul>	INRS (2018a)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborer en concertation avec les salariés et actualiser annuellement le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP)</li> </ul>	Code du travail, Section 1 : DUERP (Articles R4121-1 à R4121-4)

### **Focus sur la prévention des TMS**

Les principales mesures préventives recommandées par les ergonomes découlent des observations rappelées dans le chapitre 4.4.8 « Facteurs biomécaniques et organisationnels ». Pour l'Anact (2016), les mesures à privilégier sont « l'augmentation de l'effectif (prise en compte des absences), [...] la réduction des temps d'arrêt du process, l'augmentation de la qualité des produits traités (organisation de la collecte avec l'idée de réduire le compactage dans les bennes à ordures ménagères (BOM), politique de collecte des déchets) ». Il importe « d'engager, à chaque projet d'investissement, une démarche concertée avec les salariés en se basant sur la réalité du travail ».

Les préconisations de l'IRSST (1999) sont de :

- « remplacer les plates-formes de hauteur fixe par des plates-formes pouvant s'ajuster mécaniquement à la hauteur désirée, ce qui favorise la rotation des employés aux divers postes de travail,
- favoriser le rapprochement du point de préhension (évitant ainsi au travailleur l'obligation de maintenir la posture penchée) par la réduction de la largeur des convoyeurs, la diminution de la structure entre le travailleur et la courroie, la mise en place de déflecteurs qui dirigent le produit vers le travailleur, l'inclinaison de la surface du plan de travail vers le travailleur,
- régulariser le volume et la densité du matériel recyclable à trier par la mise en place d'un dispositif d'arrêt et/ou de réduction de la vitesse du convoyeur aux différentes étapes de tri ».

Pour réduire les conséquences de l'irrégularité du flux de déchets à trier, l'INRS (2018a) préconise de « prévoir des stocks-tampon de faible volume pour régulariser le débit et pallier les arrêts ponctuels en amont sur la ligne de production », ainsi que de « donner aux opérateurs la possibilité de diminuer la vitesse du convoyeur pendant un laps de temps limité ». Ainsi, les préventeurs soulignent que l'organisation du travail doit permettre aux trieurs de réguler leurs activités en fonction des aléas qui se présentent et de disposer des marges de manœuvre pour le faire.

## 5 Limites et incertitudes

Concernant le panorama général de la chaîne de prise en charge des ordures ménagères et l'identification d'une étape sur laquelle conduire une évaluation des risques sanitaires, les principales limites identifiées relèvent des points suivants :

**La stratégie de sélection de la bibliographie** (*incertitude liée à la consultation de documents de synthèse*) : La recherche bibliographique permettant de documenter les 8 grandes étapes de la chaîne de prise en charge des OM est partielle puisqu'elle s'est concentrée sur les revues et documents de synthèse publiés depuis 2009 du fait du volume important de publications identifiées. Il est classique de procéder à des restrictions de la bibliographie et le choix de cette date se justifie ici pour prendre en compte des données récentes, venant compléter les observations issues d'une revue systématique sur le sujet (Anzivino-Viricel *et al.* 2012) qui couvre une analyse des données publiées jusqu'en 2009. Néanmoins, la consultation croisée de données issues de la littérature scientifique, de la littérature grise et de bases de données en santé au travail a permis de limiter l'impact de ce choix pragmatique sur le résultat.

**Les difficultés de sélection et d'affectation des cas décrits dans les bases de données à une étape/activité professionnelle précise** (*incertitude liée à la finesse de la structuration de l'information dans les bases de données et à l'interprétation réalisée par le GT pour affecter les cas identifiés à l'une des 8 étapes*) : Une partie des données analysées (accidents de travail, expositions, pathologies) est issue de la consultation de plusieurs bases de données en santé au travail. Au-delà des limites inhérentes à la constitution de chacune des bases de données (le niveau de détail des cas recensés dans les bases est très hétérogène d'une base à l'autre voire au sein même d'une base), le mode de sélection des cas d'intérêt par le GT est source d'incertitudes dans le sens où il fait intervenir, pour chacune des bases consultées, des méthodes d'arbitrage des cas. Toutefois, ces interprétations ont été concertées, avec une stratégie d'inclusion définie collectivement, une sélection et affectation des cas nécessitant au minimum 2 avis convergents et une discussion collective des cas faisant l'objet de divergence ou de questionnements résiduels.

**La méthode mise en œuvre pour identifier l'étape à retenir pour la suite de l'expertise** (*incertitudes sur la liste des critères et sur leur mode d'évaluation*) : Le choix des critères à considérer pour réaliser l'analyse comparative des étapes a un impact important sur le résultat de l'analyse. Il n'est pas impossible que le GT ait omis un critère d'intérêt ou que la documentation identifiée ne permette pas de renseigner de manière optimale l'ensemble des critères choisis.

Toutefois, la prise en compte de la multiplicité des sources documentant les expositions, les effets sanitaires et les accidents vécus par les travailleurs permet de prendre en compte l'hétérogénéité de documentation des critères selon les étapes.

De plus, le choix de l'étape ne repose pas uniquement sur l'étude de ces seuls critères puisqu'il intègre une réflexion des experts sur la plus-value attendue de l'expertise en matière de documentation des risques et de prévention considérant le temps alloué pour mener à bien l'analyse des risques sanitaires.

Concernant l'analyse des risques sanitaires en centres de tri, les principales limites identifiées relèvent des points suivants :

**Les difficultés à identifier précisément les effectifs et les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles** des travailleurs. La consultation d'acteurs du secteur via la conduite d'audition n'a pas permis de compenser ce manque de données.

**La recherche bibliographique** réalisée ne peut prétendre à l'exhaustivité. Toutefois, une analyse systématique a été réalisée à partir des données issues de 2 bases de données bibliographiques (Pubmed et Scopus), et de 2 bases de données spécifiques (CAIRN, Psych'info).

**Peu de données françaises ont été identifiées dans la littérature**, mais la majorité restent des données européennes décrivant des situations de travail comparables à la situation française en dépit de quelques disparités en matière de déchets traités (le tri à la source peut être différent selon les pays).

**Les données identifiées sont majoritairement anciennes** alors que les centres de tri ont subi de profondes évolutions ce qui peut soulever des questionnements quant à la représentativité des observations (modalités de travail, données d'exposition, effets sanitaires, etc.). Les échanges conduits avec les acteurs de terrain ont permis d'actualiser certaines de ces observations.

**Hormis les risques biologiques, les données disponibles pour les autres facteurs de risques sont très limitées.** L'analyse des risques biologiques est limitée du fait de l'hétérogénéité des mesures d'exposition aux agents biologiques (liée à la nature des déchets manipulés, aux méthodes de mesures (échantillonnage, métrologie et analyse) et de l'absence de valeurs sanitaires de référence.

**Les données relatives aux expositions et aux effets sanitaires n'ont pas permis de quantifier les risques sanitaires associés aux activités en centres de tri.** L'expertise s'est toutefois attachée à comparer les niveaux d'exposition relevés dans la littérature avec les valeurs limites d'exposition professionnelles existantes pour les agents étudiés. La littérature disponible concernant spécifiquement les effets sanitaires pour les travailleurs des centres de tri étant limitée, les bases de données nationales en santé au travail ont été consultées afin de compléter ces éléments avec des données françaises.

## 6 Conclusions et recommandations

### 6.1 Conclusions

La chaîne de prise en charge des ordures ménagères comprend 8 étapes principales : collecte (par les services d'enlèvement), collecte en déchetteries, tri, recyclage, compostage, méthanisation, incinération, stockage.

Une analyse multicritère de ces étapes a permis de classer les étapes de « tri » et de « collecte en déchetterie » en priorité haute pour l'analyse des risques sanitaires pour les professionnels de la prise en charge des ordures ménagères. Toutefois seule l'étape du **tri** a fait l'objet d'une analyse approfondie des risques dans le cadre de cette expertise, en raison notamment des contraintes temporelles de l'expertise et de la disponibilité des données relatives aux expositions et conditions de travail.

L'étape de **collecte en déchetterie** concerne au total un nombre élevé de travailleurs exerçant leurs activités dans près de 5 000 installations réparties sur le territoire (France métropolitaine et DROM/COM<sup>65</sup>). Les déchetteries sont très hétérogènes, notamment quant à la taille et la diversité des déchets pris en charge (matériaux recyclables, déchets verts, piles électriques et batteries, pneumatiques, encombrants, appareils électriques et électroniques, gravats, tout-venant, déchets dangereux...) et les travailleurs sont peu nombreux sur chaque site. Cette étape soulève des questions concernant les effets sanitaires pour les travailleurs en lien avec la poly-exposition identifiée, notamment les risques sanitaires liées à la présence de déchets dangereux et aux situations de travail isolé et de conflits/agressions verbales voire physiques avec le public.

Concernant les 6 autres étapes, l'expertise a mis en lumière les éléments suivants :

- **Collecte** (par les services d'enlèvement) : il s'agit de l'étape la plus documentée, sur l'ensemble des thématiques d'intérêt (expositions, effets sanitaires, risques accidentels, prévention). Les effectifs de travailleurs y sont importants (plus de 40 000). Le GT et le CES rappellent que compte tenu de la nature des activités de collecte, notamment le fait qu'elles se déroulent nécessairement sur route sous circulation et au vu du nombre de travailleurs impliqués, cette étape demeure très accidentogène, avec des conséquences souvent graves. En complément, les évolutions des pratiques et des matériels de collecte sont associées à des évolutions des expositions et des risques, amenant le GT et le CES à soulever plusieurs points de vigilance concernant i) le développement de la pratique du monoripage, ii) le développement des collectes automatiques et iii) la réduction de la fréquence de collecte.
- **Recyclage** : très peu de données scientifiques relatives aux expositions et effets sanitaires ont été identifiées. Les matériaux traités au sein des différentes installations de recyclage sont très hétérogènes (papiers-cartons, plastiques, verre, métaux...) et les activités et procédés (ou opérations) industriels variés. Néanmoins, les effectifs de travailleurs estimés semblent importants et les questionnements autour de leur état de santé restent sans réponse.
- **Compostage et méthanisation** : avec l'entrée en vigueur récente (1<sup>er</sup> janvier 2024) de l'obligation du tri à la source des biodéchets et l'essor à venir de leur collecte séparée, une évolution à la hausse des activités de compostage et de méthanisation ainsi qu'une compétition entre elles pour la prise en charge de ces déchets sont probables.

<sup>65</sup> Départements et régions d'outre-mer et collectivités d'outre-mer

- **Incinération** : il s'agit d'une étape bien documentée dans l'ensemble mais le GT et le CES soulignent un manque de données relatives aux effets sanitaires potentiels liés au travail dans les installations depuis leur mise en conformité à partir de 2012 pour répondre à de nouvelles exigences en termes d'émissions environnementales.
- **Stockage** : l'évolution attendue des activités de stockage est à la baisse et les effectifs de travailleurs concernés par ces activités sont faibles comparativement à d'autres étapes.

Pour la plupart des étapes, le GT et le CES ont identifié une problématique sanitaire liée à la présence possible de déchets indésirables dans les OM (ex : batteries, DASRI<sup>66</sup>, bombes aérosols, bombonnes de protoxyde d'azote, fusées de détresse, amiante...) et des risques associés pour les travailleurs.

Le GT et le CES soulignent que l'obtention de données robustes sur les emplois est très difficile. La multi-activité de certains sites et l'entremêlement des flux de déchets ne permet pas toujours d'associer de façon certaine un travailleur à une des 8 étapes de prise en charge des OM. Les entreprises et les professionnels ne communiquent pas leurs données.

#### ■ Concernant l'évaluation des risques sanitaires pour les travailleurs des centres de tri :

Les travailleurs des centres de tri demeurent une population professionnelle difficile à caractériser, faute de données suffisantes. Néanmoins, certains éléments ont été mentionnés dans le cadre des auditions menées : précarité de la population de travailleurs, renouvellement élevé des personnels de tri, recours fréquent à la sous-traitance, à l'intérim et aux contrats d'insertion, implication de travailleurs étrangers parfois sans-papiers et avec un taux d'analphabétisation élevé. Il ressort des auditions que la proportion de femmes dans les postes de tri est plus importante que dans toutes les autres activités des déchets.

Les activités professionnelles exercées en centres de tri sont globalement les mêmes d'un site à l'autre.

Avec l'extension des consignes de tri pour le public, initiée en 2012-2013 dans le but d'incorporer les emballages alimentaires, les centres de tri ont été contraints de se moderniser. Les choix technologiques réalisés concernent notamment l'automatisation des chaînes de tri. Cette évolution des activités (robotisation ou automatisation) est notamment associée à un essor des activités de maintenance et nettoyage des installations ainsi qu'à une demande croissante de polyvalence des travailleurs susceptibles de faire émerger de nouveaux risques qu'il convient de clairement identifier.

##### ► Expositions

Les données recueillies soulignent la **polyexposition** des travailleurs en centre de tri, ceux-ci étant exposés à des agents chimiques, biologiques, physiques tels que le bruit, à des odeurs, à des facteurs biomécaniques, et des facteurs organisationnels. Les études documentant ces expositions ne précisent pas les conditions dans lesquelles le travail a été réalisé.

La très large majorité des études recensées sont européennes et portent sur les expositions aux **agents biologiques**. Cependant les données recueillies ne permettent pas d'évaluer précisément les expositions de ces travailleurs aux agents biologiques ni d'identifier des postes de travail plus ou moins exposés, du fait de la grande variabilité spatio-temporelle des

---

<sup>66</sup> déchets d'activité de soins à risques infectieux

concentrations liée à la multiplicité des déterminants des concentrations (nature des déchets manipulés, configuration des sites, conditions environnantes, ancienneté des déchets, effectivité du pré-tri par les particuliers, etc.) et de la variabilité des méthodes de mesures des agents biologiques qu'il s'agisse des méthodes culturales et des méthodes génomiques.

Toutefois, cette expertise met en évidence une problématique générale de niveaux d'exposition élevés des travailleurs en centre de tri aux agents biologiques et aux **endotoxines**. Pour ces dernières, les concentrations mesurées peuvent dépasser d'un facteur 100 les VLEP recommandées par l'Anses (Anses 2024). Concernant les agents biologiques pathogènes identifiés, les espèces prédominantes sont des pathogènes opportunistes, qui peuvent causer des infections en particulier si la résistance humaine est réduite. Le GT et le CES rappellent que pour les moisissures et bactéries aéroportées, « les connaissances actuelles ne permettent pas de définir une relation dose-effet précise et il n'existe de ce fait pas de valeur limite d'exposition professionnelle » (INRS 2023).

La présence de matière organique sur les déchets d'emballages ménagers (ex : pots/barquettes et films alimentaires) favorise le développement des bactéries et des endotoxines qui y sont associées, des moisissures, ainsi qu'une diversité microbienne plus importante. Ce développement est d'autant plus important que les conditions de températures sont élevées et la durée de stockage des déchets en amont / en centre de tri est longue.

Il n'est pas possible d'évaluer les expositions aux autres nuisances (agents chimiques, agents physiques, contraintes biomécaniques et organisationnelles) compte tenu du faible nombre d'études disponibles.

#### ► Effets sanitaires

Dans la littérature, aucune donnée française relative aux effets sanitaires des travailleurs en centres de tri n'a été identifiée. Les données sont majoritairement anciennes et issues de cohortes de travailleurs des pays nordiques (Danemark principalement). Peu d'études ont cherché à quantifier le lien entre le niveau d'exposition (notamment aux bioaérosols) et les effets observés. Aucune étude ne porte sur la santé des travailleurs exerçant leurs activités dans les centres de tri modernisés suite à l'extension des consignes de tri et à la tendance à la mécanisation des centres de tri.

Les pathologies principalement documentées sont les TMS, les atteintes respiratoires, les maladies infectieuses et plus particulièrement les symptômes fréquemment associés à ces maladies (atteintes gastro-intestinales et cutanées).

Les études relatives aux TMS sont plutôt récentes. Les principales atteintes observées (douleurs lombaires, membres supérieurs) sont caractéristiques du travail à la chaîne et marqueurs de cette organisation du travail.

Les pathologies et symptômes respiratoires observés chez les travailleurs des centres de tri nordiques et britanniques (irritations des yeux, de la gorge et du nez, toux sèche, bronchite chronique, asthme, pneumopathies d'hypersensibilité, « syndrome toxique des poussières organiques ») sont semblables à ce qui est observé dans d'autres secteurs exposant les travailleurs aux agents biologiques tels que les activités agricoles.

Les études traitant des risques d'infections et de symptômes associés (gastro-intestinaux et cutanés) pour les travailleurs des centres de tri soulignent que des erreurs de tri en amont peuvent induire un risque d'accident d'exposition aux fluides biologiques humains via la présence de seringues usagées ou de DASRI, ou encore un risque de zoonoses en cas de

présence de carcasses d'animaux dans les déchets pris en charge. Les travailleurs auditionnés ont rapporté la présence de rats dans les centres de tri. Plusieurs cas de leptospirose<sup>67</sup> et d'aspergillose<sup>68</sup> sont rapportés au sein du RNV3PE pour les ouvriers du tri. Ces travailleurs, et plus largement l'ensemble des travailleurs impliqués dans la prise en charge des OM semblent plus sujets que les ouvriers d'autres secteurs à ces maladies infectieuses.

En dépit du peu de documentation disponible concernant les atteintes à la santé mentale, des facteurs de pénibilité psychologique importants ressortent aussi bien en termes de charge mentale (conditions de travail difficiles, travail répétitif sous contrainte de temps) qu'en termes d'affects (nature des activités elle-même, travail à proximité des déchets) dans le cadre général de rapports sociaux fortement inégalitaires (possibles rapports hiérarchiques racistes et sexistes, statut d'emploi, mépris lié à l'illettrisme...).

Les éléments de la littérature relatifs aux marqueurs biologiques (allergie, inflammation, cytotoxicité) sont à ce jour difficiles à interpréter sur le plan de leur signification clinique. Certaines études conduites en Norvège et au Portugal évoquent toutefois le potentiel inflammatoire et cytotoxique d'échantillons prélevés dans l'air et sur du matériel présent en centres de tri (air, masques gants, filtres).

#### ► Accidents

Parmi les principaux risques d'accidents identifiés dans les centres de tri figurent les accidents liés aux coactivités sur le site - circulation d'engins, de véhicules et piétons – ainsi que les accidents liés aux interventions ou au travail à proximité d'équipements de travail avec des risques mécaniques. La présence de déchets « indésirables » dans les déchets collectés peut, selon leur nature, être source de risques de blessures (verre cassé, seringues) ou d'incendies/explosions (« bombes » aérosols, batteries au lithium).

#### ► Evaluation des risques sanitaires

Les données relatives aux expositions et aux effets sanitaires ne sont pas suffisantes pour quantifier les risques sanitaires associés aux activités en centre de tri. Toutefois l'expertise a mis en lumière des expositions non négligeables, des effets sanitaires et des typologies d'accidents appelant des recommandations en matière de prévention des risques.

#### ► Mesures de prévention spécifiques à certains risques professionnels

Le GT et le CES insistent sur l'importance de la prévention des risques de TMS dans ces activités et soulignent l'absence de recommandations en matière de prévention de la santé mentale des travailleurs en centres de tri, en dépit des risques identifiés.

---

<sup>67</sup> La leptospirose est une maladie bactérienne transmise de l'animal à l'être humain via les urines. Les principaux réservoirs animaux sont les rats (adapté d'après le site de l'Institut Pasteur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/leptospirose>).

<sup>68</sup> L'Aspergillose est un terme qui regroupe les infections causées par des champignons appartenant au genre *Aspergillus* (adapté d'après le site de l'Institut Pasteur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/aspergillose>).

## 6.2 Recommandations

### ■ Recommandations en termes de prévention :

En préambule, le GT et le CES soulignent que compte tenu de l'activité, les risques biologiques ne peuvent pas être supprimés et qu'il convient donc d'optimiser les mesures visant à réduire l'exposition des travailleurs et limiter la gravité des effets.

#### Pour l'évaluation des risques professionnels en centre de tri (selon Code du Travail) :

Dans l'évaluation réglementaire des risques professionnels pour les travailleurs des centres de tri, **il convient de bien appréhender les risques biologiques** afin de prendre les dispositions nécessaires pour assurer la sécurité et la protection de la santé des travailleurs à long terme.

Afin d'appuyer ce repérage des risques, il est possible de se référer à l' « Outil d'évaluation des risques biologiques »<sup>69</sup> développé par l'INRS, à l'outil OIRA spécifique aux activités de tri et collecte des déchets (EU-OSHA) et de bénéficier de l'accompagnement d'un Service de Prévention et de Santé au Travail. Ces risques sont à intégrer au DUERP<sup>70</sup>, en vue de mettre en place un plan d'actions pour leur réduction.

Plus largement, dans la perspective d'améliorer l'appréhension globale des risques, le GT et le CES insistent sur la pertinence de la recommandation INRS<sup>71</sup> de **recueillir la parole des salariés lors de l'élaboration du DUERP** afin notamment de mieux comprendre les situations de travail et de définir des mesures de prévention au plus près du travail réel.

#### Dans le cadre de la mise en œuvre d'actions de prévention :

Le GT et le CES rappellent l'importance d'intégrer les mesures de prévention **au moment de la conception ou de la réhabilitation** des centres de tri. A ce titre, ils recommandent de se référer aux préconisations ou pistes d'actions proposées par l'INRS dans un guide de prévention pour la conception des centres de tri des déchets ménagers<sup>72</sup>.

Le GT et le CES suggèrent également d'**inclure les travailleurs dans la construction des processus de prévention afin de valoriser les savoir-faire de prudence**<sup>73</sup> et leur expérience de terrain, de développer des outils de travail adaptés et acceptables et de reconnaître les collectifs et leurs valeurs. L'expression des salariés peut s'organiser dans le cadre du droit à l'expression directe et collective sur le contenu, les conditions d'exercice et l'organisation de leur travail ; défini dans le Code du Travail (articles L2281-1 à L2281-11, et Articles L2282-1 à L2282-3).

Au vu des **risques de TMS identifiés**, notamment dans les activités de tri, le GT et le CES recommandent de mettre en œuvre des mesures d'aménagement du poste de travail et une organisation du travail permettant d'assurer une prévention optimale de ces pathologies (cf 4.7).

En lien avec la problématique de développement de microorganismes associée à la durée d'entreposage :

<sup>69</sup> <https://www.inrs.fr/publications/outils/evalrb/outil.html>

<sup>70</sup> Document Unique d'Évaluation des Risques Professionnels

<sup>71</sup> <https://www.inrs.fr/publications/juridique/focus-juridiques/focus-juridique-document-unique-evaluation-risques.html>

<sup>72</sup> INRS 2018 - Centre de tri des déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes séparées – Guide de prévention pour la conception – ED 6098 – octobre 2018. 57p.

<sup>73</sup> Manières acquises par l'expérience par lesquels les travailleurs arrivent à préserver leur santé – ajustements informels

→ Le GT et le CES alertent les collectivités sur le fait que **la diminution de la fréquence des collectes entrainera nécessairement, particulièrement en été, un développement des micro-organismes** présents dans les déchets collectés et donc avoir un impact sur les expositions des trieurs (comme sur celle en amont des ripeurs).

→ Le GT et le CES recommandent de **limiter la durée de stockage des déchets** :

- dans les poubelles sélectives des emballages ménagers avant leur collecte ;
- dans les centres de tri, et de favoriser l'approche FIFO « first in first out » dite PEPS en français (« premier entré premier sorti »).

En lien avec l'évolution des activités :

Considérant que :

- la mécanisation de certaines tâches et/ou la modification de l'organisation du travail permettent de réduire les expositions des travailleurs affectés au tri en limitant leur contact direct avec les déchets ;
- le travail à proximité de machines en mouvement<sup>74</sup> (convoyeur à bandes ou à rouleaux, presse à balles ou compacteur) peut être à l'origine d'accidents susceptibles d'entraîner des dommages graves ;
- des **interventions de maintenance et de nettoyage des machines et installations** demeurent néanmoins nécessaires et que les travailleurs impliqués dans ces activités restent concernés par les principales expositions, effets et accidents identifiés dans cette expertise ;

le GT et le CES suggèrent **d'accompagner la polyvalence des activités** en centres de tri par des formations adéquates et de sensibiliser les travailleurs aux risques encourus.

#### ■ **Recommandations pour le suivi de la santé des travailleurs en centres de tri :**

A l'attention des employeurs :

→ Au vu des expositions identifiées, le GT et le CES recommandent d'améliorer la traçabilité des expositions et rappellent que le mesurage réglementaire de l'exposition des travailleurs reste sous la responsabilité des employeurs.

→ Pour les salariés amenés à manipuler les déchets (trieurs et agents de maintenance et de nettoyage des machines et équipements), compte tenu des risques d'accident d'exposition au sang (AES), le GT et le CES recommandent, sur des considérations réglementaires, que les salariés bénéficient d'un suivi individuel renforcé (SIR)<sup>75</sup>.

A l'attention des médecins du travail :

→ Compte tenu des risques professionnels multiples identifiés dans les activités de tri et considérant qu'il s'agit souvent de populations de travailleurs vulnérables en raison de leur précarité et dont le suivi de santé est limité, le GT et le CES recommandent d'augmenter au besoin, en application de la réglementation, la fréquence du suivi médical en santé au travail de cette population.

<sup>74</sup> Éléments mobiles de transmission d'énergie ou de mouvements des équipements de travail et/ou éléments mobiles concourant à l'exécution du travail (code du travail)

<sup>75</sup> Code du travail, Article R. 4624-23 : [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000045676897](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000045676897)

D'après leur expérience, les experts du GT et du CES regrettent qu'en pratique, les travailleurs en contrats de travail précaires (CDD, saisonniers, intérimaires) ne rencontrent que rarement voire jamais de médecins du travail.

→ Au vu des expositions et atteintes sanitaires identifiées pour ces travailleurs, le GT et le CES invitent les professionnels de santé à évaluer la pertinence de préconiser :

- des examens complémentaires des fonctions respiratoire (spirométrie) et auditive (audiométrie) au recrutement et lors des visites de suivi médical ;
- la vaccination contre le virus de l'hépatite B ;

Selon l'évaluation du risque sur site (présence de rongeurs, fréquence de dératisation), il pourrait être pertinent de proposer la vaccination contre la leptospirose.

#### Aux Services de Prévention et de Santé au Travail :

→ Compte tenu notamment de la difficulté à interpréter les données d'exposition aux agents biologiques, le GT et le CES recommandent également une montée en compétences des équipes de prévention afin de mieux accompagner les entreprises du secteur dans l'évaluation des risques biologiques et de pouvoir préconiser des actions de prévention adaptées.

#### ■ **Recommandations concernant la réparation des maladies professionnelles**

Considérant la présence de rats dans les centres de tri et les cas cliniques de leptospirose documentés dans l'expertise, le GT et le CES **recommandent l'inclusion des travaux de tri et collecte des déchets dans la liste des travaux concernés par le Tableau de maladies professionnelles sur la leptospirose (RG 19).**

Compte tenu des risques infectieux liés à cette activité, le GT et le CES préconisent de sensibiliser les médecins du travail aux dispositifs de réparation existants pour faire reconnaître une maladie professionnelle<sup>76</sup> vers lesquels orienter les travailleurs le cas échéant.

#### ■ **Recommandations d'études et de recherche :**

##### Evaluation des risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de prise en charge des OM

Le GT recommande aux collectivités locales et aux institutions de recherche de :

- réaliser une étude approfondie des risques professionnels au sein des déchetteries ;
- produire des études ciblées par filières de recyclage de matériaux (verre, plastique, papiers-cartons...) dans l'objectif de caractériser les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans ces activités ;
- mener des études sur la santé des travailleurs (permanents et temporaires) impliqués dans les activités d'incinération, notamment pour les activités de maintenance et de nettoyage (en fonctionnement normal et lors des arrêts techniques) ;
- envisager à moyen terme (d'ici à 5 ans, le temps que les filières se structurent) une étude complète des risques sanitaires (pour les travailleurs et la population générale) liés au cycle de vie des déchets organiques, depuis le stockage à domicile, en passant

<sup>76</sup> modalités de dépôts de dossiers de demande de reconnaissance en Maladie Professionnelle via le système complémentaire

notamment par le compostage de proximité, jusqu'aux activités de méthanisation et compostage industriel et de valorisation de leurs produits.

Dans ce contexte, le GT et le CES soulignent l'intérêt pour les entreprises de participer à de telles études.

#### Acquisition de données

- ▶ Mieux caractériser les activités et les populations professionnelles dans les activités de prise en charge des OM

Afin de mieux comprendre la structuration, l'organisation et les activités professionnelles au sein des différentes étapes de prise en charge des OM ainsi que les propriétés sociodémographiques et professionnelles des travailleurs et les dimensions sanitaires, le GT et le CES recommandent aux pouvoirs publics d'inciter :

- les entreprises à rendre accessibles aux organismes de recherche et de prévention les données permettant de mieux caractériser les populations de travailleurs et réaliser des analyses statistiques : effectifs, statuts d'emploi, âge, trajectoires professionnelles...
- les services de santé au travail à mettre en place une vigilance concernant les travailleurs impliqués dans ces activités et à partager les connaissances recueillies (vigilance, plan régional santé travail...)

- ▶ Mieux caractériser les expositions en centres de tri

Le GT et le CES suggèrent aux organismes de recherche que soit réalisée une étude visant à évaluer les expositions des travailleurs dans les centres de tri en France, en tenant compte des différentes nuisances auxquelles ces travailleurs sont exposés. Ces études pourraient être l'occasion d'évaluer l'efficacité des recommandations de conception des centres de tri.

Dans ce contexte, il serait utile de favoriser le partage et l'accessibilité des informations existantes.

→ A cet effet, le GT et le CES recommandent aux professionnels du secteur de faciliter l'accès aux données d'exposition mesurées, au moins celles effectuées dans un cadre réglementaire (ex : cartes de bruit et zonage des installations, mesures d'empoussièrement conduites dans l'évaluation des risques chimiques).

→ En complément, le GT recommande aux pouvoirs publics d'organiser la centralisation des données d'exposition produites sur le territoire, et de les mettre à disposition sur demande afin d'alimenter des travaux d'analyse et de recherche publique. Cette recommandation concerne l'ensemble des secteurs d'activité, pas uniquement le travail dans les centres de tri.

Plus largement (tous secteurs d'activité confondus), d'un point de vue métrologique, le GT recommande de poursuivre les développements méthodologiques et le financement des programmes de recherche pour améliorer la mesure en routine des expositions individuelles aux bioaérosols, agents microbiologiques, à commencer par les endotoxines.

- ▶ Mieux caractériser les effets sanitaires

Le GT propose aux institutions concernées (agences sanitaires, organismes de recherche...) de mettre en place des études épidémiologiques pour le suivi des effets sanitaires à court et long terme chez les travailleurs des centres de tri en France. Dans ce cadre, il serait intéressant de prendre en compte les effets liés à la poly exposition, par exemple les effets potentiels liés aux interactions entre agents chimiques et agents biologiques et notamment leur effet sur la modulation des réponses immunitaires.

Au vu des données, le GT recommande de s'intéresser de manière plus approfondie aux cas d'aspergillose pour les travailleurs des centres de tri et de mener une étude visant à documenter le lien entre cette pathologie et le travail en centre de tri.

Compte tenu de l'absence d'étude spécifique sur la question de la santé mentale pour la population des travailleurs des centres de tri, le GT encourage la mise en place de recherches en la matière. Ces recherches devraient être attentives aux rapports entre organisation du travail, activités et santé mentale.

#### ■ **Communication et sensibilisation**

Un meilleur tri à la source c'est aussi moins de risques pour les travailleurs.

Le GT recommande au Ministère en charge de l'environnement, à l'ADEME, aux syndicats de traitement des déchets et aux collectivités territoriales d'organiser des campagnes de communication et de sensibilisation régulières à l'attention de la population générale afin de :

- rappeler l'importance de la qualité du tri à la source,
- vider les emballages (sans les rincer) afin de limiter la présence de matière biodégradable,
- rappeler que les poubelles de tri sélectif ne sont pas destinées à recevoir n'importe quelle catégorie de déchets et faciliter l'accès aux informations sur les types de déchets acceptés dans les différentes poubelles
- sensibiliser aux risques associés pour la santé et la sécurité des travailleurs de ce secteur d'activité (risques de coupures/piqûres et d'incendie/explosion).

## 7 Bibliographie

### 7.1 Publications

#### Références EndNote

- ADEME. 2021a. *La collecte des déchets par le service public en France. Résultats clés 2019 et zooms thématiques.*, 46.
- ADEME. 2021b. *MODECOM 2017. Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers et assimilés.* 62.
- ADEME. 2022. *Le traitement des déchets ménagers et assimilés en 2020. Exploitation des données de l'enquête sur les installations de traitement des déchets ménagers et assimilés en France en 2020.*, 24.
- ADEME. 2023a. *Déchets Chiffres-clés - Edition 2023* 84.
- ADEME. 2023b. *La collecte des déchets par le service public en France. Résultats 2021.*, 50.
- ADEME. 2023c. *Mémo des REP. données 2022.*, 9.
- ADEME. 2024a. *Bilan national du recyclage 2012-2021. Evolution du recyclage en France de différents matériaux : métaux ferreux et non ferreux, papiers et cartons, verre, plastiques, inertes du BTP, bois et textiles. Rapport principal.*, 161.
- ADEME. 2024b. *Le traitement des déchets ménagers et assimilés en 2022. Exploitation des données de l'enquête sur les installations de traitement des déchets ménagers et assimilés et de certains déchets d'activité économique en France en 2022.*, 32.
- Afanou, A. K., S. Mundra, E. L. F. Estensmo, I. Pedersen, J. R. Liland, E. Eriksen, P. Graff, T. T. Hildre, K. C. Nordby et A. Straumfors. 2023. "Divergent TLR2 and TLR4 Activation by Fungal Spores and Species Diversity in Dust from Waste Sorting Plants." *Applied and Environmental Microbiology* 89 (3). <https://doi.org/10.1128/aem.01734-22>.
- Alonso, E., I. Lopez-Etxaniz, A. Hurtado, P. Liendo, F. Urbaneja, I. Aspritzaga, J. I. Olaizola, A. Piñero, I. Arrazola, J. F. Barandika, S. Hernández, N. Muniozgueren et A. L. García-Pérez. 2015. "Q fever outbreak among workers at a waste-sorting plant." *PLoS ONE* 10 (9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138817>.
- Anact. 2013. *Guide méthodologique. Mener une démarche de prévention des troubles musculosquelettiques.* 40.
- Anact. 2016. « *L'amélioration des conditions de travail dans les activités du recyclage de déchets* » - Synthèse documentaire. 50.
- Anses. 2011. *Proposition de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Evaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesure des niveaux d'exposition sur le lieu de travail pour le monoxyde de carbone (N° CAS : 630-08-0) (Saisine n°2007-SA-0422).* (Maisons-Alfort), 79.
- Anses. 2016. *Moisissures dans le bâti (Saisine n°2014-SA-0016).* (Maisons-Alfort), 374.
- Anses. 2018. *Proposition de valeurs limites d'exposition en milieu professionnel - Évaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesure des niveaux d'exposition sur le lieu de travail pour le cadmium et ses composés (Saisine n°2007-SA-042).* (Maisons-Alfort), 134.
- Anses. 2019a. *Evaluation des risques sanitaires pour les professionnels du secteur de la gestion des déchets en France (Saisine n°2016-SA-0137).* Anses (Maisons-Alfort), 321.

- Anses. 2019b. *Valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Evaluation des effets sur la santé sur le lieu de travail pour les poussières dites sans effet spécifique (PSES) (Saisine n° 2017-SA-0148)*. (Maisons-Alfort), 92.
- Anses. 2022a. *Cahier des charges et questionnaire pour la réalisation de mesures de concentration en poussières sans effet spécifiques (PSES) en vue de la campagne de mesures envisagée par la Commission poussières. (Saisine 2022-SA-0114)*. (Maisons-Alfort), 40.
- Anses. 2022b. *Expertise en vue de la fixation de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Evaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesure des niveaux d'exposition sur le lieu de travail pour le plomb et ses composés inorganiques (Saisine n°2013-SA-0042)*. (Maisons-Alfort), 169.
- Anses. 2024. *Expertise en vue de la fixation de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Évaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesure des niveaux d'exposition sur le lieu de travail pour les endotoxines (Saisine n° 2012-SA-0075)*. (Maisons-Alfort), 108.
- Anzivino-Viricel, L., N. Falette, J. Carretier, L. Montestrucq, O. Guye, T. Philip et B. Fervers. 2012. "Domestic waste management: State of current knowledge and health effects assessment in general and occupational populations." *Environnement, Risques et Sante* 11 (5): 360-377. <https://doi.org/10.1684/ers.2012.0559>.
- Asante, B. O., B. Bath et C. Trask. 2018. "Trunk posture assessment during work tasks at a Canadian recycling center." *International Journal of Industrial Ergonomics* 68: 297-303. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.09.001>.
- Balty, I., N. Bertrand, C. David, Sarah Burzoni, Frédéric Clerc, Philippe Duquenne, Xavier Simon, V. Caron, Brigitte Facon et V. Renevot. 2015. "Valeurs guides endotoxines - Interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols." *Hygiène et Sécurité du Travail* 239: 46-50.
- Berg, A., M. Michalska, M. Tankiewicz, A. Staniszewski, J. Ratajczyk et L. Wolska. 2020. "Effect of carbon filter usage period on the secondary emission of bioaerosols." *Polish Journal of Environmental Studies* 29 (5): 3057-3069. <https://doi.org/10.15244/pjoes/113129>.
- Boudra, L. 2016. "Durabilité du travail et prévention en adhérence : le cas de la dimension territoriale des déchets dans l'activité de tri des emballages ménagers.", *Sociologie.*, Université de Lyon.
- Boudra, L., P. Beguin, B. Delecroix et V. Pueyo. 2019. "Taking into account the territory in occupational risks prevention. The case of work activity in waste sorting centers." *Travail Humain* 82 (2): 99-128. <https://doi.org/10.3917/th.822.0099>.
- Boudra, Leïla. 2020. "Le tri des déchets ménagers. Inégalités de genre et santé au travail." *Travail, genre et sociétés* 43 (1): 67-83. <https://doi.org/10.3917/tgs.043.0067>.
- Braęoszewska, E. 2019. "Exposure to bacterial and fungal aerosols: Microorganism indices in a waste-sorting plant in Poland." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (18). <https://doi.org/10.3390/ijerph16183308>.
- Braęoszewska, E. 2020. "The dose of fungal aerosol inhaled by workers in a waste-sorting plant in Poland: A case study." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010177>.
- Braęoszewska, E., I. Biedroń et W. Hryb. 2019. "Air quality and potential health risk impacts of exposure to bacterial aerosol in a waste sorting plant located in the mountain region of Southern Poland, around which there are numerous rural areas." *Atmosphere* 10 (7). <https://doi.org/10.3390/atmos10070360>.
- Braęoszewska, E., I. Biedroń et W. Hryb. 2020. "Microbiological air quality and drug resistance in airborne bacteria isolated from a waste sorting plant located in Poland—a case study." *Microorganisms* 8 (2). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020202>.

- Breum, N. O., H. Würtz, U. Midtgaard et N. Ebbenhøj. 1999. "Dustiness and bio-aerosol exposure in sorting recyclable paper." *Waste Management and Research* 17 (2): 100-108. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3070.1999.00008.x>.
- Černá, K., Z. Wittlingerová, M. Zimová et Z. Janovský. 2015. "Seasonal exposure to airborne fungi in paper sorting plant-case study in Czech Republic." 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM 2015.
- Černá, K., Z. Wittlingerová, M. Zimová et Z. Janovský. 2017. "Exposure to airborne fungi during sorting of recyclable plastics in waste treatment facilities." *Medycyna Pracy* 68 (1): 1-9. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00520>.
- CGEDD et CGE. 2020. *Les filières de recyclage de déchets en France métropolitaine*. 169.
- Chay, C. 2015. "Le travail des déchets : regards croisés sur une activité industrielle et environnementale." Sociologie, Université Toulouse-Jean Jaurès.
- Chay, Claire et Jens Thoemmes. 2015. "Waste sorting: between difficulties and potentialities of a new industrial profession
- La clasificación de los desechos: dificultades y potencialidades de una nueva profesión industrial
- Le tri sélectif des déchets : entre difficultés et potentialités d'une nouvelle profession industrielle." *SociologieS*. <https://doi.org/10.4000/sociologies.5026>.
- CIRE-Ile-de-France. 2008. *Installation de Stockage de Déchets Ménagers et Assimilés (ISDMA) de la Société FAYOLLE à Attainville (Val d'Oise) : Réponse de la Cire à la saisine de la DDASS (Version finale du 30 janvier 2008 intégrant les remarques du Département Santé Environnement de l'InVS)*. 31.
- CITEO & ADELPHE. 2021. *Rapport d'activité CITEO & ADELPHE 2020*. 104.
- CITEO & ADELPHE. 2024. *Rapport d'activité CITEO & ADELPHE 2023*. 104.
- Commission-d'évaluation-de-la-sous-déclaration-des-AT/MP. 2024. *Estimation du coût réel, pour la branche maladie, de la sous-déclaration des accidents du travail et des maladies professionnelles - Rapport au Parlement et au Gouvernement*. 180.
- COPACEL. 2022. *Rapport statistique 2021 de l'industrie papetière française*. 30.
- Cour des comptes. 2022. *Prévention, collecte et traitement des déchets ménagers : une ambition à concrétiser*. 216.
- Cunha, J., P. Carneiro et A. Colim. 2020. Ergonomic Assessment in Waste Sorting Jobs with Different Methods. Dans *Studies in Systems, Decision and Control*, : Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
- Cyprowski, M., A. Ławniczek-Wałczyk, A. Stobnicka-Kupiec et R. L. Górný. 2021. "Occupational exposure to anaerobic bacteria in a waste sorting plant." *Journal of the Air and Waste Management Association* 71 (10): 1292-1302. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1934185>.
- Cyprowski, M., A. Stobnicka-Kupiec, R. L. Górný, M. Gołofit-Szymczak, A. Ptak-Chmielewska et A. Ławniczek-Wałczyk. 2019. "Across-shift changes in upper airways after exposure to bacterial cell wall components." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 26 (2): 236-241. <https://doi.org/10.26444/aaem/106112>.
- David, C., A. EMILI, L. ALONSO, P. LOISON, G. MATER, P. DUQUENNE, J. CHERON, E. DURAND-BILLAUD, B. FACON, V. RENEVOT, S. MOULUT et S. NICOLAS. 2023. "Valeurs guides bactéries et moisissures cultivables : interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols." *Hygiène et sécurité du travail*: 9.
- De Vasconcelos Pinto, M. J., J. M. Veiga, P. Fernandes, C. Ramos, S. Gonçalves, M. M. Lemos Vaz Velho et J. Santos Guerreiro. 2015. "Airborne Microorganisms Associated with Packaging Glass Sorting Facilities." *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues* 78 (11): 685-696. <https://doi.org/10.1080/15287394.2015.1021942>.

- Degois, J. 2018. "Diversité microbienne dans les bioaérosols émis dans les centres de tri des déchets." Sciences de la Vie et de la Santé, Université de Lorraine.
- Degois, J., F. Clerc, X. Simon, C. Bontemps, P. Leblond et P. Duquenne. 2017. "First metagenomic survey of the microbial diversity in bioaerosols emitted in waste sorting plants." *Annals of Work Exposures and Health* 61 (9): 1076-1086. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxx075>.
- Degois, J., X. Simon, F. Clerc, C. Bontemps, P. Leblond et P. Duquenne. 2021. "One-year follow-up of microbial diversity in bioaerosols emitted in a waste sorting plant in France." *Waste Management* 120: 257-268. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.036>
- Dias, M. 2021. "Occupational exposure to fungi in waste sorting from Canada." Health technology, Institut polytechnique de Lisbonne.
- Domingo, J. L. et M. Nadal. 2009a. "Domestic waste composting facilities: a review of human health risks." *Environ Int* 35 (2): 382-9. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.07.004>.
- Domingo, J. L. et M. Nadal. 2009b. "Domestic waste composting facilities: A review of human health risks." *Environment International* 35 (2): 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.07.004>.
- Donham, K., P. Haglind, Y. Peterson, R. Rylander et L. Belin. 1989. "Environmental and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings." *British Journal of Industrial Medicine* 46 (1): 31. <https://doi.org/10.1136/oem.46.1.31>.
- Dounias, G., E. Kypraiou, G. Rachiotis, E. Tsovili et S. Kostopoulos. 2005. "Prevalence of hepatitis B virus markers in municipal solid waste workers in Keratsini (Greece)." *Occup Med (Lond)* 55 (1): 60-3. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi007>.
- Duquenne, Philippe, Xavier Simon, Catherine Coulais, Véronique Koehler, Jodelle Degois et Brigitte Facon. 2024. "Bioaerosol Exposure during Sorting of Municipal Solid, Commercial and Industrial Waste: Concentration Levels, Size Distribution, and Biodiversity of Airborne Fungal." *Atmosphere* 15: 461. <https://doi.org/10.3390/atmos15040461>.
- Eriksen, E. 2023. "Occupational exposure to bioaerosols in the waste sorting industry & potential exposure related health effects." Philosophiae, University of Oslo.
- Eriksen, E., A. K. Afanou, A. M. Madsen, A. Straumfors et P. Graff. 2023. "An assessment of occupational exposure to bioaerosols in automated versus manual waste sorting plants." *Environmental Research* 218. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115040>.
- Eriksen, E., A. K. Afanou, A. Straumfors et P. Graff. 2023. "Bioaerosol-induced in vitro activation of toll-like receptors and inflammatory biomarker expression in waste workers." *International Archives of Occupational and Environmental Health*. <https://doi.org/10.1007/s00420-023-01984-7>.
- Eriksen, E., P. Graff, I. Pedersen, A. Straumfors et A. K. Afanou. 2022. "Bioaerosol Exposure and in vitro Activation of Toll-like Receptors in a Norwegian Waste Sorting Plant." *Safety and Health at Work* 13 (1): 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.09.002>.
- Eriksen, E., A. M. Madsen, A. K. Afanou, A. Straumfors, A. Eiler et P. Graff. 2023. "Occupational exposure to inhalable pathogenic microorganisms in waste sorting." *Int J Hyg Environ Health* 253: 114240. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114240>.
- EU-OSHA. 18/12/2019 2019. *Exposition aux agents biologiques et effets sanitaires associés dans les secteurs de la gestion des déchets et du traitement des eaux usées*. <https://osha.europa.eu/en/publications/exposure-biological-agents-and-related-health-effects-waste-management-and-wastewater>.
- Gladding, T. et P. Coggins. 1997. "Exposure to microorganisms and health effects of working in UK materials recovery facilities - A preliminary report." *Annals of Agriculture and Environmental Medicine* 4 (1): 137-141.

- Gladding, T., J. Thorn et D. Stott. 2003. "Organic dust exposure and work-related effects among recycling workers." *American Journal of Industrial Medicine* 43 (6): 584-591. <https://doi.org/10.1002/ajim.10220>.
- Gollac, M. et Volfoff S. 2000. *Les conditions de travail. Collection Repères*.
- Gonzalez-Lafaysse, Linda. 2019. "Trieur industriel de déchets : un maillon de l'économie circulaire en quête de reconnaissance." *Ethnologie française* 49 (3): 581-596. <https://doi.org/10.3917/ethn.193.0581>.
- Hansen, K. K., V. Schlünssen, K. Broberg, K. Østergaard, M. W. Frederiksen, A. M. Madsen et H. A. Kolstad. 2023. "Exposure levels of dust, endotoxin, and microorganisms in the Danish recycling industry." *Ann Work Expo Health*. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxad025>.
- HSE. 2013. *Occupational Hygiene implications of processing waste at Materials Recycling Facilities (MRFs) - Exposure to bioaerosol and dust - RR977 - Research Report*. <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr977.pdf>, 41 p.
- INRS. 2007. "Affections respiratoires professionnelles non infectieuses dues aux agents biologiques. Secteur des déchets : collecte, tri et valorisation." *Documents pour le médecin du travail*: 8.
- INRS. 2014. *Etude de cas : Exposition aux substances chimiques et aux bioaérosols dans les centres de traitement thermique des déchets non dangereux*. 4.
- INRS. 2015. *Installations de traitement thermique des déchets non dangereux et DASRI : Risques chimiques et biologiques*.
- INRS. 2018a. *Centres de tri des déchets recyclables secs ménagers et assimilés issues des collectes séparées - Guide de prévention pour la conception - ED 6098 - Octobre 2018*. 57 p.
- INRS. 2018b. *Conception des déchèteries - Intégration de la santé et de la sécurité au travail*. 64.
- INRS. 2018c. "Intégrer la prévention des risques professionnels dans le projet national d'extension des consignes de tri - Etude de cas." *Hygiène et sécurité au travail* (n°250): 72 - 76.
- INRS. Avril 2019 2019a. *Centres de tri de déchets ménagers recyclables - Exposition aux déchets à risques infectieux - ED 6335*. 36 p.
- INRS. 2019b. *Intégrer la prévention des risques professionnels dans la gestion des déchets*. 42.
- INRS. 2022. *Filière des biodéchets alimentaires : Risques et prévention*. 52.
- InVS. 2005. "Stockage des déchets et santé publique : Synthèse et recommandations." : 40.
- IRSST. 1999. *Évaluation des risques à la santé et à la sécurité du travail dans les centres de tri des matières recyclables*. 90.
- IRSST. 2018. *Exposition des travailleurs aux substances chimiques et aux agents biologiques dans les usines de biométhanisation des matières organiques putrescibles : Évaluation exploratoire*. 98.
- Ivens, U. I., N. Ebbenhøj, O. M. Poulsen et T. Skov. 1997. "Gastrointestinal symptoms among waste recycling workers." *Annals of Agriculture and Environmental Medicine* 4 (1): 153-157.
- Janès, A. et F. Malet. 2016. "Evaluation and Mitigation of Fire and Explosion Risks due to the presence of Aerosol Cans in Metal Waste Recycling." *Hazards* 26.
- Kaliakatsos, D., G. Mirabelli et T. Pizzuti. 2015. "Noise risk assessment in the workplace: The case of a waste selection plant." *Noise and Vibration Worldwide* 46 (5): 8-17. <https://doi.org/10.1260/0957-4565.46.5.8>.

- Karamkhani, M., H. Asilian-Mahabadi, B. Daraei, A. Seidkhani-Nahal et A. Noori-Zadeh. 2020. "Liver and kidney serum profile abnormalities in workers exposed to aflatoxin B1 in urban solid waste management centers." *Environmental Monitoring and Assessment* 192 (7). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08422-y>.
- Kiviranta, H., A. Tuomainen, M. Reiman, S. Laitinen, A. Nevalainen et J. Liesivuori. 1999. "Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different types of waste handling." *Ann Agric Environ Med* 6 (1): 39-44.
- Kozajda, A., K. Jeżak, M. Cyprowski et I. Szadkowska-Stańczyk. 2017. "Inhalable dust, endotoxins and (1–3)-β-d-glucans as indicators of exposure in waste sorting plant environment." *Aerobiologia* 33 (4): 481-491. <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9484-4>.
- Kozajda, A., K. Jezak, M. Sowiak, B. Gutarowska et I. Szadkowska-Stańczyk. 2015. "Assessment of exposure to fungi in the heavily contaminated work environment (a solid waste sorting plant) based on the ergosterol analysis." *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 28 (5): 813-821. <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.00455>.
- Kozajda, A., K. Jeżak, M. Sowiak, B. Gutarowska et I. Szadkowska-Stańczyk. 2015. "Assessment of exposure to fungi in the heavily contaminated work environment (a solid waste sorting plant) based on the ergosterol analysis." *Int J Occup Med Environ Health* 28 (5): 813-21. <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.00455>.
- Krajewski, J. A., S. Tarkowski, M. Cyprowski, J. Szarapińska-Kwaszewska et B. Dudkiewicz. 2002. "Occupational exposure to organic dust associated with municipal waste collection and management." *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 15 (3): 289-301.
- Kuijper, P. P., J. K. Sluiter et M. H. Frings-Dresen. 2010. "Health and safety in waste collection: Towards evidence-based worker health surveillance." *Am J Ind Med* 53 (10): 1040-64. <https://doi.org/10.1002/ajim.20870>.
- Lavoie, J. et S. Guertin. 2001. "Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants." *Journal of the Air and Waste Management Association* 51 (3): 352-360. <https://doi.org/10.1080/10473289.2001.10464278>.
- Lehtinen, J., O. Tolvanen, U. Nivukoski, A. Veijanen et K. Hänninen. 2013. "Occupational hygiene in terms of volatile organic compounds (VOCs) and bioaerosols at two solid waste management plants in Finland." *Waste Management* 33 (4): 964-973. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.010>.
- Madsen, A. M., M. Raulf, P. Duquenne, P. Graff, M. Cyprowski, A. Beswick, S. Laitinen, P. U. Rasmussen, M. Hinker, A. Kolk, R. L. Górny, A. Oppliger et B. Crook. 2021. "Review of biological risks associated with the collection of municipal wastes." *Science of the Total Environment* 791. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148287>.
- Malmros, P., L. Nersting, C. Petersen et T. Sigsgaard. 1991. *Arbejds miljøforhold ved genavendelse af affald*. Danish Environmental Protection Agency (Copenhagen).
- Malmros, P., T. Sigsgaard et B. Bach. 1992. "Occupational health problems due to garbage sorting." *Waste Management & Research* 10 (3): 227-234. <https://doi.org/10.1177/0734242X9201000303>.
- Malta-Vacas, J., S. Viegas, R. Sabino et C. Viegas. 2012. "Fungal and microbial volatile organic compounds exposure assessment in a waste sorting plant." *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues* 75 (22-23): 1410-1417. <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.721175>.
- Mansdorf, S.Z., M.A. Golembiewski et M.W. Fletcher. 1982. "Industrial Hygiene Characterization and Aerobiology of Resource Recovery Systems."

- Marth, E., F. F. Reinthaler, K. Schaffler, S. Jelovcan, S. Haselbacher, U. Bibel et B. Kleinhappl. 1997. "Occupational health risks to employees of waste treatment facilities." *Annals of Agriculture and Environmental Medicine* 4 (1): 143-147.
- MEEM. 2016. *Guide d'aide à la rédaction d'un marché public de gestion de déchets produits par les administrations*. 28.
- Ministerialblatt, Arbeit und Soziales im Gemeinsamen. 2013. "TRBA (Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe) Nr. 214." : 978-989.
- Mol, M. P. G., S. Cairncross, D. B. Greco et L. Heller. 2017. "Is waste collection associated with hepatitis B infection? A meta-analysis." *Rev Soc Bras Med Trop* 50 (6): 756-763. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0010-2017>.
- Nabizadeh, R., A. Sorooshian, M. Delikhoon, A. N. Baghani, S. Golbaz, M. Aghaei et A. Barkhordari. 2020. "Characteristics and health effects of volatile organic compound emissions during paper and cardboard recycling." *Sustainable Cities and Society* 56. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.102005>.
- Nair, A. T. 2021. "Bioaerosols in the landfill environment: an overview of microbial diversity and potential health hazards." *Aerobiologia* 37 (2): 185-203. <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09693-9>.
- Ncube, F., E. J. Ncube et K. Voyi. 2017. "A systematic critical review of epidemiological studies on public health concerns of municipal solid waste handling." *Perspect Public Health* 137 (2): 102-108. <https://doi.org/10.1177/1757913916639077>.
- Nersting, L., P. Malmros, T. Sigsgaard et C. Petersen. 1991. "Biological health risk associated with resource recovery, sorting of recycle waste and composting." *Grana* 30 (2): 454-457. <https://doi.org/10.1080/00173139109432008>.
- Park, D., K. Lee, S. Ryu, S. Kim, C. Yoon et K. Ha. 2013. "Characteristics of particulate matter generated while handling municipal household waste." *Journal of Occupational Health* 55 (6): 503-510. <https://doi.org/10.1539/joh.13-0166-FS>.
- Park, D. U., S. H. Ryu, S. B. Kim et C. S. Yoon. 2011. "An Assessment of Dust, Endotoxin, and Microorganism Exposure during Waste Collection and Sorting." *Journal of the Air and Waste Management Association* 61 (4): 461-468. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.61.4.461>.
- Perná, K., Z. Wittlingerová et M. Zimová. 2020. "Fungal Contamination in the Working Environment of Waste Sorting Facilities: A Review." *Scientia Agriculturae Bohemica* 51 (4): 107-114. <https://doi.org/10.2478/sab-2020-0013>
- Petersen, C. . 1988. *Arbejds miljø ved sorteringsanlaeg—kortlægning*. Danish Environmental Protection Agency (Copenhagen), 63.
- Piccardo, M. T., M. Geretto, A. Pulliero et A. Izzotti. 2022. "Odor emissions: A public health concern for health risk perception." *Environmental Research* 204. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112121>.
- Porta, D., S. Milani, A. I. Lazzarino, C. A. Perucci et F. Forastiere. 2009. "Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste." *Environmental Health: A Global Access Science Source* 8 (1). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-60>.
- Poulsen, O. M., N. O. Breum, N. Ebbenhøj, A. M. Hansen, U. I. Ivens, D. van Lelieveld, P. Malmros, L. Matthiasen, B. H. Nielsen, E. M. Nielsen et et al. 1995. "Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes." *Sci Total Environ* 168 (1): 33-56. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04521-2](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04521-2).
- Poussières, Commission. 2023. *Rapport de la commission instituée par le décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique*. 152.

- Rahkonen, P. 1992. "Airborne contaminants at waste treatment plants." *Waste Management and Research* 10 (5): 411-421. [https://doi.org/10.1016/0734-242X\(92\)90115-2](https://doi.org/10.1016/0734-242X(92)90115-2).
- Rahkonen, P., Y. Malmén et M. Ettala. 1992. "Work safety in collection and transport of hazardous wastes." *Waste Management & Research* 10 (3): 217-226. <https://doi.org/10.1177/0734242X9201000302>.
- RECORD. 2001. *Etude des polluants atmosphériques émis dans deux centres de stockage des ordures ménagères : Caractérisation et mesure des niveaux d'exposition ; Mise au point d'outils de suivi en vue de l'évaluation des risques sanitaires*,. 372.
- Robertson, S., P. Douglas, D. Jarvis et E. Marczylo. 2019. "Bioaerosol exposure from composting facilities and health outcomes in workers and in the community: A systematic review update." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 222 (3): 364-386. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.02.006>.
- RUDOLOGIA. 2004. *Déchèterie communale ou intercommunale : maillon indispensable de la gestion des déchets ménagers*. 17.
- Saint-Ouen M., Camard JP., Host S., Grémy I. et Carrage S. 2007. *Le traitement des déchets ménagers et assimilés en Ile-de-France : Considérations environnementales et sanitaires*. Rapport ORS Ile-de-France, 210.
- Santos, V., J. P. Figueiredo, M. Vasconcelos Pinto et J. Santos. 2018. "Occupational exposure to bioaerosols in the waste sorting industry." International Symposium Occupational Safety and Hygiene, SHO 2018.
- Schlosser, O., I. Z. Déportes, B. Facon et E. Fromont. 2015. "Extension of the sorting instructions for household plastic packaging and changes in exposure to bioaerosols at materials recovery facilities." *Waste Management* 46: 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.022>.
- Schlosser, O., S. Robert et N. Noyon. 2020. "Airborne mycotoxins in waste recycling and recovery facilities: Occupational exposure and health risk assessment." *Waste Manag* 105: 395-404. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.031>.
- Siddiqua, A., J. N. Hahladakis et Waka Al-Attiya. 2022. "An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping." *Environ Sci Pollut Res Int* 29 (39): 58514-58536. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>.
- Sigsgaard, T., A. Abel, L. Donbaek et P. Malmros. 1994. "Lung function changes among recycling workers exposed to organic dust." *Am J Ind Med* 25 (1): 69-72. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700250118>.
- Sigsgaard, T., J. C. Hansen et P. Malmros. 1997. "Biomonitoring and work related symptoms among garbage handling workers." *Annals of Agriculture and Environmental Medicine* 4 (1): 107-112.
- Sigsgaard, T., P. Malmros, L. Nersting et C. Petersen. 1994. "Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 149 (6): 1407-1412. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.149.6.8004291>.
- Squeri, R., V. La Fauci, L. Sindoni, G. Cannavò et E. Ventura Spagnolo. 2006. "Study on hepatitis B and C serologic status among municipal solid waste workers in Messina (Italy)." *J Prev Med Hyg* 47 (3): 110-3.
- Szulc, J., M. Okrasa, K. Majchrzycka, M. Sulyok, A. Nowak, B. Szponar, A. Górczyńska, M. Ryngajło et B. Gutarowska. 2022. "Microbiological and toxicological hazard assessment in a waste sorting plant and proper respiratory protection." *Journal of Environmental Management* 303. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114257>.
- Van Kampen, V., F. Hoffmeyer, C. Seifert, T. Brüning et J. Bünger. 2020. "Occupational health hazards of street cleaners - A literature review considering prevention practices at the

- workplace." *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 33 (6): 701-732. <https://doi.org/10.13075/IJOMEH.1896.01576>.
- Viegas, C., L. A. Caetano, J. Cox, M. Korkalainen, S. R. Haines, K. C. Dannemiller, S. Viegas et T. Reponen. 2020. "The effects of waste sorting in environmental microbiome, THP-1 cell viability and inflammatory responses." *Environmental Research* 185. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109450>.
- Viegas, C., M. Dias, B. Almeida, L. Aranha Caetano, E. Carolino, A. Quintal Gomes, M. Twarużek, R. Kosicki, J. Grajewski, G. Marchand et S. Viegas. 2020. "Are workers from waste sorting industry really protected by wearing Filtering Respiratory Protective Devices? The gap between the myth and reality." *Waste Management* 102: 856-867. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.001>.
- Viegas, C., M. Dias, B. Almeida, E. Carolino, A. Q. Gomes et S. Viegas. 2020. "Aspergillus spp. burden on filtering respiratory protective devices. Is there an occupational health concern?" *Air Quality, Atmosphere and Health* 13 (2): 187-196. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00781-x>.
- Viegas, C., M. Dias, B. Almeida, E. Carolino et S. Viegas. 2020. "Aspergillus spp. presence on mechanical protection gloves from the waste sorting industry." *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 17 (11-12): 523-530. <https://doi.org/10.1080/15459624.2020.1834113>.
- Viegas, C., E. Eriksen, B. Gomes, M. Dias, R. Cervantes, P. Pena, E. Carolino, M. Twarużek, L. A. Caetano, S. Viegas, P. Graff, A. K. Afanou et A. Straumfors. 2023. "Comprehensive assessment of occupational exposure to microbial contamination in waste sorting facilities from Norway." *Front Public Health* 11: 1297725. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1297725>.
- Viegas, C., T. Faria, A. C. de Oliveira, L. A. Caetano, E. Carolino, A. Quintal-Gomes, M. Twarużek, R. Kosicki, E. Soszczyńska et S. Viegas. 2017. "A new approach to assess occupational exposure to airborne fungal contamination and mycotoxins of forklift drivers in waste sorting facilities." *Mycotoxin Research* 33 (4): 285-295. <https://doi.org/10.1007/s12550-017-0288-8>.
- Viegas, C., T. Faria, M. dos Santos, E. Carolino, A. Q. Gomes, R. Sabino et S. Viegas. 2015. "Fungal burden in waste industry: an occupational risk to be solved." *Environmental Monitoring and Assessment* 187 (4). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4412-y>.
- Viegas, C., P. Pena, B. Gomes, M. Dias, L. Aranha Caetano et S. Viegas. 2022. "Are In Vitro Cytotoxicity Assessments of Environmental Samples Useful for Characterizing the Risk of Exposure to Multiple Contaminants at the Workplace? A Systematic Review." *Toxics* 10 (2). <https://doi.org/10.3390/toxics10020072>.
- Viegas, C., M. Twarużek, M. Dias, B. Almeida, E. Carolino, R. Kosicki, E. Soszczyńska, J. Grajewski, L. A. Caetano et S. Viegas. 2020. "Assessment of the microbial contamination of mechanical protection gloves used on waste sorting industry: A contribution for the risk characterization." *Environmental Research* 189. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109881>.
- Viegas, C., M. Twarużek, M. Dias, B. Almeida, E. Carolino, E. Soszczyńska, I. Ałtyn, S. Viegas et L. A. Caetano. 2020. "Cytotoxic effect of filtering respiratory protective devices from the waste sorting industry: is in vitro toxicology useful for risk characterization?" *Environmental Research* 191. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110134>.
- Viegas, C., M. Twarużek, M. Dias, B. Almeida, E. Carolino, E. Soszczyńska, S. Viegas et L. Aranha Caetano. 2021. "Cytotoxicity of filtering respiratory protective devices from the waste sorting industry: A comparative study between interior layer and exhalation valve." *Environment International* 155. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106603>.
- Viegas, C., M. Twarużek, M. Dias, E. Carolino, E. Soszczyńska et L. Aranha Caetano. 2022. "Cytotoxicity of Aspergillus Section Fumigati Isolates Recovered from Protection

- Devices Used on Waste Sorting Industry." *Toxins (Basel)* 14 (2). <https://doi.org/10.3390/toxins14020070>.
- Viegas, S., L. A. Caetano, M. Korkalainen, T. Faria, C. Pacifico, E. Carolino, A. Q. Gomes et C. Viegas. 2017. "Cytotoxic and inflammatory potential of air samples from occupational settings with exposure to organic dust." *Toxics* 5 (1). <https://doi.org/10.3390/toxics5010008>.
- Viegas, S., L. Veiga, P. Figueiredo, A. Almeida, E. Carolino et C. Viegas. 2015. "Assessment of workers' exposure to aflatoxin B1 in a Portuguese waste industry." *Annals of Occupational Hygiene* 59 (2): 173-181. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meu082>.
- Wouters, I. M., S. Spaan, J. Douwes, G. Doekes et D. Heederik. 2006. "Overview of personal occupational exposure levels to inhalable dust, endotoxin,  $\beta(1\rightarrow3)$ -glucan and fungal extracellular polysaccharides in the waste management chain." *Annals of Occupational Hygiene* 50 (1): 39-53. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei047>.
- Würtz, H. et N. O. Breum. 1997. "Exposure to microorganisms during manual sorting of recyclable paper of different quality." *Annals of Agriculture and Environmental Medicine* 4 (1): 129-135.

## 7.2 Normes

AFNOR. 2003. *NF X 50-110 Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

## 7.3 Législation et réglementation

### CODE DE L'ENVIRONNEMENT :

Article L541-1-1

Article R. 541-8

Article R543-54

Article R. 541-50

### CODE GENERAL DES COLLECTIVITES TERRITORIALES

Article R2224-23

Article L2224-13

Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux

Loi n°92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement

Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement

Loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République

Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte  
Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire

Actu-environnement (définitions déchets – déchets verts)

Chiffres du site internet PAPREC : <https://www.paprec.com/fr/solutions/les-matieres-que-nous-valorisons/verre/la-collecte-du-verre/>

**La base SINOE®-Déchets** (<https://www.sinoe.org/>, consultée en avril 2022)

- **Les sites internet des fédérations de recyclage** telles que celles regroupées dans Alliance Recyclage<sup>77</sup>, autrement dit la Fédération des Industries du Verre<sup>78</sup>, Aluminium France<sup>79</sup>, A3M<sup>80</sup> et Copacel<sup>81</sup>.

---

<sup>77</sup> <https://alliance-recyclage.fr/ressources/infographies/>

<sup>78</sup> <https://fedeverre.fr/>

<sup>79</sup> <https://www.aluminium.fr/>

<sup>80</sup> <https://www.a3ms.fr/>

<sup>81</sup> <https://www.copacel.fr/>

---

# ANNEXES

---



## Annexe 1 : Cnam – Données des accidents du travail (AT) et de maladies professionnelles (MP) en France pour les secteurs considérés

Tableau 28 : Évolution du nombre d'AT et des effectifs de salariés pour les codes NAF ciblés - 2010 à 2021

Codes NAF	Paramètre	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
38.11Z Collecte des déchets non dangereux	Nb de salariés	38146	38613	39031	38508	38773	39246	38800	40150	39495	40536	40551	40630
	Nb AT en 1er règlement	3 185	2 962	2 882	2 607	2 705	2 611	2 723	2617	2635	2644	2235	2346
	Nb de nouvelles IP(*)	224	166	186	180	185	158	171	162	182	182	111	168
	Nb de décès	3	6	4	5	4	3	6	4	6	5	4	2
38.21Z Traitement et élimination des déchets non dangereux	Nb de salariés	14 493	14 763	15 244	15 246	14 997	15 138	15 522	15312	15032	15360	15061	15167
	Nb AT en 1er règlement	833	765	802	716	752	721	659	603	620	630	565	597
	Nb de nouvelles IP	54	65	67	55	53	67	48	54	43	49	32	47
	Nb de décès	1	0	1	3	1	2	1	1	1	1	0	1
38.32Z Récupération de déchets triés	Nb de salariés	23 268	24 236	25 001	25 023	24 799	24 931	24 788	27473	28391	29526	29935	30374
	Nb AT en 1er règlement	2 164	2 184	2 027	1 985	1 917	1 997	2 016	2001	2178	2026	1853	2081
	Nb de nouvelles IP	158	156	150	125	116	158	123	128	126	138	116	136
	Nb de décès	2	4	2	4	3	1	0	5	3	4	4	1

Tableau 29 : Évolution du nombre de Maladies professionnelles pour les codes NAF ciblés - 2010 à 2021

Codes NAF	Paramètre	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
38.11Z Collecte des déchets non dangereux	Nb MP en 1er règlement	85	105	114	92	111	116	117	104	125	122	101	125
	Nb de nouvelles IP	38	51	48	52	43	64	56	53	67	66	66	68
	Nb de décès	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nb de journées perdues	17 840	22 354	25 248	22 154	26 328	30 125	32 760	29 699	33 828	36 451	33 222	39 792
38.21Z Traitement et élimination des déchets non dangereux	Nb MP en 1er règlement	48	67	47	57	47	61	67	57	70	64	53	31
	Nb de nouvelles IP	19	29	28	27	26	31	17	34	26	33	35	27
	Nb de décès	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Nb de journées perdues	9 424	11 523	13 536	11 345	10 208	12 561	12 664	14 485	15 659	17 864	14 507	14 240
38.32Z Récupération de déchets triés	Nb MP en 1er règlement	88	70	88	86	104	100	113	94	97	126	85	101
	Nb de nouvelles IP	43	50	43	48	42	64	59	42	68	57	50	61
	Nb de décès	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Nb de journées perdues	17 343	16 614	17 828	19 505	19 627	18 869	20 493	21 609	19 907	29 716	30 913	34 880

## Annexe 2 : Sumer - Données sur les expositions des travailleurs des secteurs des ordures ménagères (OM) en France

Les graphes suivants décrivent les principales expositions pour les différents groupes de travailleurs considérés : ripeurs, chauffeurs de BOM, trieurs, agents de déchetterie et autres ouvriers (ouvriers hors secteur OM).

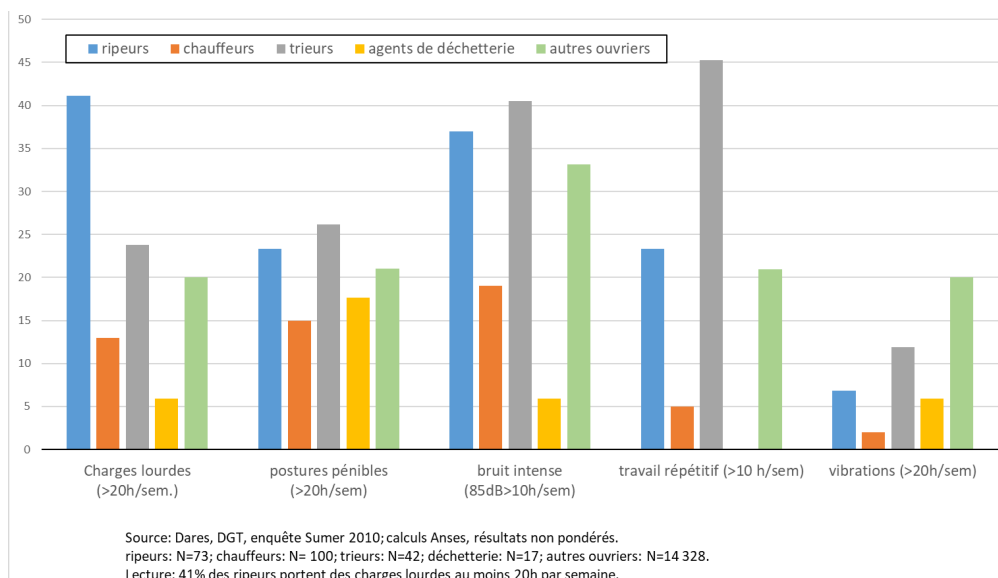


Figure 40 : Exposition aux contraintes physiques

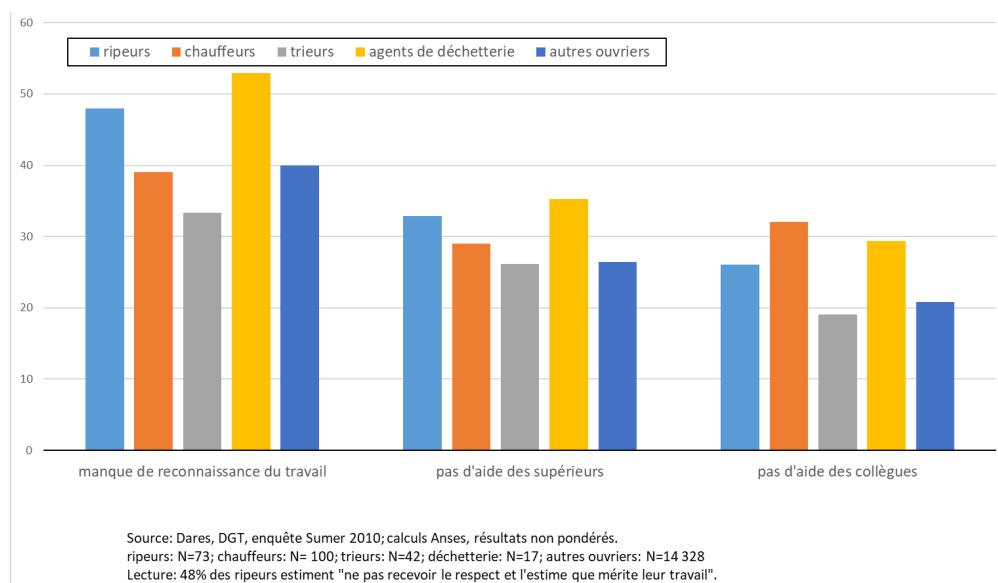


Figure 41 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant un manque de soutien social

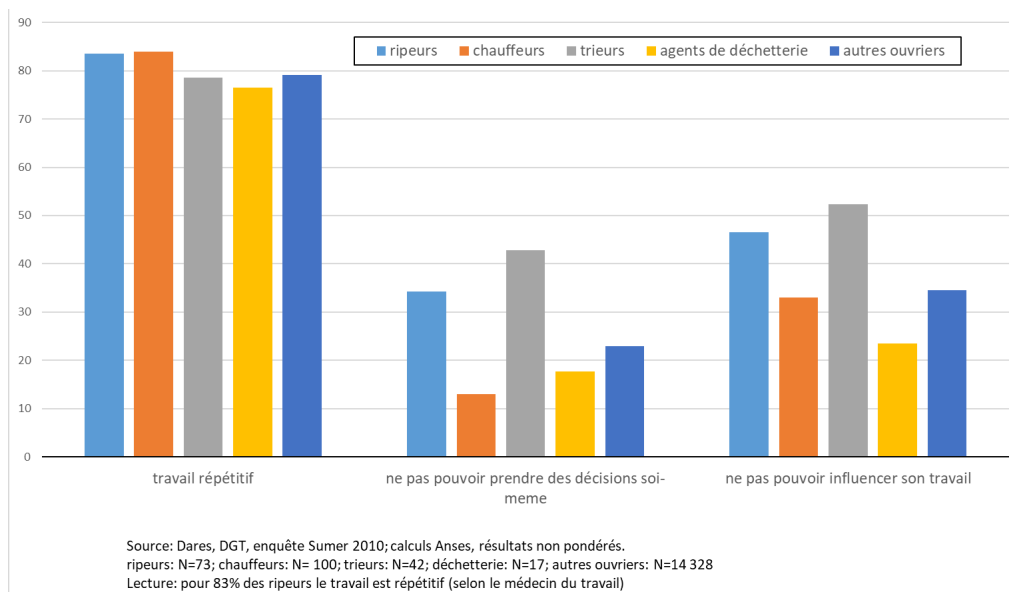


Figure 42 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant un manque d'autonomie

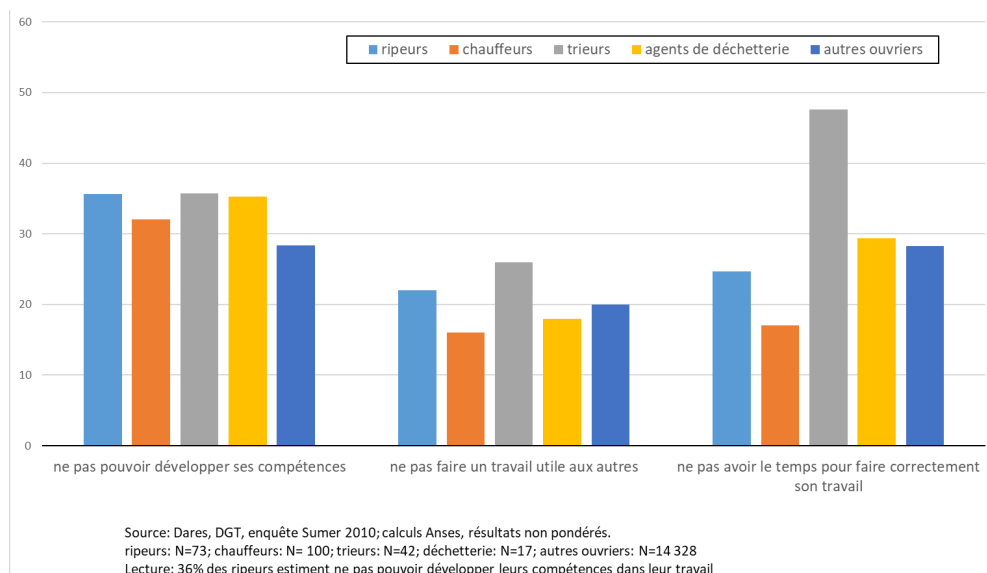


Figure 43 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant un manque de sens du travail

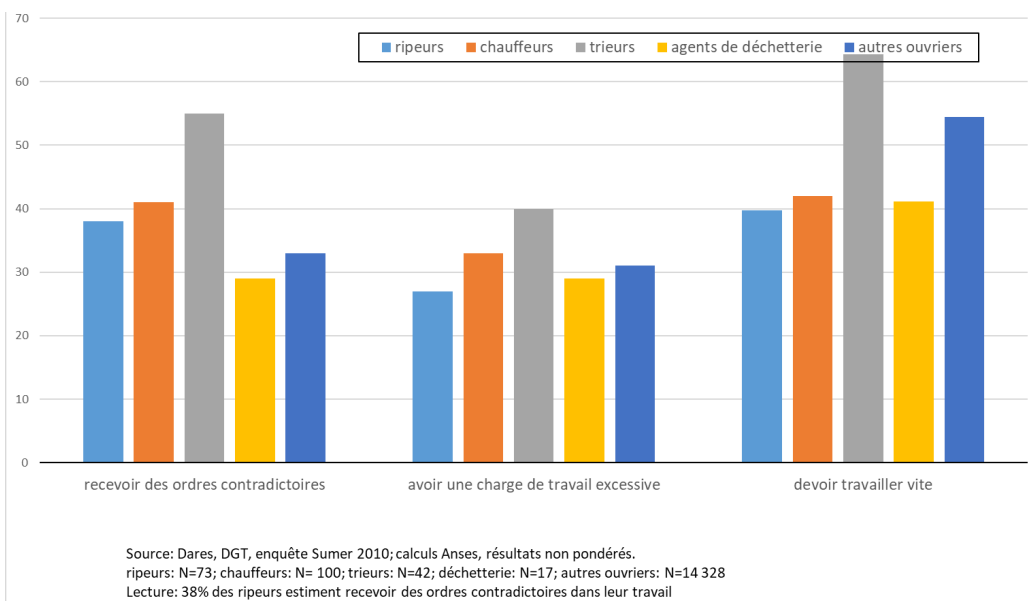


Figure 44 : Exposition à des facteurs organisationnels traduisant l'intensité du travail

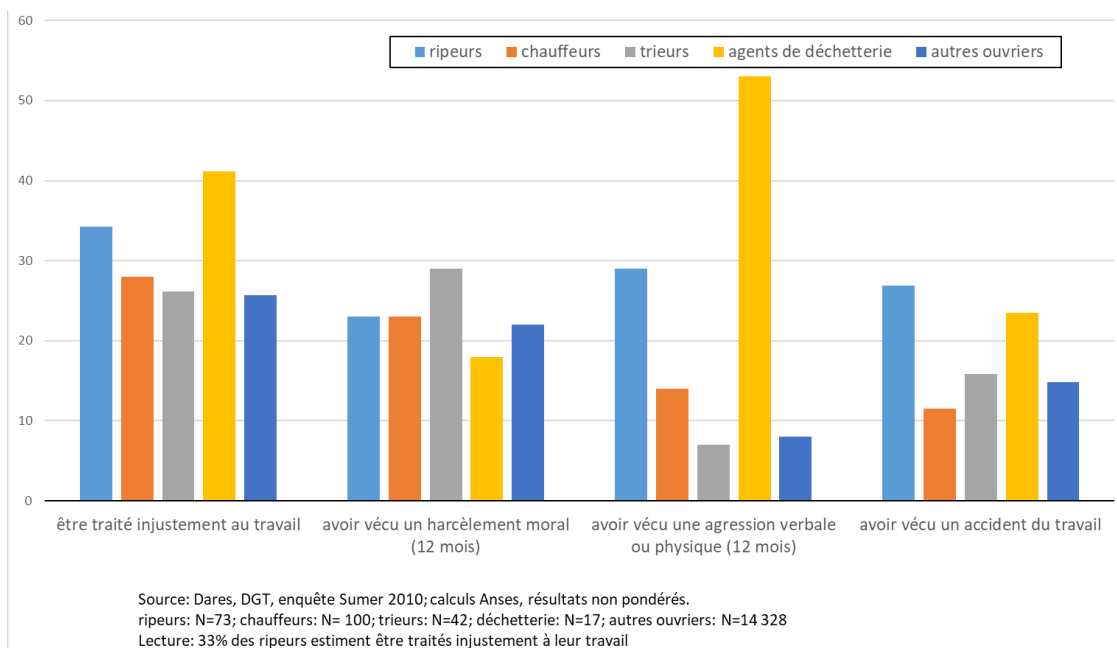


Figure 45 : Exposition auto-déclarée à des facteurs/situations traduisant des violences vécues au travail

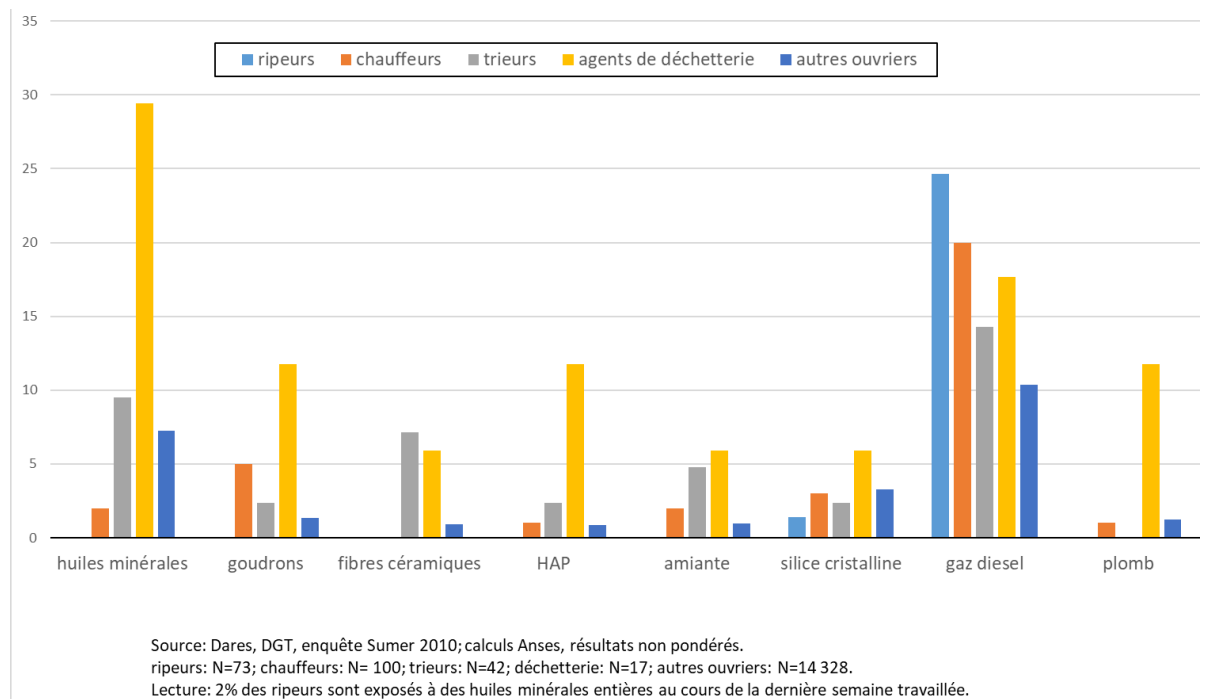


Figure 46 : Exposition à des substances cancérogènes

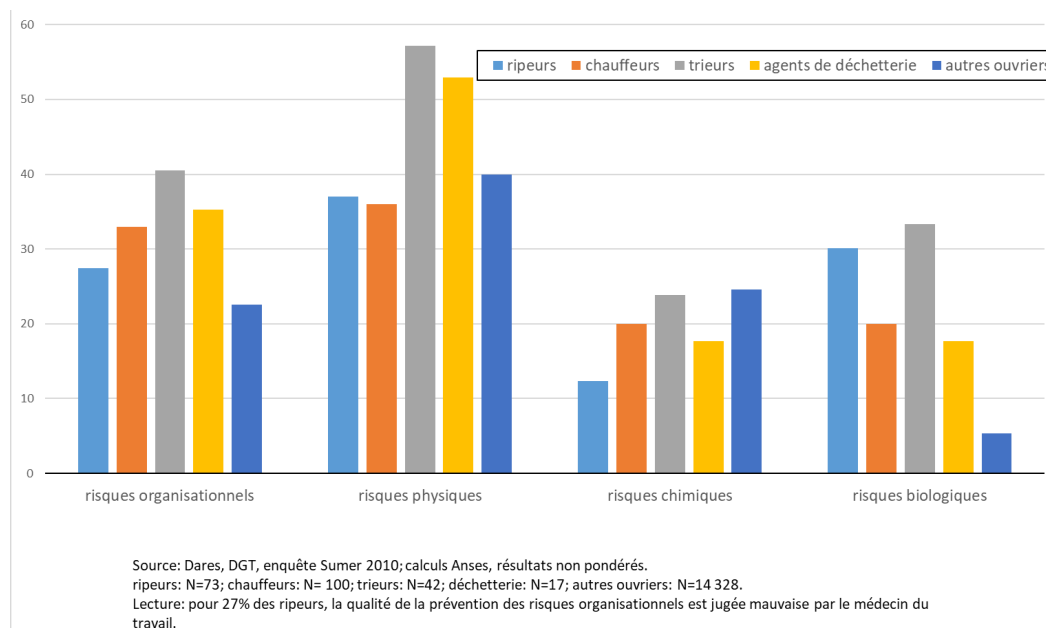


Figure 47 : Jugement négatif du médecin sur la qualité de la prévention

## Annexe 3 : Outil « Exposition aux substances chimiques par situation de travail » - Données de mesures d'exposition de travailleurs du secteur des ordures ménagères en France

Les résultats obtenus pour les trois codes d'activités déchets montrent tout d'abord en termes de quantité de mesures que l'effort de mesurage n'a pas été le même sur les trois secteurs. C'est principalement l'activité 3821z « traitement et élimination des déchets non dangereux » qui compte le plus de mesures sur la période considérée (9 192) devant l'activité 3832z « récupération de déchets triés » (7 181). L'activité 3811z « collecte de déchets non dangereux » a été beaucoup moins considérée en termes de mesures, avec seulement 2 763 mesures référencées. Toutefois il s'agit d'un résultat quantitatif global sans précision de métiers ou d'activités. A ce stade de la recherche dans la base de données, il n'est pas possible d'identifier les mesures en lien avec l'activité déchets ménagers.

Par conséquent, il est nécessaire d'appliquer d'autres filtres à notre recherche. Le filtrage des données peut être réalisé soit par les codes métiers (14 catégories généralistes), soit par les tâches de travail (18 catégories généralistes). Pour chacun de ces filtres, des sous-sections sont disponibles afin d'affiner la recherche et caractériser de façon plus précise les métiers ou les tâches. Un exemple de structuration de l'arborescence de recherche pour le code métier et pour les tâches de travail est présenté ci-dessous. Qu'il s'agisse de l'approche par métier ou par tâche, il convient d'avoir une bonne connaissance des métiers présents dans le secteur des déchets ménagers afin d'être le plus exhaustif possible et de n'omettre aucune catégorie de travailleurs lors de la recherche.

### Recherche d'un métier

- Non renseigné
- ☐ ➔ A - Agriculture et Pêche, Espaces naturels et Espaces verts, Soins aux animaux
- ☐ ➔ B - Arts et Façonnage d'ouvrages d'art
- ☐ ➔ C - Banque, Assurance, Immobilier
- ☐ ➔ D - Commerce, Vente et Grande distribution
- ☐ ➔ E - Communication, Média et Multimédia
- ☐ ➔ F - Construction, Bâtiment et Travaux publics
- ☐ ➔ G - Hôtellerie-Restaurant, Tourisme, Loisirs et Animation
- ☐ ➔ H - Industrie
- ☐ ➔ I - Installation et Maintenance
- ☐ ➔ J - Santé
- ☐ ➔ K - Services à la personne et à la collectivité
  - ☐ ➔ K11 - Accompagnement de la personne
  - ☐ ➔ K12 - Action sociale, socio-éducative et socio-culturelle
  - ☐ ➔ K13 - Aide à la vie quotidienne
  - ☐ ➔ K14 - Conception et mise en oeuvre des politiques publiques
  - ☑ ➔ K15 - Contrôle public
  - ☐ ➔ K16 - Culture et gestion documentaire
  - ☐ ➔ K17 - Défense, sécurité publique et secours
  - ☐ ➔ K21 - Formation initiale et continue
  - ☐ ➔ K22 - Nettoyage et propreté industriels
  - ☐ ➔ K23 - Propreté et environnement urbain
    - K2301 - Distribution et assainissement d'eau
    - K2302 - Management et inspection en environnement urbain
    - K2303 - Nettoyage des espaces urbains
    - K2304 - Revalorisation de produits industriels
    - K2305 - Salubrité et traitement de nuisibles
    - K2306 - Supervision d'exploitation éco-industrielle
  - ☐ ➔ K24 - Recherche
  - ☐ ➔ K25 - Sécurité privée
  - ☐ ➔ K26 - Services funéraires

Figure 48 : Exemple de l'arborescence de recherche d'un métier et d'une tâche sous la base de données Solvex

Pour être sûr d'identifier le maximum de données en lien avec les activités liées aux ordures ménagères, pour chacun des trois codes APE, tous les métiers ressortant de l'interrogation de la base ont été investigués jusqu'aux tâches unitaires. Cette approche complète visait par la suite à exclure les données sans lien avec les métiers du déchet (métiers de l'énergie, de la construction ou du BTP par exemple) et dans un second temps d'exclure les tâches sans lien avec l'activité ordures ménagères (activités en lien avec les D3E ou les VHU par exemple).

Il ressort de cette méthode que le métier « K - Services à la personne et à la collectivité », et plus précisément le métier « K23 – Propreté et environnement urbain » regroupe le maximum de données identifiées en relation avec les déchets ménagers. Néanmoins bien qu'il soit possible d'attribuer clairement certaines des données à l'activité de compostage, de méthanisation ou de déchetteries, d'autres tâches plus généralistes ne permettent pas d'avoir la précision voulue sur l'activité. Par exemple, la tâche « B9080 tri sélectif de déchets valorisables » peut à la fois convenir pour décrire des activités de centre de tri mais peut également s'appliquer pour la méthanisation, le compostage ou les D3E.

La répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3811z « Collecte des DND », du code APE 3821z « Traitement et élimination des DND » et du code APE 3832z « Récupération de déchets triés » est détaillée ci-après.

#### → Code 3811z « Collecte des DND »

Sur ce code sectoriel, quelques données sont disponibles pour les travailleurs des déchetteries (42 mesures / code B9020 – Gestion et surveillance des déchetteries).

Des mesures pour les travailleurs des centres de tri des déchets peuvent également être présentes sous le code « K2304 Revalorisation des déchets industriels » mais sans possibilité de clairement les identifier (163 mesures / code A2090 – tri manuel et 11 mesures / code B9080 tri sélectif de déchets valorisables).

En revanche, sous le code K2306 « supervision d'exploitation éco-industrielle » les codes tâche « B9072 traitement des ordures ménagères par compostage » (484 mesures) et « B9080 tri sélectif de déchets valorisables » (795 mesures) sont attribuables à la méthanisation. En effet, l'ensemble de ces mesures se concentre sur les années 2016 et 2017 et correspond à l'étude INRS en cours à cette période-là sur cette thématique (1 377 mesures au total). Ces mesures ont principalement concerné **l'ammoniac, les particules inhalables, les aérosols métalliques et certains COV**. Pour les mesures individuelles réalisées sur les travailleurs de ce secteur aucun dépassement des valeurs recommandées n'a été observé. Toutefois, les mesures en ambiance de travail pour **l'ammoniac** ont mis en évidence des teneurs supérieures à la valeur recommandée pour cette substance, dans certaines zones spécifiques des sites de méthanisation.

APE	Sous métiers K23 et tâches associées	Nombre de mesures	
		2000-2010	2011-2022
3811z	<i>K2303 - Nettoyage des espaces urbains</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	<i>A11 - Transports des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</i>	0	7
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>	10	0
	<b>A7- Embouteillage, enfûtage, bobinage, dosage</b>	0	1
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>	0	1
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
	<i>B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries</i>	12	30
	<i>K2304 - revalorisations de produits industriels</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	<i>A1020 - Chargements, déchargements(silos, trémis, big-bags,...)</i>	8	0
	<i>A1220 - Conduite de grues, pelles mécaniques</i>	0	18
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	<i>A2010- conduite et surveillance de concasseurs</i>	0	3
	<i>A2030- conduite et surveillance de broyeurs</i>	0	4
	<i>A2050- conduite et surveillance de tamis ou de cribles</i>	45	0
	<i>A2090- tri manuel</i>	0	163
	<i>A2999- Broyage et tri, autres tâches non codifiées par ailleurs</i>	110	0
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>		
	<i>A8110 - nettoyage manuel des locaux (balayage...)</i>	0	4
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
	<i>B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries</i>	34	12
	<i>B9030 - Tri manuel de D3E</i>	0	64
<i>B9080 - tri sélectif des déchets valorisables</i>	0	11	
<i>K2306- Supervision d'exploitation éco-industrielle</i>			
<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>			
<i>B9072 - Traitement d'ordures ménagères par compostage (retournement et aération des tas ou andains)</i>	0	484	
<i>B9010 - Démontage, démantèlement manuel des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)</i>	13	13	
<i>B9080 - tri sélectif des déchets valorisables</i>	0	795	
<i>B9075 - Nettoyage des installations et des équipements</i>	0	85	

Figure 49 : Répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3811z « Collecte des DND »

### → Code 3821z « Traitement et élimination des DND »

Pour ce code sectoriel, quelques mesures sont disponibles pour les travailleurs des **déchetteries** (23 mesures / **code B9020 – Gestion et surveillance des déchetteries**) et également pour les travailleurs de **l'incinération** (15 mesures / **code B9060 – Conduite et surveillance d'usine d'incinération**) mais le quantitatif est faible.

Le plus gros des mesures concernent le code métier **K2306 « supervision d'exploitation éco-industrielle »** avec 4 158 mesures. Sur ce quantitatif de mesures 4 103 sont attribuées à la tâche générale « B90 Traitement, récupération des déchets ». Comme pour le code sectoriel 3811z, les codes tâche « **B9072 traitement des ordures ménagères par compostage** » (1 510 mesures) et « **B9080 tri sélectif de déchets valorisables** » (2 121 mesures) sont attribuables à la **méthanisation** pour les mêmes motifs. Cette répartition des données de méthanisation entre deux codes sectoriels s'explique par un enregistrement administratif différents des sites de méthanisation investigués. Les codes « **B9071 traitement de déchets vert par broyage** » (243 mesures) et « **B9075 Nettoyage des installations et des équipements** » (70 mesures) concernent également le secteur de la méthanisation. Le bilan des mesures montre que les substances recherchées ont été les mêmes, à savoir **l'ammoniac, les particules inhalables, les aérosols métalliques et certains COV** et les mêmes résultats sont obtenus, avec des mesures individuelles sans dépassement des valeurs recommandées et des mesures ambiantes en ammoniac qui peuvent parfois être légèrement supérieures de la VLEP-8h.

APE	Sous métiers K23 et tâches associées	Nombre de mesures	
		2000-2010	2011-2022
3821z	<i>K2303 - Nettoyage des espaces urbains</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	<i>A1170 - Opérations de dépotage (camions, citernes, wagons, bateaux...)</i>	8	0
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	<i>A2030 - Conduite et surveillance de broyeurs</i>	0	5
	<i>A2090 - Tri manuel</i>	57	1
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>		
	<i>A8120 - Nettoyage mécanique des locaux (aspiration...)</i>	0	2
	<i>A8210 - Nettoyage manuel des installations et outils (grattage, brossage, balayage, utilisation de solvants)</i>	2	2
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
	<i>B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries</i>	0	23
	<i>B9080 - Tri sélectif de déchets valorisables</i>	0	2
	<i>K2304 - Revalorisation de produits industriels</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	<i>A1020 - Chargement, déchargement (silos/trémies, big-bags...)</i>	5	0
	<i>A1160 - Chargement en vrac (camions, citernes, wagons, bateaux...)</i>	1	0
	<i>A1210 - Conduite de chariots de manutention</i>	1	3
	<i>A1220 - Conduite de grues, pelles mécaniques</i>	29	6
	<i>A1230 - Conduite d'autres types de véhicules de transport</i>	1	0
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	<i>A2050 - Conduite et surveillance de tamis ou de cribles</i>	30	0
	<i>A2090 - Tri manuel</i>	70	72
	<i>A2999 - Broyage et tri : autres tâches non codifiées par ailleurs</i>	34	0
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>		
	<i>A8110 - Nettoyage manuel des locaux (balayage...)</i>	0	33
	<i>A8210 - Nettoyage manuel des installations et outils (grattage, brossage, balayage, utilisation de solvants)</i>	0	9
	<i>A8420 - Réparation, maintenance, contrôle sur site</i>	0	38
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
	<i>B9010 - Démontage, démantèlement manuel des déchets d'équipements électriques et électroniques (deee)</i>	107	0
	<i>B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries</i>	0	47
	<i>B9060 - Conduite et surveillance d'usine d'incinération</i>	0	15
	<i>B9070 - Traitement de déchets verts par compostage (retournement et aération des tas ou andains...)</i>	0	10
	<i>B9080 - Tri sélectif de déchets valorisables</i>	0	275
	<i>B9090 - Démantèlement de mobiliers, literies...</i>	0	5
	<i>K2306 - Supervision d'exploitation éco-industrielle</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	<i>A1020 - Chargement, déchargement (silos/trémies, big-bags...)</i>	24	0
	<i>A1210 - Conduite de chariots de manutention</i>	1	0
	<i>A1220 - Conduite de grues, pelles mécaniques</i>	18	0
	<i>A1230 - Conduite d'autres types de véhicules de transport</i>	1	0
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	<i>A2070 - Conduite et surveillance d'installations de tri en milieu liquide</i>	9	0
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>		
	<i>A8210 - Nettoyage manuel des installations et outils (grattage, brossage, balayage, utilisation de solvants)</i>	2	0
	<i>A8420 - Réparation, maintenance, contrôle sur site</i>	0	68
	<i>A8610 - Travail dans des locaux à pollution non spécifique (bureaux, salle de réunion...)</i>	0	1
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
<i>B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries</i>	0	90	
<i>B9071 - Traitement de déchets verts par broyage</i>	0	243	
<i>B9072 - Traitement d'ordures ménagères par compostage (retournement et aération des tas ou andains...)</i>	0	1510	
<i>B9075 - Nettoyage des installations et des équipements</i>	0	70	
<i>B9080 - Tri sélectif de déchets valorisables</i>	0	2121	

Figure 50 : Répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3821z « Traitement et élimination des DND »

### → Code 3832z « Récupération de déchets triés »

Sur les 4 169 mesures référencées sur ce code métier, la très grande majorité concerne les **déchets du secteur des D3E**. Quelques mesures pourraient s'appliquer aux centres de tri des déchets, notamment le code « **B9080 tri sélectif de déchets valorisables** » (265 mesures), mais le niveau d'information fourni ne permet pas de conclure avec certitude. L'analyse détaillée de ces mesures montre qu'elles ont principalement concernées la recherche des particules (inhalables et alvéolaires), les aérosols métalliques ainsi que certains composés organiques volatils comme le benzène, le toluène, l'éthyl benzène ou encore les

HAP. Des trois codes APE retenus, c'est celui qui recense le moins de données sur les déchets ménagers.

APE	Sous métiers K23 et tâches associées	Nombre de mesures	
		2000-2010	2011-2022
3832z	<i>K2303 - Nettoyage des espaces urbains</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	A1020 - Chargement, déchargement (silos/trémies, big-bags...)	20	0
	A1220 - Conduite de grues, pelles mécaniques	12	1
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	A2030- conduite et surveillance de broyeurs	8	0
	A2090- tri manuel	75	13
	A2999 - Broyage et tri : autres tâches non codifiées par ailleurs	33	0
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>		
	A8420 - Réparation, maintenance, contrôle sur site	2	0
	A8610 - Travail dans des locaux à pollution non spécifique (bureaux, salle de réunion...)	1	0
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
	B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries	0	65
	<i>K2304 - revalorisations de produits industriels</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	A1020 - Chargement, déchargement (silos/trémies, big-bags...)	0	10
	A1110 - Transport manuel des matières premières/produits intermédiaires	4	0
	A1210 - Conduite de chariots de manutention	77	16
	A1220 - Conduite de grues, pelles mécaniques	0	23
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	A2010 - Conduite et surveillance de concasseurs	0	3
	A2030 - Conduite et surveillance de broyeurs	74	99
	A2050 - Conduite et surveillance de tamis ou de cribles	0	30
	A2090 - Tri manuel	88	258
	<b>A8- contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation</b>		
	A8110 - Nettoyage manuel des locaux (balayage...)	0	2
	A8510 - Réalisation d'essais, d'analyses physiques, chimiques, biologiques en laboratoire (hors laboratoires d'analyses médicales et hospitaliers)	0	28
	A8999 - Contrôle, nettoyage, réparation : autres tâches non codifiées par ailleurs	39	3
	<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>		
	B9010 - Démontage, démantèlement manuel des déchets d'équipements électriques et électroniques (deee)	1678	508
	B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries	0	27
	B9030 - Tri manuel de déchets électriques et d'équipements électroniques (deee)	0	13
	Conduite et surveillance d'installations de broyage de déchets électriques et d'équipements électroniques (deee)	279	45
	B9050 - Broyage de déchets provenant du démantèlement d'automobiles	186	6
	B9051 - Dépollution de véhicules (retrait des batteries, des pots catalytiques, des réservoirs GPL, des huiles usagées, des liquides de refroidissement, des filtres, des pneumatiques...)	0	42
	B9080 - Tri sélectif de déchets valorisables	0	265
	B9090 - Démantèlement de mobiliers, literies...	0	20
	Autres	0	7
	<b>Autres</b>		
	A5 - Usinage, assemblage, collage, chaîne de montage	0	7
	A7- Embouteillage, enfûtage, bobinage, dosage	0	4
	B4 - Textile	7	8
	<i>K2306- Supervision d'exploitation éco-industrielle</i>		
	<b>A1 - Opérations de stockage et transport des matières premières/produits intermédiaires/produits finis</b>		
	A1220 - Conduite de grues, pelles mécaniques	0	8
	<b>A2- conduite et surveillance d'installations de broyage et de tri</b>		
	A2030- conduite et surveillance de broyeurs	25	5
A2050- conduite et surveillance de tamis ou de cribles	24	0	
A2090- tri manuel	5	0	
<b>B2 - Fonderie</b>			
B2120 - Conduite et surveillance d'installations de fabrication de noyaux par le procédé pepset	0	1	
<b>A7- Embouteillage, enfûtage, bobinage, dosage</b>			
A7320 - Conduite et surveillance d'installations d'ensachage	6	0	
<b>B9- traitement des déchets et récupération des eaux</b>			
B9020 - Gestion et surveillance de déchetteries	0	4	
B9040 - Conduite et surveillance d'installation de broyage de D3E	0	5	

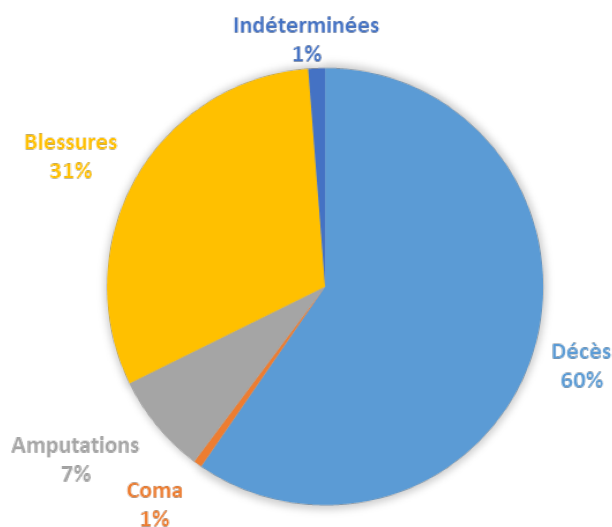
Figure 51 : Répartition des mesures réalisées pour les sous métiers K23 du code APE 3832z « Récupération de déchets triés »

## Annexe 4 : Epicéa - Données d'accidentologie et d'atteintes sur la santé dans le secteur des ordures ménagères (OM)

Le détail des modes de classification utilisés par le GT pour parvenir à la description des types d'accidents est disponible dans le Tableau 30 ci-dessous.

**Tableau 30 : Classification des types d'accidents**

Types d'accidents	Définitions	Exemples
<b>Accidents routiers professionnels</b>	Accident de la route en conduisant le véhicule de travail	<i>Collision avec véhicule tiers, collision avec usager voie publique, sortie de route...</i>
<b>Accidents de la circulation</b>	Choc, heurt ou écrasement d'un salarié en exercice / mission <u>par un véhicule tiers circulant sur la voie publique</u>	<i>Salarié renversé en traversant une chaussée ou écrasé suite à une collision avec un véhicule léger</i>
<b>Collision engins-salariés/usagers</b>	Choc, heurt ou écrasement (contre l'engin lui-même ou contre un obstacle) d'un salarié (ou usager d'un site de gestion des déchets) lors du déplacement d'un engin = <u>secteurs d'activité impliquant une coactivité entre des engins mobiles et des piétons</u>	<i>Ecrasement d'un ripeur entre un obstacle (mur, poteau...) et le véhicule de collecte, écrasement du ripeur par les roues du véhicule de collecte... Renversement d'un usager d'une déchetterie sur site déchetterie</i>
<b>Accident machine (ensemble fixe)</b>	Accident impliquant une machine (broyeur, tapis de convoyeur, trémie, unité fixe, chute d'objet...) = <u>mécanique (+++), électrique, lié au bruit, T°, vibrations, émissions de polluants...</u>	<i>Coincement d'un membre dans une benne à ordures, écrasement, ensevelissement, explosion, incendie</i>
<b>Accident d'engin (matériel roulant/mobile)</b>	Accident lié à la manipulation / conduite de l'engin (roulant/mobile) et n'impliquant aucun tiers	<i>Basculement du camion benne dans la fosse au moment du déchargement des ordures, basculement d'un engin circulant et écrasement de la cabine de conduite...</i>
<b>Malaises</b>	Liés à l'organisation du travail / conditions de travail (coup de chaleur, interaction avec usager, effort physique...) Inexpliqués	
<b>Suicides</b>		
<b>Chutes</b>	De hauteur ou de plain-pied	
<b>Indéterminées</b>		



**Figure 52 : Atteintes à la santé physique décrites dans les 194 cas inclus**

→ Acquisition de données sur des variables complémentaires non disponibles en ligne : transmission par la gestionnaire de la base de données des informations relatives aux 7 variables suivantes : (4) DATE = date, (14) NATION = nationalité, (18) CONTYP = type de contrat, (64) PROTECT1, (69) PREVEN, (19) EXPOSTE, (61) RISQUE.

**Tableau 31 : Répartition des types de contrat de travail dans les 194 cas inclus**

Durée indéterminée	112	
Intérimaire	35	20 : collecte 5 : tri (agents de tri, manutentionnaires) 4 : transfert et transport (conducteurs) 2 : stockage (conducteurs) 1 : déchetterie (gardien) 1 : incinération (mécanicien) 1 : méthanisation (ouvrier) 1 : recyclage (manutentionnaire)
Durée déterminée autre que saisonnier	21	14 : collecte 3 : transfert et transport 1 : déchetterie 1 : incinération 1 : recyclage 1 : stockage
Contrats aidés, d'insertion, réinsertion	5	3 : collecte (ripeurs) 2 : tri (agent de tri, manutentionnaire)
Saisonnier	4	3 : collecte (ripeur) 1 : tri (chef d'équipe)
Autre type de contrat	6	4 : collecte 1 : tri 1 : stockage
Type de contrat non précisé	11	6 : collecte 2 : transfert et transport 2 : tri 1 : incinération

## Annexe 5 : RNV3P - Données sur les pathologies en relation avec le travail (PRT) pour les travailleurs du secteur des ordures ménagères issues des centres de consultation en France

### ■ Présentation de la base RNV3P

Le Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P) est simultanément un réseau de compétences en santé au travail et santé environnementale, et une base de données sanitaires. Il réunit l'ensemble des 28 centres de consultation de pathologie professionnelle et environnementale (CCPPE) français, dont les données de consultations (données démographiques du patient, pathologies, expositions, secteurs d'activité, professions, imputabilités entre pathologie et exposition, etc...) sont enregistrées dans le système d'information du RNV3P. L'Anses, en tant qu'animateur du réseau, a pour mission de coordonner les activités du réseau et participe aux travaux scientifiques associés, en partenariat avec la Caisse nationale d'Assurance maladie des travailleurs salariés et indépendants (Cnam), la Caisse centrale de la Mutualité Sociale Agricole (CCMSA), l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), Santé publique France (SPF) et la Société française de santé au travail (SFST).

Ses objectifs principaux sont :

- de repérer et décrire les situations professionnelles à risque sanitaire en France et les pathologies environnementales ;
- de repérer des risques sanitaires (expositions et/ou pathologies) professionnels ou environnementaux émergents ou ré-émergents ;
- d'améliorer et harmoniser les pratiques de diagnostic des pathologies liées au travail et à l'environnement.

Les données des CCPPE reflètent un système de recours à l'expertise de médecins spécialistes de la santé au travail et ne sont pas représentatives de l'ensemble des maladies en lien avec le travail sur le territoire français, le recrutement des patients dépendant principalement des médecins, autres professionnels de la santé ou tiers (par exemple avocat, association, etc...) qui les y adressent. Ces données sont utiles dans un objectif de vigilance des risques professionnels ou environnementaux, en permettant de repérer et de décrire des situations à risque sanitaire (ré)-émergentes. Instruits par des spécialistes des maladies en lien avec le travail et l'environnement, les dossiers enregistrés couvrent l'ensemble des maladies suspectées d'être professionnelles (indépendamment des considérations médico-légales d'indemnisation) ou environnementales et documentent précisément les expositions.

### ***Le problème de santé (PS) : unité statistique de la base***

Au sein du RNV3P, les données recueillies lors de la consultation d'un patient (données individuelles du patient, données médicales issues de l'examen clinique, données relatives à l'exposition professionnelle ou environnementale du patient) constituent un problème de santé (PS). L'unité statistique de la base est le PS. Quel que soit le motif de consultation, l'avis du médecin du CCPPE s'intègre dans l'une de ces trois activités :

- Le **diagnostic** de l'origine professionnelle et/ou environnementale de la maladie, avec la question de l'**imputabilité** de l'exposition dans la survenue de la maladie. Le médecin cherche un éventuel lien entre les expositions professionnelles ou

environnementales du patient et sa maladie. Il estime ensuite la probabilité de lien entre l'affection du patient et chacune des expositions recensées et il attribue à chaque couple « maladie-exposition » un niveau d'imputabilité de :

- 0 = Pas de relation ;
  - 1 = faible ou douteux ;
  - 2 = moyen (vraisemblable) ;
  - 3 = fort (très vraisemblable).
- **L'orientation, le maintien ou le retour en emploi**, avec la question de la **compatibilité** entre l'état de santé de la personne et son travail actuel ou futur.
  - **Le dépistage professionnel**, qui consiste en l'identification par le médecin d'une ou plusieurs **exposition(s) professionnelle(s) nécessitant un suivi médical** des patients exposés ou ayant été exposés.

### **Référentiels utilisés pour le codage des données de la base**

Les données recueillies lors de la consultation d'un patient documentent un ou plusieurs problèmes de santé (PS) et sont codées sur le système informatique du RNV3P selon différents référentiels :

- Les pathologies principales et secondaires : selon la **Classification Internationale des Maladies**, version 10 (CIM-10). Des codes spécifiques au RNV3P existent en cas d'absence de code CIM-10.
- Les expositions/les nuisances : selon le **Thésaurus des expositions professionnelles** (TEP).
- Les postes de travail : la **Classification Internationale Type des Professions** (CITP) est utilisée pour coder le poste occupé par le patient au moment de la consultation ou en lien avec l'exposition. Depuis 2014, la version de 2008 (CITP-08) est utilisée.
- Les secteurs d'activité : la **Nomenclature d'Activités Française** (NAF) est utilisée pour coder les secteurs d'activité de l'entreprise dans laquelle exerce le patient au moment de la consultation ou en lien avec l'exposition. Depuis 2014, la version de 2008 (NAF-08) est utilisée.

### **Le mémo clinique**

Un PS (au travail ou environnemental) contient un champ libre appelé mémo clinique, qui vise à résumer le dossier du patient et à apporter des informations complémentaires non renseignées par les variables codées telles que : dates et niveaux d'exposition du patient aux nuisances identifiées, précisions quant au(x) poste(s) de travail pouvant être associé(s) à la survenue de la maladie lorsque le codage du poste de travail n'est pas suffisamment précis, éventuels facteurs de risque extra-professionnels qui permettent de mieux comprendre le niveau d'imputabilité attribué à l'exposition/(aux) exposition(s) identifiée(s). Non fondamental

### **Conclusions possibles d'un PS dans le cadre de l'activité de diagnostic**

A la fin de la consultation, chaque PS est catégorisé selon l'avis du médecin expert en :

- **Pathologie en relation avec le travail (PRT)** : lorsque l'origine professionnelle de la pathologie est envisagée par le médecin. En pratique, cela suppose qu'au moins une

des expositions professionnelles du patient a un niveau d'imputabilité supérieur ou égal à faible.

- **Pathologie en relation avec l'environnement (PRE)** : lorsque l'origine professionnelle est exclue et que l'origine environnementale est envisagée par le médecin. En pratique, cela suppose qu'au moins une des expositions environnementales du patient a un niveau d'imputabilité supérieur ou égal à faible.
- **Pathologie ni professionnelle ni environnementale (ni PRT ni PRE)** : lorsqu'aucune de ces 2 origines n'est envisagée. En pratique, cela correspond à l'absence d'exposition professionnelle ou environnementale ou d'un niveau d'imputabilité au moins faible, ou la présence d'un facteur personnel (habitude de vie, traitement médicamenteux...) pouvant expliquer la pathologie.
- **Problème de Compatibilité Santé/Travail (PCST)** : lorsque le médecin se prononce uniquement sur la compatibilité de l'état de santé du patient avec le poste de travail.

Ou enfin **Absence de pathologie** lorsqu'à l'issue de la consultation, aucune pathologie n'est identifiée par le médecin.

- Détail de la méthodologie utilisée pour l'identification des PRT des travailleurs des OM relevant de la présente saisine (population totale OM)

Une 1<sup>ère</sup> étape à consister à identifier les pathologies en relation avec le travail (PRT) recensées dans la base pour les travailleurs impliqués dans les activités de prise en charge des ordures ménagères. A cet effet, plusieurs algorithmes de sélection ont été déployés sur la population de l'ensemble de la base. La sélection repose sur l'utilisation de codes « secteur d'activité » et « métiers » complétée par une recherche par mots clés au sein des « mémos cliniques », « intitulés de tâches » et « intitulés de postes en clair ». Le Tableau 32 précise les codes et mots clés retenus considérant le périmètre des activités ciblé par l'expertise.

Tableau 32 : Codes NAF, CITP et mots clés utilisés pour identifier la population d'étude

Secteurs d'activité	Métiers	Recherche par mots clés
<p><i>NAF-08 (transcodé)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 38.21Z-Traitement et élimination des DND</li> <li>• 38.11Z-Collecte des DND</li> <li>• 38.32Z- Récupération de déchets triés,</li> </ul>	<p><i>CITP-08 (transcodé)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9611 - Manœuvres, enlèvement des ordures et matériel recyclable.</li> <li>• 9612-Trieurs de déchets</li> <li>• 9613-Balayeurs et manœuvres assimilés</li> </ul>	<p>[déchets OU « ordures ménagères » OU recyclables OU éboueur OU ripeur OU « agent de collecte » OU trieur OU « agent de tri » OU méthanisat* OU incinérat* OU compost* OU enfouissement OU décharge OU déchetterie OU « valorisation énergétique » OU recyclage OU « Camion-benne » OU « benne à ordures ménagères » OU BOM] OU [(déchets OU « ordures ménagères » OU recyclables) ET (collecte OU tri OU traitement OU stockage OU conducteur OU chauffeur)]</p>
<p><i>NAF-93</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 90.0B-Enlèvement et traitement des OM</li> <li>• 81.29B - Autres activités de nettoyage n.c.a</li> </ul>	<p><i>CITP-88</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9161 - Eboueur</li> </ul>	

Cette stratégie de sélection a permis d'identifier **910 PRT** au sein de la base sur la période 2001-2021 qui représentent la « **population totale OM** ». Afin de faciliter l'analyse par postes de travail, les 56 postes codés selon la CIP 4 digits correspondants aux 910 PRT identifiées ont été regroupés selon 12 catégories : postes administratifs, techniciens, conducteurs d'incinérateur, gardiens/agents de sécurité, ouvriers qualifiés, conducteurs de machines, chauffeurs de poids lourds, conducteurs d'engins, manœuvres polyvalents et manutentionnaires, balayeurs, éboueurs et trieurs.

**Tableau 33 : Recodage des postes de travail en 12 groupes selon les codes CIP 4 digits en vue des analyses**

Recodages proposés pour l'analyse	Postes de travail codés selon la CIP 4 digits
Postes administratifs	1112-Cadres supérieurs de l'administration publique
	1120-Directeurs généraux d'entreprise
	1219-Directeurs des services administratifs non classés ailleurs
	1221-Directeurs et cadres de direction, ventes et commercialisation
	1321-Directeurs et cadres de direction, industrie manufacturière
	1349-Autres cadres de direction, services spécialisés non classés ailleurs
	2263-Spécialistes de la salubrité de l'environnement, de l'hygiène et de la santé au travail
	2352-Enseignants, éducation spécialisée
	2423-Spécialistes, ressources humaines et évolution de carrière
	2424-Spécialistes de la formation du personnel
	2431-Spécialistes de la publicité et de la commercialisation
	2635-Spécialistes du travail social
	3313-Professions intermédiaires de la comptabilité
	3322-Représentants et techniciens commerciaux
	3323-Acheteurs
	3359-Professions intermédiaires de l'application de la loi et assimilées non classées ailleurs
	4110-Employés de bureau, fonctions générales
	4120-Secrétaires (fonctions générales)
	4226-Réceptionnistes, fonctions générales
Techniciens	4311-Aides comptables et teneurs de livres
	4312-Employés de services statistiques ou financiers
	4322-Employés du service d'ordonnancement de la production
	4419-Employés administratifs non classés ailleurs
	3115-Techniciens en construction mécanique
	3116-Techniciens en chimie industrielle
	3119-Techniciens des sciences physiques et techniques non classés ailleurs
Conducteurs d'incinérateurs	3122-Superviseurs, industries manufacturières
	3139-Techniciens, contrôle de processus industriels non classés ailleurs
Gardiens / Agents de sécurité	3132-Conducteurs d'incinérateurs et d'installations de traitement de l'eau
Ouvriers qualifiés	5414-Agents de sécurité
	7121-Couvreurs et zingueurs
	7126-Plombiers et tuyauteurs
	7212-Soudeurs et oxycoupeurs
	7213-Tôliers-chaudronniers
	7222-Outilleurs et assimilés
	7231-Mécaniciens et réparateurs de véhicules à moteur
	7233-Mécaniciens et réparateurs de machines agricoles et industrielles
	7411-Electriciens du bâtiment et assimilés
	7412-Mécaniciens et ajusteurs d'appareils électriques
Conducteurs de machines	fumiste
	8122-Conducteurs d'installations de traitement superficiel des métaux
	8131-Conducteurs d'installations et de machines de traitement chimique
	8171-Conducteurs d'installations pour la fabrication du papier et de la pâte à papier
Chauffeurs poids-lourds	8189-Conducteurs de machines et d'installations fixes non classés ailleurs
Conducteurs d'engins	8332-Conducteurs de poids lourds et de camions
	8341-Conducteurs d'engins mobiles agricoles et forestiers
	8342-Conducteurs d'engins de terrassement et de matériels similaires

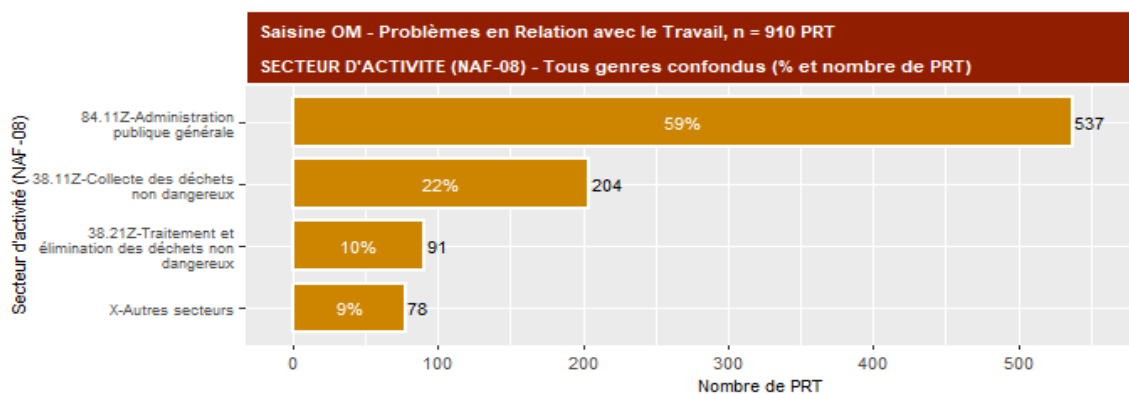
	8343-Conducteurs de grues, d'engins de levage divers et de matériels similaires
	8344-Conducteurs de chariots élévateurs
Balayeurs	9112-Agents d'entretien dans les bureaux, les hôtels et autres établissements 9613-Balayeurs et manœuvres assimilés
Manœuvres polyvalents et manutentionnaires	9129-Autres nettoyeurs (Laveur de véhicules de collecte) 9333-Manutentionnaires 9622-Manœuvres polyvalents
Eboueurs	9611-Manœuvres, enlèvement des ordures et matériel recyclable
Trieurs	9612-Trieurs de déchets

■ Description et analyse de la « population totale OM »

**Tableau 34 : Caractéristiques sociodémographiques de la « population totale OM » (910 PRT)**

Age (ans) <sup>1</sup>	Femme, n = 109 (12%)	Homme, n = 801 (88%)	Total (910)
Moyenne (± ET)	43.7 (± 9.7)	47.8 (± 10.6)	47.3 (± 10.6)
Médiane	44	49	48
Min - Max	[21-61]	[19-83]	[19-83]

*ET : écart-type. <sup>1</sup>L'âge retenu dans cette analyse correspond à l'âge du patient au moment où le problème a été notifié la première fois. Cet âge peut être supérieur à l'âge des personnes actives car le CCPP accueille aussi des personnes à la retraite*



**Figure 53 : Nombre et pourcentage de PRT en fonction des secteurs d'activité (NAF-08), tous genres confondus (n = 910)**

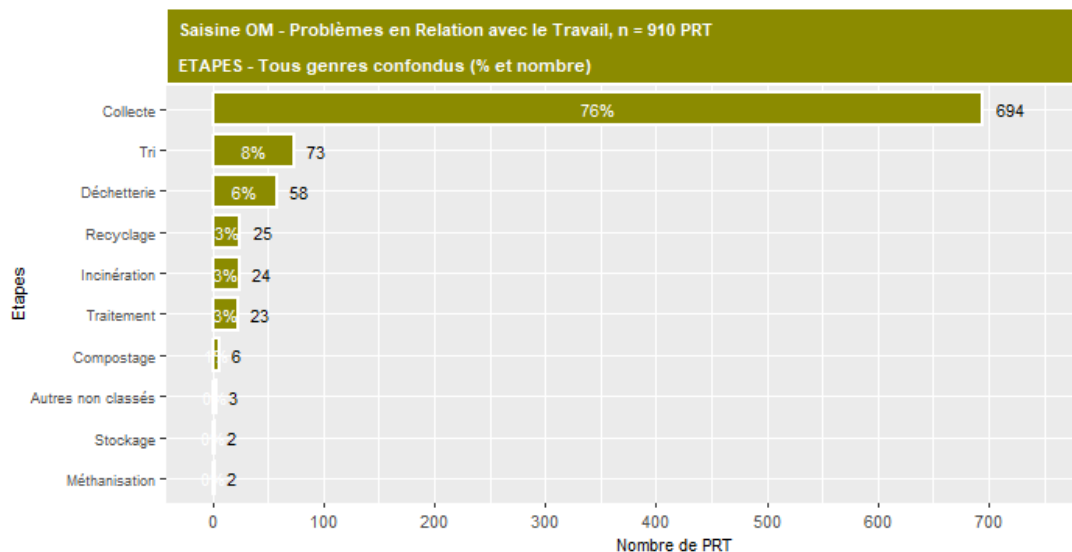
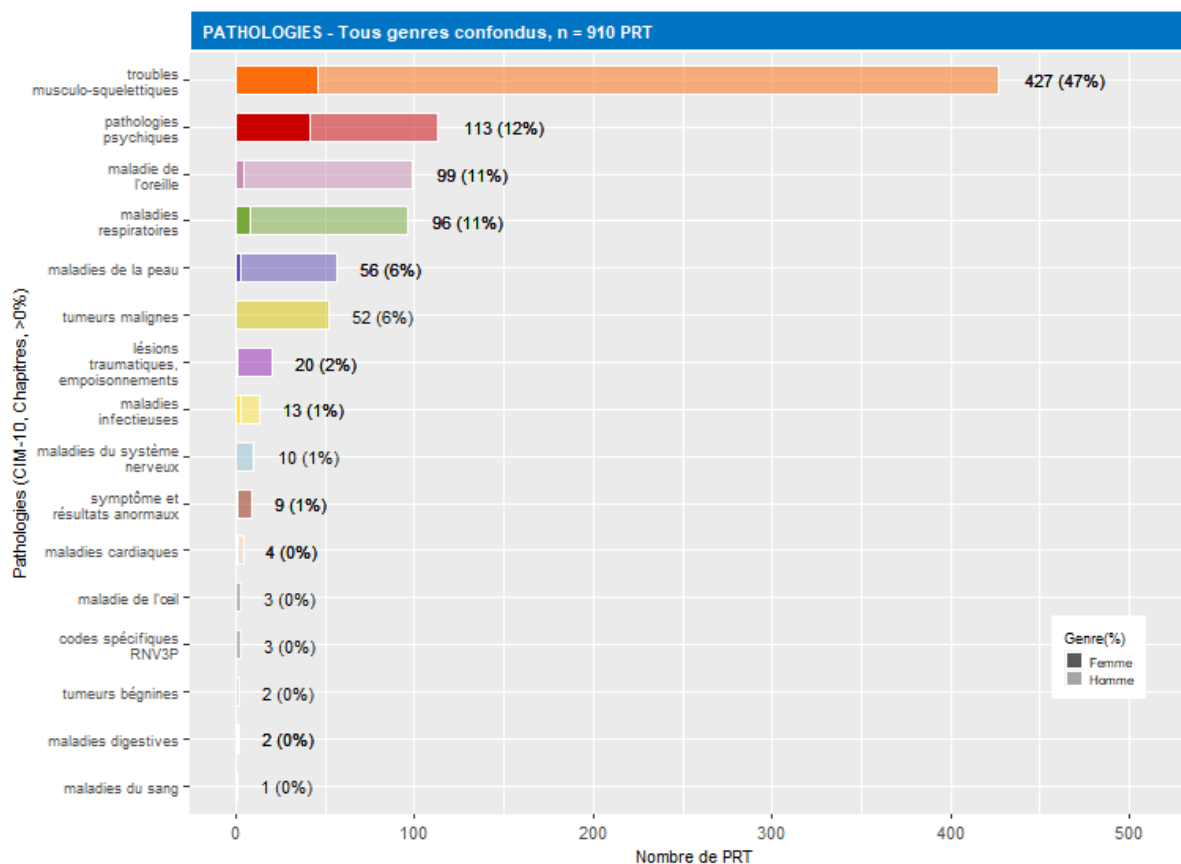


Figure 54 : Nombre et pourcentage de PRT en fonction des étapes de traitement des déchets, tous genres confondus (n = 910)



Données sources : RNV3P 2001-2021

Figure 55 : Nombre et pourcentage de PRT en fonction de la pathologie principale (Chapitres de la CIM-10, > 0%) tous genres confondus (n=910)

■ Comparaison de la « population ouvrière OM » avec la « population ouvrière RNV3P »

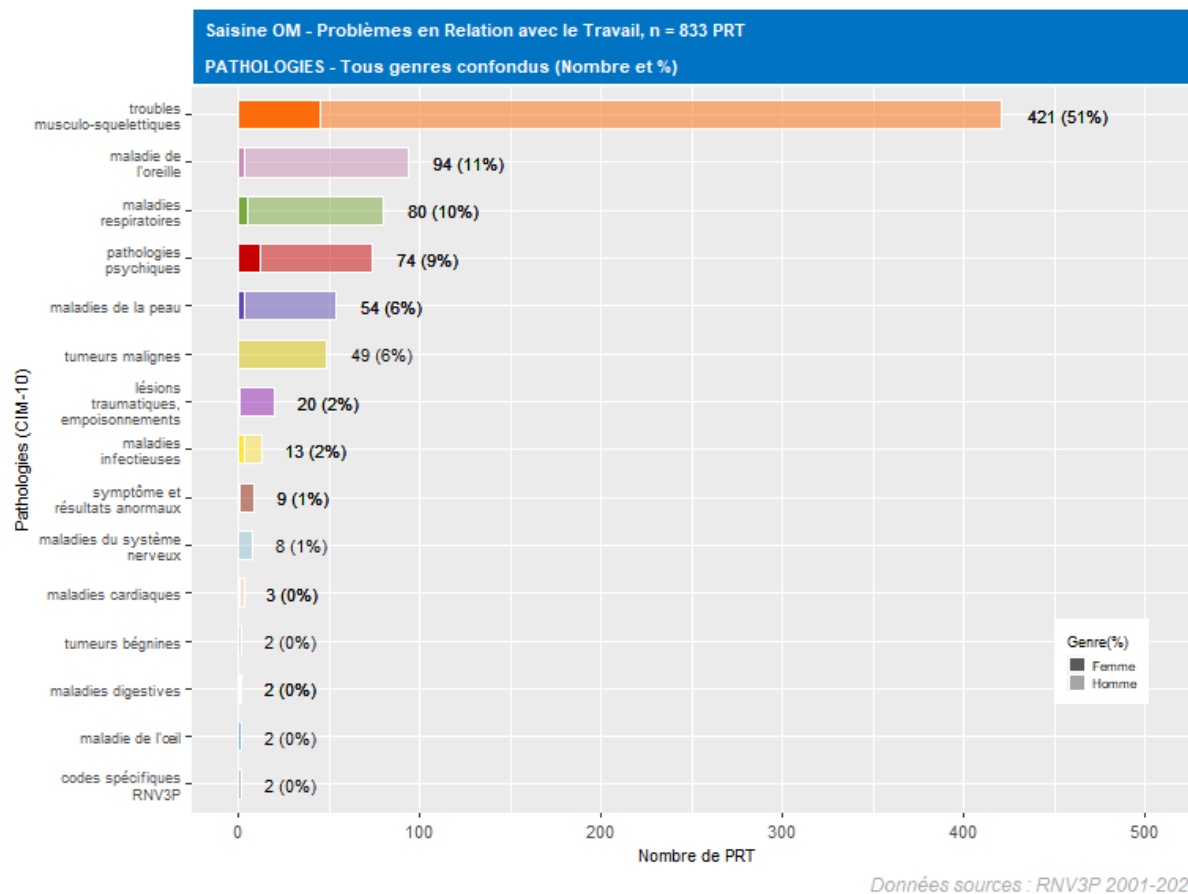


Figure 56 : « Population ouvrière OM » : Nombre et pourcentage de PRT en fonction de la pathologie principale (Chapitres de la CIM-10), tous genres confondus (n=833)

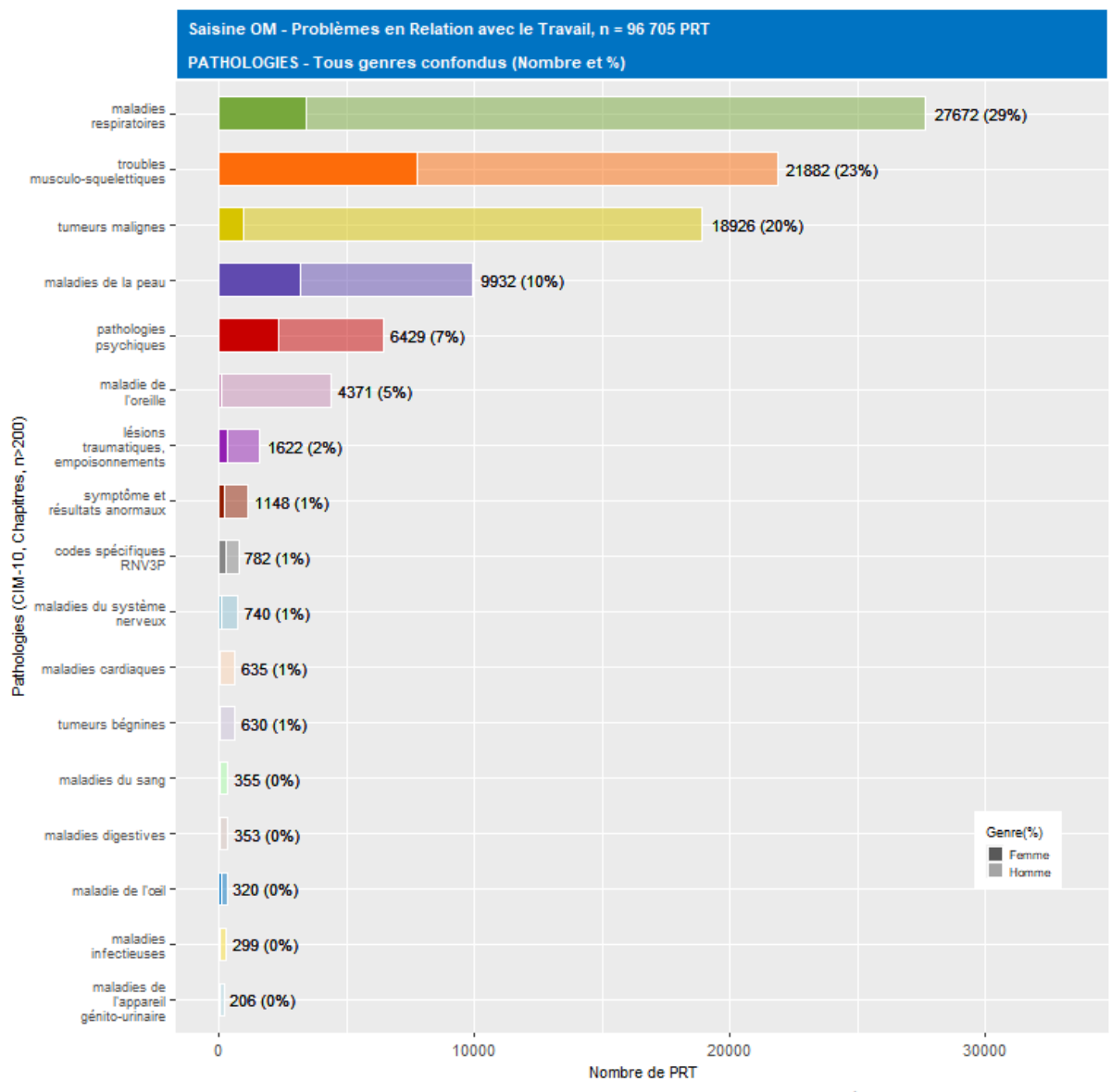


Figure 57 : « Population ouvrière RNV3P » Nombre et pourcentage de PRT en fonction de la pathologie principale (Chapitres de la CIM-10), tous genres confondus (n=96 705)

## Annexe 6 : Fiches étapes - Synthèse des données recensées par étape

### 1. COLLECTE (PAR LES SERVICES D'ENLEVEMENT)

INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE	
<b>Etape</b>	<p>➔ <b>Descriptif synthétique de l'étape en question</b> : Cette opération est définie comme « toute opération de ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets » (article L.541-1-1 du Code de l'environnement). L'étape de collecte débute dès lors que les déchets sont pris en charge par le service d'enlèvement compétent (opérateur public ou privé).</p> <p>➔ <b>Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)</b> :</p> <p>Gisement contribuant (tonnage de déchets entrants) OMA : <b>22 185 kt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– OMR = 16 611 kt (75 %)</li> <li>– Emballages ménagers dont 2120 kt de collecte séparée du verre (10 %) et 3351 kt de collecte séparée de recyclables secs (papiers, cartons, plastiques, métaux et composites) (15 %)</li> <li>– Biodéchets = 1135 kt (déchets verts inclus) dont 83 kt de déchets de produits alimentaires (0,4 %)</li> </ul> <p>➔ <b>Nombre d'établissements/unités légales</b> : 5881 d'après la base Sirène (consultée le 26/04/2023) (limite = beaucoup d'entrepreneurs).</p> <p>➔ <b>Effectifs de travailleurs</b> = <b>40 630</b> salariés [Cnam 2021]</p>
<b>Métiers / Lieux de travail</b>	<p>➔ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape</b> : éboueurs/ripeurs/balayers, conducteurs de benne à ordures ménagères, manutentionnaires chargés du nettoyage et de l'entretien des véhicules de collecte...</p> <p>➔ <b>Liste des différents lieux de travail</b> : voie publique (trottoirs et chaussée et « sites attitrés » (zones spécifiques de dépôt pour le verre et le carton)) en zones urbaine et rurale, « ateliers » (zones de regroupement/repos des équipes de collecte + aires de stationnement/garages/ateliers techniques des véhicules de collecte).</p>
<b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b>	<p>➔ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Depuis 1996 (loi n°96-142)</u>, le Code général des collectivités territoriales (CGCT) instaure la responsabilité des communes pour l'élimination des déchets des ménages (Article L2224-13 du CGCT).</li> <li>– <u>Un décret paru le 10/03/16</u> modifie les règles applicables à la collecte des ordures ménagères par le service public de gestion des déchets.</li> <li>– <u>La loi du 10 février 2020</u> relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire prévoit que les collectivités locales <b>doivent proposer davantage de collectes séparées</b> de déchets aux ménages afin de développer leur recyclage, notamment pour le papier, le</li> </ul>

	<p>carton, le métal, le plastique, le verre. La valorisation des biodéchets est accélérée : généralisation du tri, valorisation grâce au compostage domestique ou partagé ou à <b>une collecte séparée</b>.</p> <p>➔ <b>Recommandations Cnam encadrant l'étape considérée</b></p> <p><u>Recommandation R437 de la Cnam à l'attention des travailleurs des déchets (applicable à compter du 20 novembre 2008) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Mesures de prévention relevant de la compétence du donneur d'ordre</i> : choix des véhicules de collecte en privilégiant la sécurité de l'équipe de collecte (gabarit, cabine basse, hauteur de chargement...), identification des points noirs du plan de tournée et information du prestataire de collecte, conception de voies de circulation facilitant le passage du véhicule de collecte, (ex : zones de demi-tour permettant au véhicule de collecte de ne pas faire de marche arrière)</li> <li>– <i>Mesures de prévention relevant de la compétence du prestataire de collecte</i> : <b>suppression du recours de la marche arrière</b> sauf en cas de manœuvre de repositionnement et <b>suppression du « fini quitté » ou « fini parti »</b>.</li> </ul> <p>➔ <b>Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>L'année 2008 semble marquer un jalon concernant la prévention des risques professionnels</b> = est-ce que les recommandations de la Cnam ont été mises en application ? est-ce qu'elles ont permis d'améliorer la prévention des accidents pendant la collecte ?</li> </ul>															
<b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b>																
<p>Revue et de synthèses</p>	<p>➔ <b>Disponibilité des données et thématiques traitées</b> : Données nombreuses disponibles [1-7] - décrivent les expositions, les effets sanitaires, les risques principaux identifiés, outils d'évaluation et mesures de prévention.</p>															
<p>Exploitation de bases de données en santé au travail</p>	<p>➔ <b>Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données :</b></p> <table border="1" data-bbox="409 979 2076 1347"> <tr> <td data-bbox="409 979 591 1054">Cnam</td> <td data-bbox="591 979 636 1054">x</td> <td data-bbox="636 979 2076 1054">taux et fréquence d'AT-MP des salariés de la collecte des DND (NAF 3811Z) avec la limite qu'il ne s'agit pas uniquement d'OM et que les salariés relevant de l'administration publique ne sont pas pris en compte</td> </tr> <tr> <td data-bbox="409 1054 591 1129">Epicéa</td> <td data-bbox="591 1054 636 1129">x</td> <td data-bbox="636 1054 2076 1129">accidents graves survenus au cours de ces activités – la collecte représente 61% des cas (119 sur un total de 194) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt</td> </tr> <tr> <td data-bbox="409 1129 591 1204">ARIA</td> <td data-bbox="591 1129 636 1204">x</td> <td data-bbox="636 1129 2076 1204">accidents/incidents survenus au sein des installations de collecte - 1% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 1 cas sur 101 au total) relèvent des activités de collecte des DND</td> </tr> <tr> <td data-bbox="409 1204 591 1279">SOLVEX</td> <td data-bbox="591 1204 636 1279"></td> <td data-bbox="636 1204 2076 1279"><i>mesures référencées sous la NAF 3811Z mais ne semblent pas correspondre à des activités de collecte des déchets ménagers</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="409 1279 591 1347">SumerSumer</td> <td data-bbox="591 1279 636 1347">x</td> <td data-bbox="636 1279 2076 1347">expositions professionnelles de 73 ripeurs et 100 conducteurs (Sumer 2010) - comparaison à 42 trieurs, 17 agents de déchetterie et aux autres ouvriers enquêtés dans Sumer 2010 (N=14 328)</td> </tr> </table>	Cnam	x	taux et fréquence d'AT-MP des salariés de la collecte des DND (NAF 3811Z) avec la limite qu'il ne s'agit pas uniquement d'OM et que les salariés relevant de l'administration publique ne sont pas pris en compte	Epicéa	x	accidents graves survenus au cours de ces activités – la collecte représente 61% des cas (119 sur un total de 194) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt	ARIA	x	accidents/incidents survenus au sein des installations de collecte - 1% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 1 cas sur 101 au total) relèvent des activités de collecte des DND	SOLVEX		<i>mesures référencées sous la NAF 3811Z mais ne semblent pas correspondre à des activités de collecte des déchets ménagers</i>	SumerSumer	x	expositions professionnelles de 73 ripeurs et 100 conducteurs (Sumer 2010) - comparaison à 42 trieurs, 17 agents de déchetterie et aux autres ouvriers enquêtés dans Sumer 2010 (N=14 328)
Cnam	x	taux et fréquence d'AT-MP des salariés de la collecte des DND (NAF 3811Z) avec la limite qu'il ne s'agit pas uniquement d'OM et que les salariés relevant de l'administration publique ne sont pas pris en compte														
Epicéa	x	accidents graves survenus au cours de ces activités – la collecte représente 61% des cas (119 sur un total de 194) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt														
ARIA	x	accidents/incidents survenus au sein des installations de collecte - 1% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 1 cas sur 101 au total) relèvent des activités de collecte des DND														
SOLVEX		<i>mesures référencées sous la NAF 3811Z mais ne semblent pas correspondre à des activités de collecte des déchets ménagers</i>														
SumerSumer	x	expositions professionnelles de 73 ripeurs et 100 conducteurs (Sumer 2010) - comparaison à 42 trieurs, 17 agents de déchetterie et aux autres ouvriers enquêtés dans Sumer 2010 (N=14 328)														

	RNV3P	x	694 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités de collecte identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 76% sur un total de 910 PRT) – 45 PRT chez des femmes et 649 chez des hommes (soit 95%) – Les postes les plus représentés (tous genres confondus) sont les éboueurs (44%), les balayeurs (42%) et les conducteurs de BOM (7%).
<b>Exploitation autres sources de données</b>	<p>➔ <b>Données sur les conditions de travail dans la collecte tirées de récit d'interventions ANACT/ARACT pour la prévention des risques professionnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Etude sur la pénibilité du travail des ripeurs (2004) - Anact et Aract Nord-Pas-de-Calais [10]</li> <li>– Etude ergonomique de l'activité de conducteur de matériel de collecte Benne à ordures ménagères : favoriser les parcours professionnels qui préviennent les inaptitudes (2011) - CESTP – Aract Picardie [10]</li> </ul>		
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>			
<b>Expositions des travailleurs / conditions de travail</b>	<p>➔ <b>Quelles sont les expositions documentées ?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</u> : HAP [7] Les éboueurs sont, beaucoup plus que les autres ouvriers, concernés par l'exposition aux gaz d'échappement diesel. Le taux d'exposition est de 25%. C'est deux fois plus que les autres ouvriers, mais on peut trouver ce chiffre étonnamment faible au vu de la situation générale des éboueurs, qui travaillent en général derrière des camions-bennes en marche. Les conducteurs de benne sont nettement plus exposés aux gaz d'échappement diesel que les autres ouvriers. [SumerSumer]</li> <li>– <u>Agents biologiques</u> : particules d'agents biologiques dispersés dans l'air (<b>bioaérosols</b>) [6]* ; bactéries, champignons, endotoxines [7] ; virus hépatite B [4] Les éboueurs sont, beaucoup plus que les autres ouvriers, concernés par l'exposition aux agents biologiques - 92% des éboueurs ont été exposés à des agents biologiques lors de la dernière semaine travaillée avant l'enquête, selon les médecins du travail qui ont réalisé l'enquête Sumer en 2010. [SumerSumer]</li> <li>– Odeurs</li> </ul>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Agents physiques</u> : bruit [7] ; vibrations [3] Les éboueurs sont particulièrement exposés au port de charges lourdes et au bruit. Les conducteurs de benne bénéficient de conditions de travail meilleures que les autres ouvriers dans la plupart des dimensions, notamment physiques. [SumerSumer]</li> <li>- <u>Facteurs biomécaniques</u> : réponses énergétiques (consommation maximale d'oxygène, rythme cardiaque, noradrenaline dans les urines), pression lombaire [7] ; port de charge, travail en force, torsions, manutention, postures étranges [3]</li> <li>- <u>Facteurs organisationnels, violences au travail...</u> : Travail répétitif avec cycles élevés, durée de travail importante [3] Les éboueurs ne semblent pas affectés par une intensité du travail particulièrement élevée mais ils manquent d'autonomie dans leur travail, davantage encore que les autres ouvriers : ils disent plus souvent ne pas pouvoir prendre des décisions eux-mêmes ou ne pas avoir la possibilité d'influencer le déroulement de leur travail. Les autres risques psychosociaux qui les concernent sont l'exposition à des agressions verbales ou physiques ainsi que le sentiment d'être traités injustement dans leur travail. Les conducteurs de benne bénéficient de conditions de travail meilleures que les autres ouvriers dans la plupart des dimensions, notamment psychosociales. C'est notamment vrai pour l'autonomie au travail : ils sont plus nombreux à pouvoir prendre des décisions et à influencer le déroulement de leur travail. Ils signalent toutefois un peu moins de soutien de la part des collègues. [SumerSumer]</li> <li>- Lieu et local de travail</li> <li>- Equipement, outil, machine et engin de travail</li> <li>- <u>Autres</u> <u>Qualité de la prévention selon les médecins du travail</u> - dans l'enquête Sumer, les médecins du travail donnent leur avis synthétique sur la qualité de la prévention au poste de travail du répondant dans quatre domaines (risques physiques, chimiques, organisationnels et biologiques) - En matière d'exposition aux agents biologiques, la qualité de la prévention est plus souvent jugée mauvaise que pour les autres ouvriers exposés à de tels agents ; c'est particulièrement le cas pour les ripeurs (et les trieurs). Dans l'ensemble, la qualité de la prévention des risques organisationnels est médiocre pour les métiers liés au déchets ménagers. Les différences entre métiers sont moins marquées pour la prévention des risques chimiques. [SumerSumer]</li> </ul> <p><b><u>*ces données concernent indifféremment les étapes de collecte et de tri</u></b></p>
Vécu subjectif des travailleurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Manques de reconnaissance, peurs...</b> : éléments du rapport Anses (2019) [8]</li> <li>- vulnérabilité des éboueurs âgés de 50 ans et plus en matière d'accidentologie, en raison du déclin des habiletés physiques et du stress mental accentué par les troubles de la vision (notamment au moment de la journée où la luminosité est plus faible), de l'audition et de la mobilité.</li> <li>- Evocation de la question de la transfiguration du « sale boulot » en « bon boulot » via les transgressions des règles prescrites et le risque d'atteintes à la santé sur le long terme (ex : auto-accélération et comportements virilistes)</li> <li>- Mention de l'ennui ou la monotonie ressentis par les éboueurs à certains moments de leur travail.</li> <li>- Rituels pour tenir à distance les émotions et affects négatifs comme la peur, le dégoût ou la honte</li> </ul>

<p>Effets sanitaires rapportés observés /</p>	<p>➔ <b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>TMS</b> +++ (manutention ou gestes répétitifs) (<i>niveau de preuve convaincant</i>) [6]* et [3] (lombaires) – Les TMS sont les PRT les plus fréquemment observées pour les travailleurs de la collecte (&gt;50%), tous genres confondus. Les atteintes les plus fréquentes sont localisées au niveau de l'épaule, du dos et des tendons du coude [RNV3P]</li> <li>○ risque faible de <b>maladies infectieuses</b> (cas avérés d'hépatite B), lié à la présence éventuelle dans les déchets d'objets piquants-tranchants souillés par du sang (Grèce et Brésil) - – niveau de preuve convaincant &gt;&gt;&gt; risques mineurs en France [6]*</li> <li>○ présentent plus de <b>troubles respiratoires aigus</b> (<i>niveau de preuve convaincant</i>) et souffrent plus souvent de troubles gastro-intestinaux (<i>niveau de preuve probable</i>) &gt;&gt;&gt; souvent liés aux bioaérosols présents dans les ambiances de travail [6]* et [7] pour les troubles respiratoires - Des maladies respiratoires sont observées pour les travailleurs de la collecte (8% des PRT observées), tous genres confondus [RNV3P]</li> <li>○ Des maladies de l'oreilles sont observées pour les travailleurs de la collecte (13% des PRT observées), tous genres confondus. Il s'agit principalement de surdités et pertes de l'audition [RNV3P]</li> <li>○ Des maladies de la peau sont observées pour les travailleurs de la collecte (7% des PRT observées), tous genres confondus [RNV3P]</li> <li>○ Des tumeurs malignes sont observées pour les travailleurs de la collecte (6% des PRT observées), tous genres confondus [RNV3P]</li> </ul> </li> <li>• <u>Effets sur la santé mentale</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ stress (biologiquement mesuré - adrénaline et cortisol) [7]</li> <li>○ Des pathologies psychiques sont observées pour les travailleurs de la collecte (7% des PRT observées), tous genres confondus. Il s'agit de troubles anxieux, épisodes dépressifs et autres réactions face à un facteur de stress. [RNV3P]</li> </ul> </li> <li>• <u>Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ les risques de blessures sont pointés, mais pas spécifiés. Seules sont précisées les causes de ces blessures : choc, collision, objet coupant ou pointu [7]</li> <li>○ chutes de hauteur et de plain-pied [7]</li> <li>○ les récits d'accidents recensés dans la base EPICEA font état de nombreuses blessures dont les plus graves sont des fractures, amputations et traumatismes crâniens.</li> </ul> </li> </ul> <p><b><i>*ces données concernent indifféremment les étapes de collecte et de tri</i></b></p>
---	---

<b>Risques accidentels</b>	<p>➔ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : La collecte représente 61% (soit n=119) des 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa. 77 cas de décès (sur 117 décès recensés au total dans notre population d'étude, soit 66% du nombre total de décès) sont dénombrés parmi les accidents recensés dans la collecte. La typologie des 119 accidents survenus sur la période 1990-2021 est présentée sur le graphe ci-dessous. Un tiers des accidents sont des collisions engins-piétons (collision entre le camion benne et le ripeur) et près de 20% sont des accidents de la circulation (ripeur renversé par le véhicule d'un particulier). Viennent ensuite des accidents machine (membre du ripeur happé/coincé par la BOM) et les malaises. Les accidents concernent majoritairement les ripeurs (82%), puis les conducteurs (15%).</p> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : 1% des accidents identifiés dans la base (soit 1 cas sur 101 au total) sont en lien avec les activités de collecte en porte à porte des DND. Il s'agit d'un cas d'intoxication de 2 éboueurs par des gaz de mercure et nitrate d'argent qui se sont dégagés lors du compactage des OM par le camion benne et ont entraîné leur hospitalisation. Cet incident est lié à la présence de bouteilles de gaz dans les OM qui auraient dues être déposées en déchetterie.</p> <p>➔ <b>Informations issues de SumerSumer</b> : Les éboueurs signalent plus souvent un accident du travail au cours des 12 derniers mois que les autres ouvriers.</p>
--------------------------------	--

<p><b>Conditions de travail</b></p>	<p><u>Etude sur la pénibilité du travail des ripeurs (2004)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Forte dégradation de l'état de santé avec l'âge</b> = espérance de vie à 60 ans : ripeurs employés dans les collectivités territoriales (16 ans) en dessous de celle des ouvriers non qualifiés en France (17 ans) et loin derrière celle de l'ensemble de la population masculine au même âge (19,4 ans).</li> <li>- Entretiens avec les ripeurs retraités = mise en évidence de <b>nombreux facteurs de pénibilité</b> notamment les <b>manutentions manuelles (+++)</b>, les <b>longues durées de travail</b> et <b>l'obligation de se dépêcher</b>. Identification d'améliorations, au fil des années, avec notamment l'arrivée des containers. Nombreuses inaptitudes déclarées après 57 ans.</li> <li>- Analyse du travail = la pénibilité revêt de multiples formes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• activité physique intense, impact du type de containers dans la pénibilité physique</li> <li>• dangers liés à la circulation routière, aux conditions météorologiques et aux comportements des automobilistes, chutes et entorses lors des déplacements (à l'origine de nombreux accidents du travail),</li> <li>• risque d'être happé par la benne, de se couper avec des éclats de verre, de se coincer les doigts,</li> <li>• risques de TMS liés aux manutentions et descentes du marchepied</li> <li>• contraintes horaires serrées, imposées par les donneurs d'ordre - les ripeurs développent de multiples stratégies, et se dispensent d'appliquer les recommandations concernant les gestes et postures - Trois types d'exigences pèsent sur leur travail : la productivité, la satisfaction de l'utilisateur, le respect des règles de sécurité.</li> </ul> </li> </ul> <p>L'analyse démographique et l'analyse de l'activité de travail ont permis de dégager des préconisations pour améliorer les conditions de travail : rythmes assurant une meilleure sécurité, temps de récupération en cas de surcharge imprévue, développement de stratégies d'entraide...</p> <p><u>Etude ergonomique de l'activité de conducteur de Benne à ordures ménagères (2011)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation étroite entre contraintes organisationnelles et risque d'accident (et d'inaptitudes)</li> <li>- Sollicitations cognitives doubles : conduite d'un véhicule + conduite simultanée d'une équipe de collecte &gt;&gt;&gt; nécessité d'une attention et d'une concentration permanentes</li> <li>- Multiples contraintes impactent l'activité sur le plan des sollicitations cognitives, psychiques et physiques &gt;&gt;&gt; Contraintes particulièrement impactantes (fatigue +++) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériel = améliorations unanimement signalées par les conducteurs dans ce domaine</li> <li>• Composition des équipages = changements fréquents facteurs d'hyper-sollicitations – les conducteurs préconisent des équipages fixes</li> <li>• Lever tôt = assimilable au travail de nuit</li> <li>• Durée de travail (entre 10h et 14h) = variations significatives de l'horaire de fin de tournée selon le type de tournée, les périodes...</li> </ul> </li> </ul> <p>Plusieurs pistes pour la prévention en santé au travail sont ensuite proposées.</p>
-------------------------------------	--

<b>Remarques</b>	<p>➔ <u>Thématiques non traitées</u> = l'état de santé au moment de la retraite, mortalité par pathologies/liée à l'usure professionnelle. Quid de l'exercice d'autres activités professionnelles (BTP, entretien espaces verts...) et du rôle relatif des différentes activités dans l'apparition des pathologies ? Similitudes avec la question des égoutiers (activités en plus de leur métier principal).</p> <p>➔ <u>Limite décrite par les auteurs de l'étude Asante (2009) [3]</u> = Classement des TMS comme troubles physiologiques (ce qui est discutable) – manque général, non spécifique de la collecte - avec le problème supplémentaire qu'il n'existe pas de consensus définitoire sur ce que sont les troubles lombaires (ce qui conduit à une sur/sous-estimation selon les études, effet renforcé par le poids du genre et des cultures professionnelles dans la sur/sous-déclaration des problèmes de dos). Par ailleurs, les articles analysés n'ont pas étudié systématiquement les rapports entre facteurs de risque (essentiellement biomécaniques) et prévalence de problèmes lombaires (p.40) [3]</p> <p>➔ <u>Quid du monoripage ?</u> Quelques éléments à retenir issus d'une publication de l'INRS datant de 2017 [9] = Les contraintes économiques engendrent un développement de la pratique du monoripage. Les entreprises qui pratiquent le monoripage déclarent avoir aménagé les collectes en monoripage pour réduire les risques pour la santé et la sécurité. Or, une étude menée par l'INRS montre que <b>la collecte en monoripage présente</b> malgré tout, par rapport à celle en biripage, un <b>risque plus élevé de troubles musculosquelettiques et une astreinte cardiaque excessive</b>. Les collectivités territoriales, par le biais des cahiers des charges des marchés de collecte, peuvent imposer les conditions sous lesquelles le monoripage peut être pratiqué.</p> <p>➔ Apparition 1/ des containers sur roues puis 2/ des systèmes automatisés pour lever les containers et les vider dans la BOM (diminution du port de charges)</p>
<b>REFERENCES</b>	<p>[1] Madsen et al (2021) ; [2] Van Kampen (2020) ; [3] Asante (2019) ; [4] Mol et al (2017) ; [5] Ncube et al (2017) ; [6] Anzivino et al (2012) ; [7] Kuijer (2010) ; [8] Anses (2019) ; [9] Delecroix et al (2017) Développement du monoripage et conditions de travail - une étude de l'INRS ; [10] Anact (2016) L'amélioration des conditions de travail dans les activités du recyclage de déchets - Synthèse documentaire</p>

## 2. COLLECTE (EN DECHETTERIE)

INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE	
<b>Etape</b>	<p>➔ <b>Descriptif synthétique de l'étape en question</b> : centre assurant la réception de déchets apportés par les ménages, elles peuvent également accepter l'ouverture aux artisans sous certaines conditions (financières, volume, etc.).</p> <p>➔ <b>Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Selon les centres, des déchets de natures diverses peuvent être admis (liste non exhaustive) : les métaux, le verre, les cartons et papiers, les plastiques (recyclage) ; les déchets verts et autres matières organiques (compostage) ; les produits consommables (éventuellement pour des associations caritatives) ; les piles électriques et les batteries ; les pneumatiques ; les huiles moteurs usagées ; certaines ampoules électriques et les néons (notamment basse consommation); les encombrants ; les appareils électriques et électroniques (DEEE); les gravats ; le bois (recyclage) ; les déchets de soins piquants (DASRI) ; le tout venant...</li> <li>– 14 824 kt de déchets ménagers et assimilés (déchets occasionnels + OMA) ont été pris en charge en déchetterie en 2019 : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plus de la moitié des flux collectés sont des déchets verts (28%) ou des déblais et gravats (25%)</li> <li>○ 23% sont des encombrants,</li> <li>○ 15% sont des déchets recyclables (1 237 kt de déchets de bois, 583 kt de déchets métalliques, 384 kt de papiers-cartons et 27 kt de plastiques, textiles...)</li> <li>○ Les 10% restants sont du mobilier, des DEEE et des déchets dangereux (1%) [ITOM 2020]</li> </ul> </li> <li>– 73 % des déchets collectés sont envoyés dans des filières de valorisation (matière, organique et/ou énergétique) (1). Destination des déchets collectés par les déchetteries, en France, en 2009 : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Valorisation matière : 2 430 969 t soit 22 %</li> <li>○ Valorisation organique : 3 556 456 t soit 33 %</li> <li>○ Valorisation énergétique : 406 343 t soit 4 %</li> <li>○ Stockage ISDND* : 2 656 597 t soit 25 %</li> <li>○ Stockage ISDI* : 1 729 014 t soit 16 %</li> </ul> </li> </ul> <p>➔ <b>Nombre d'installations</b> : 4 612 déchetteries situées en France ont été dénombrées en 2016 (1). Parc de 4 615 installations recensées en 2019 [ITOM 2020].</p> <p>➔ <b>Effectifs de travailleurs</b> : ? Il est habituellement considéré que, au-delà de 40 usagers par heure, la déchetterie doit comprendre au minimum deux opérateurs. Ce ratio est augmenté en conséquence, par tranches de 40 usagers par heure. [INRS 2018]</p>
<b>Métiers / Lieux de travail</b>	<p>➔ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape</b> : gardien de déchetterie ou agent d'accueil de déchetterie (surveillance, gestion des équipements et accueil des publics en déchetterie), chauffeur/conducteur d'engins</p>

	<p>➔ <b>Liste des différents lieux de travail</b> : accueil/réception, zones de stockage, postes de broyage/compactage, pont-basculé, zone de bâchage, aire de pesage, zones de chargement...</p>	
<p><b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b></p>	<p>➔ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Les installations de collecte de déchets relèvent de la nomenclature des installations classées au sein de laquelle elles sont répertoriées sous la rubrique 2710.</li> <li>– Des arrêtés mentionnent les prescriptions générales qui leur sont applicables selon qu'il s'agit d'installations de collecte de déchets dangereux (rubrique n° 2710-1) ou non dangereux (rubrique n° 2710-2).</li> <li>– Un arrêté précise les prescriptions relatives au broyage des végétaux sur la déchetterie (rubrique 2791).</li> <li>– Les activités de transit sont également à prendre en compte.</li> </ul> <p>➔ <b>Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)</b></p> <p>RAS.</p>	
	<p><b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b></p>	
<p><b>Revue et rapports de synthèse</b></p>	<p>➔ <b>Disponibilité des données et thématiques traitées</b> : Peu de données au global - Pas de données spécifiques sur les effets sanitaires pour les travailleurs de ce type d'installations – Un document récent concerne toutefois la prévention des risques dès la conception des déchetteries : évocation de facteurs organisationnels, peu évoqués par ailleurs - mention des risques mais pas d'évaluation des risques (2).</p>	
<p><b>Exploitation de bases de données en santé au travail</b></p>	<p>➔ <b>Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données</b> :</p>	
	Cnam	l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de collecte en déchetterie
	Epicéa	x accidents graves survenus au cours de ces activités – la déchetterie représente 9 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt
	ARIA	x accidents/incidents survenus au sein des installations de collecte - 7% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 7 cas sur 101 au total) relèvent d'activités en déchetteries et 4% ont eu lieu en centre de collecte des DND (assimilables aux déchetteries ?).
	SOLVEX	quelques données sont disponibles pour les travailleurs des déchetteries (code B9020 – Gestion et surveillance des déchetteries) - De manière non spécifique à l'étape de collecte en déchetterie, la majorité des mesures disponibles portent sur des poussières inhalables et alvéolaires, des aérosols métalliques (Pb, Fe, Ni, Al), de l'ammoniac, du H2S et des COV.
	Sumer	x expositions professionnelles de 17 agents de déchetterie (Sumer 2010) - comparaison à 73 ripeurs, 100 conducteurs de BOM, 42 trieurs et aux autres ouvriers enquêtés dans Sumer 2010 (N=14 328)
	RNV3P	x 58 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités en déchetterie identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 6% sur un total de 910 PRT) – 9 PRT chez des femmes et 49 chez des hommes (soit 84%) – Les postes

	représentés (tous genres confondus) sont assez divers : trieurs de déchets, éboueurs, postes administratifs, balayeurs, gardiens, techniciens, manœuvres et conducteurs d'engins
<b>Exploitation autres sources de données</b>	→ Pas d'autres données spécifiques consultées
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>	
<b>Expositions des travailleurs / conditions de travail</b>	<p>→ <b>Quelles sont les expositions documentées ?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</u> : Solvants, acides, sels métalliques, produits chimiques, peintures, vernis, colles, mercure des thermomètres, produits de nettoyage et phytosanitaires, hydrocarbures, gaz d'échappement, poussières, amiante (2). Produits pyrotechniques, générateurs de gaz et aérosols, extincteurs, filtres à huile ou carburants (2) Les agents de déchetterie apparaissent plus exposés que les autres ouvriers à des produits cancérigènes comme les huiles minérales entières, les fibres céramiques, les HAP, l'amiante ou le plomb. [Sumer]</li> <li>- <u>Agents biologiques</u> : Déchets d'activités de soins à risques infectieux, Pollens</li> <li>- Odeurs</li> <li>- <u>Agents physiques</u> : Bruit, chaleur, froid, humidité, électricité, travail en hauteur, objets coupants, camions d'enlèvement Les agents de déchetterie se distinguent par une faible exposition aux contraintes physiques. [Sumer]</li> <li>- <u>Facteurs biomécaniques</u> : travail avec force, postures</li> <li>- <u>Facteurs organisationnels, violences au travail...</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les agents de déchetterie sont fortement exposés au manque de soutien social (des collègues ou de la hiérarchie) et de reconnaissance pour leur travail, ainsi qu'à des violences (agressions physiques ou verbales). [Sumer]</li> <li>○ Situations de conflits/agressions physiques ou verbales des usagers, les chauffeurs, les récupérateurs, isolement, pression temporelle (multiplicité des tâches), horaires de travail (le samedi et parfois le dimanche matin)</li> <li>○ L'activité de Contrôle et gestion des événements nocturnes sur la déchetterie (intrusion, dégradation, désordres...) est source de risques pour la santé mentale pouvant se traduire par du découragement, de l'énervement. Les désordres constituent une contrainte forte en début de semaine (principalement le lundi) et sont considérés par les opérateurs comme une agression personnelle. Ils concernent en particulier les « dépôts sauvages », à gérer dès l'ouverture de la déchetterie. [INRS 2018]</li> <li>○ Problématique du travailleur isolé.</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les agents de déchetterie se distinguent par une faible exposition à l'intensité du travail et au manque d'autonomie. [Sumer]</li> <li>- <u>Lieu et local de travail</u> : Déchetterie - une partie du travail se fait en plein air (surveillance...) et une partie dans un bureau d'accueil (travail administratif).</li> <li>- <u>Equipement, outil, machine et engin de travail</u> : Différents équipements sont mis en place dans les déchetterie pour faciliter la réception, le stockage et la mise en œuvre des opérations pour le traitement ultérieur des déchets collectés, tels broyeurs, bras-tasseurs, presses verticales, compacteurs, balayeuses, bennes avec fermeture à capot, engins chargeurs, ponts-basculés, etc. Une variabilité importante existe d'une déchetterie à l'autre. [INRS 2018]</li> <li>- <u>Autres</u> <u>Qualité de la prévention selon les médecins du travail</u> - dans l'enquête Sumer, les médecins du travail donnent leur avis synthétique sur la qualité de la prévention au poste de travail du répondant dans quatre domaines (risques physiques, chimiques, organisationnels et biologiques) - En matière d'exposition aux agents biologiques, la qualité de la prévention est plus souvent jugée mauvaise que pour les autres ouvriers exposés à de tels agents ; c'est particulièrement le cas pour les ripeurs (et les trieurs). Dans l'ensemble, la qualité de la prévention des risques organisationnels est médiocre pour les métiers liés au déchets ménagers. Les différences entre métiers sont moins marquées pour la prévention des risques chimiques. [Sumer]</li> </ul>
<b>Vécu subjectif des travailleurs</b>	→ <b>Pas de données spécifiques identifiées</b>
<b>Effets sanitaires rapportés</b>	<p>→ <b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TMS, Dorsalgies, lombalgies, sciatgies - Les TMS sont les PRT les plus fréquemment observées pour les travailleurs des déchetteries (&gt;40%), tous genres confondus. Les atteintes les plus fréquentes sont localisées au niveau de l'épaule, du dos et « mononévrite du membre supérieur » [RNV3P]</li> <li>○ troubles respiratoires, allergies, irritations des yeux, dermatoses, causés par les particules en suspension - Les pathologies respiratoires représentent 17% des PRT recensées pour les travailleurs des déchetteries. Les atteintes les plus fréquentes sont de l'asthme (5PRT), 1 BPCO et 1 emphysème [RNV3P]</li> <li>○ Leptospiroses en cas de présence de rongeurs</li> <li>○ Des « lésions traumatiques, empoisonnements » sont observées pour les travailleurs des déchetteries (7% des PRT observées), tous genres confondus [RNV3P]</li> <li>○ Quelques cas de maladies de la peau et de tumeurs malignes sont observées pour les travailleurs des déchetteries (3% des PRT observées pour chacune), tous genres confondus [RNV3P]</li> </ul> </li> <li>• <u>Effets sur la santé mentale</u></li> </ul>

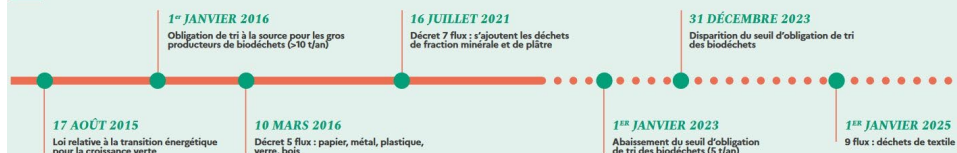
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les pathologies psychiques représentent 21% des PRT recensées pour les travailleurs des déchetteries. Les atteintes les plus fréquemment recensées sont des troubles anxieux, épisodes dépressifs et « réaction à un facteur de stress sévère, et troubles de l'adaptation » [RNV3P]</li> <li>• <u>Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Chute de hauteur, coupure, piqûres, brûlures, contusions</li> </ul> </li> </ul> <p>➔ Concentration de risques divers liés aux différents flux de déchets qui transitent par le site.</p>
<b>Risques accidentels</b>	<p>➔ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : sur les 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa, 9 sont associés aux activités en déchetteries (et 7 ont entraîné un décès). Les typologies d'accidents décrites sont variées : 2 accidents machine (ayant entraîné des blessures par coincement d'un membre ou le décès par coincement du thorax), 2 chutes de hauteur dans des bennes (dont 1 ayant causé le décès de la victime), 2 collisions engins-salariés avec écrasement par un enfin circulant en marche arrière et décès de la victime, 2 malaises cardiaques qui ont entraîné le décès des victimes et 1 accident d'engin au moment du déchargement de déchets (décès par écrasement). 6 accidents concernent des gardiens de déchetterie, 2 des conducteurs d'engins et 1 un mécanicien.</p> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : dans la base ARIA, sur 101 accidents, 7 sont enregistrés sur une déchetterie (2 incendies, 2 intoxications, 2 chutes et 1 explosion). Aucun n'est en récurrence. Les intoxications sont liées au stockage de déchets chimiques sur le site et entraînent des atteintes respiratoires pour les gardiens/agents de déchetterie (Irritations, brûlures, gêne respiratoire). Les chutes se soldent par un blessé léger et une hospitalisation de plusieurs jours en soins intensifs. Les autres accidents n'ont pas induit d'atteintes à l'intégrité physique des travailleurs du site.</p> <p>En complément, 4 cas supplémentaires identifiés dans la base ont eu lieu dans des centres de collecte des DND. Ces activités peuvent sans doute être assimilées aux activités en déchetterie. 4 cas sont des incendies qui se sont déclarés dans des hangars de collecte et n'ont pas entraîné de conséquences sanitaires pour les travailleurs du site.</p>
<b>Remarques</b>	<p>➔ Difficulté de trouver les termes équivalents en anglais pour réaliser les recherches de données - Est-ce que c'est une pratique très répandue dans les autres pays? (Wertstoffhof en Allemagne)</p> <p>➔ Quid de l'élargissement / diversification des activités sur les sites de déchetteries?</p>
<b>Références</b>	<p>(1) Enquête nationale ADEME 2019 / Référentiel national 2019 des coûts du service public de gestion des déchets (données 2016)</p> <p>(2) INRS 2018</p>

## 3. TRI

INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE	
Etape	<p>→ <b>Descriptif synthétique de l'étape en question</b> : Une fois la collecte des déchets effectuée, il est parfois nécessaire de les acheminer vers une installation de tri et/ou de prétraitement afin de faciliter leur intégration en aval dans une filière de valorisation. <b>Des opérations de tri sont réalisées</b> dans le cas où les exigences en termes de séparation des industries en aval n'ont pu être atteintes à l'issue de la collecte, même sélective. Avant acheminement vers des centres de recyclage, les déchets recyclables secs ménagers (emballages ménagers et papiers-cartons) sont pris en charge en centres de tri.</p> <p>→ <b>Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 15,89 Mt de déchets entrants dont 60% sont valorisés à la sortie : 50% des déchets entrants sont des matériaux recyclables, 26% sont des déchets industriels et banals en mélange, 11% sont des équipements hors d'usage, 10% des gravats et déblais, 1% sont des résidus de traitement, le reste contient en partie des déchets dangereux. [ITOM 2020]</li> </ul> <p>→ <b>Nombre d'installations</b> : 629 centres de tri dont 364 sont des centres de tri DMA (déchets ménagers et assimilés) qui représentent 18 % des déchets entrant dans les différentes installations de traitement des OM (ITOM). Ce taux augmente de 2004 à 2016 puis diminue. Le nombre de centre de tri DMA est plus important en 2020 qu'en 2004 mais est plus faible qu'en 2018. [ITOM 2020]</p> <p>→ <b>Effectifs de travailleurs</b> : 10 083 salariés en centres de tri DMA (ITOM 2020)</p>
Métiers / Lieux de travail	<p>→ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape</b> : Trieur de déchets, Chef de quart, Agent de caractérisation, Opérateur de presse à balle, Conducteur d'engin, Agent de quai, Agent de maintenance</p> <p>→ <b>Liste des différents lieux de travail</b> : postes de tri, poste de pontonnier (chargement/déchargement)...</p>
Encadrement réglementaire spécifique de l'étape	<p>→ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <p><b>L'arrêté du 12 juillet 2011</b> fixe des seuils de production au-delà desquels les émetteurs –tous secteurs confondus (restauration, industries agroalimentaires...) –sont tenus de trier et traiter les biodéchets.</p> <p><b>Décret du 10/03/16</b> portant diverses dispositions d'adaptation et de simplification dans le domaine de la prévention et de la gestion des déchets : il prévoit de nouvelles mesures pour le tri et la collecte séparée par les producteurs ou détenteurs de déchets de papier, de métal, de plastique, de verre et de bois.</p>

**Décret du 16/09/2021** relatif aux conditions d'élimination des déchets non dangereux : il a pour objet l'interdiction de stockage des déchets non dangereux non inertes valorisables et la justification du respect des obligations de tri avant élimination par mise en décharge ou incinération.

#### LES GRANDES ÉTAPES DE L'APPLICATION DE LA LOI



[Obligations réglementaires | Optigede - ADEME](#)

La loi sur le tri sélectif (**loi « Grenelle I »** du 3 août 2009) oblige les entreprises et les particuliers à trier les déchets pour les valoriser. Elle encourage également le développement de systèmes de recyclage plus performants et l'utilisation de matériaux durables dans la production de produits.

**Loi AGECE** : Environnement -Loi anti-gaspillage pour une économie circulaire : mesures en place et à venir | Service-public.fr : Élargir le déploiement des poubelles de tri dans l'espace public...

➔ **Pas de réglementations/recommandations spécifiques identifiées concernant la santé des travailleurs du compostage**

➔ **Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)**

– Ces 10 dernières années, avec une intensification depuis 2020, incitations au tri à la source des déchets des ménages – augmentation des volumes de recyclables à prendre en charge dans les centres de tri

#### COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES

##### Revue et rapports de synthèse

➔ **Disponibilité des données, thématiques traitées** : Disponibilité de données sur les expositions (qualitatives), la santé, les risques et les mesures de prévention (1 ; 2 ; 3) - listing des risques (toutes typologies) et moyens de prévention associés aux différentes étapes du tri, risques biologiques liés à la présence de Dasri, mesures techniques et organisationnelles afin de limiter les accidents, impacts sanitaires de l'extension des consignes de tri sur les trieurs (intervention ergonomique) - Pas de données de mesure des expositions.

Exploitation de bases de données en santé au travail	<b>→ Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données :</b>	
	Cnam	l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de tri
	Epicéa	x accidents graves survenus au cours de ces activités – le tri représente 11% des cas (22 sur un total de 194) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt
	ARIA	x accidents/incidents survenus au sein des centres de tri - 39% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 39 cas sur 101 au total) ont eu lieu dans un centre de tri de DND
	SOLVEX	quelques données sont disponibles pour les travailleurs des centres de tri (ex : code A2090 – tri manuel et code B9080 - tri sélectif de déchets valorisables) sans possibilité de clairement les identifier - De manière non spécifique à l'étape de tri, la majorité des mesures disponibles portent sur des poussières inhalables et alvéolaires, des aérosols métalliques (Pb, Fe, Ni, Al), de l'ammoniac, du H2S et des COV
	Sumer	x expositions professionnelles de 42 trieurs (Sumer 2010) - comparaison à 73 ripeurs, 100 conducteurs de BOM, 17 agents de déchetterie et aux autres ouvriers enquêtés dans Sumer 2010 (N=14 328)
RNV3P	x 73 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités de tri identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 8% sur un total de 910 PRT) – 38 PRT chez des femmes et 35 chez des hommes, soit une répartition 50/50 – Les postes les plus représentés (tous genres confondus) sont les trieurs de déchets (77%), les conducteurs d'engins (8%) et les chauffeurs de poids lourds (8%). Chez les femmes, 92% des cas de la base sont des trieuses de déchets alors que chez les hommes, 60% des cas sont des trieurs, 17% des chauffeurs PL, 14% des conducteurs d'engins et 6% des conducteurs de machines.	
Exploitation autres sources de données	<b>→ Publications (4-16) concernant l'exposition aux particules, bioaérosols, et conséquences sur la santé pour les travailleurs du secteur du tri</b> <b>→ Données sur les conditions de travail dans les centres de tri tirées de récit d'interventions ANACT/ARACT pour la prévention des risques professionnels :</b> – <u>Communauté urbaine Cherbourg : centre de tri des résidus urbains : diagnostic TMS, 2009 (17)</u>	
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>		
Expositions des travailleurs / conditions de travail	<b>→ Quelles sont les expositions documentées ?</b> – <u>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Particules, gaz d'échappement, projection de produits chimiques sur certaines étapes (presse) (1)</li> </ul> – <u>Agents biologiques</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bioaérosols (1 ; 4-16)</li> <li>○ Virus hépatite B, hépatite C (1 ; 3), VIH (3) (accident d'exposition au sang)</li> </ul> – <u>Odeurs</u> : oui (1)	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Agents physiques</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bruit, vibrations, température extrêmes, hygrométrie, incendie et explosions, coup de fouet (rupture ligatures), projections (1)</li> <li>○ Les trieurs sont exposés au port de charges lourdes, aux postures pénibles, au bruit intense [Sumer].</li> </ul> </li> <li>- <u>Facteurs biomécaniques</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ mouvements répétitifs (1 ; 2 ; 3)</li> <li>○ Travail debout, postures contraignantes et positions extrêmes, élévation des membres supérieurs (1)</li> </ul> </li> <li>- <u>Facteurs organisationnels, violences au travail...</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Maintien soutenu de l'attention, répétitivités gestuelles effectuées sous contraintes temporelles, travail posté, à la vitesse de défilement des convoyeurs, exigence de qualité du travail, vigilance pour faire face à des produits indésirables, voire dangereux (piquants-coupants-tranchants principalement, et produits corrosifs) (1)</li> <li>○ Travail à la chaîne, cadences imposées, changements organisationnels pour s'adapter au nouveau flux de déchets avec déstructuration des équipes de tri (2)</li> <li>○ Débit de déchets triés (3)</li> <li>○ Les trieurs sont particulièrement exposés au travail répétitif (plus de 10 heures par semaine), autant ou davantage que les autres ouvriers. L'intensité de leur travail est particulièrement élevée pour des ouvriers : charge de travail jugée excessive, obligation de travailler vite, ordres contradictoires. Ils sont particulièrement nombreux à indiquer ne pas avoir le temps nécessaire pour effectuer correctement leur travail. Leur <b>autonomie est très réduite</b> : nombreux sont ceux qui ne peuvent prendre des décisions ni influencer le déroulement de leur travail. Cette combinaison d'une forte intensité du travail et d'une faible latitude décisionnelle indique donc une exposition particulièrement importante à la tension au travail (<i>job strain</i> selon le modèle de Karasek). [Sumer]</li> </ul> </li> <li>- <u>Lieu et local de travail</u></li> <li>- <u>Équipement, outil, machine et engin de travail</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Engins, camions, risques mécaniques (entraînement, écrasement), coupures avec verre ou dasri (1)</li> </ul> </li> <li>- <u>Autres</u>  <u>Qualité de la prévention selon les médecins du travail</u> - dans l'enquête Sumer, les médecins du travail donnent leur avis synthétique sur la qualité de la prévention au poste de travail du répondant dans quatre domaines (risques physiques, chimiques, organisationnels et biologiques) - En matière d'exposition aux agents biologiques, la qualité de la prévention est plus souvent jugée mauvaise que pour les autres ouvriers exposés à de tels agents ; c'est particulièrement le cas pour les trieurs (et les ripeurs). Dans l'ensemble, la qualité de la prévention des risques organisationnels est médiocre pour les métiers liés au déchets ménagers. Les différences entre métiers sont moins marquées pour la prévention des risques chimiques. [Sumer]</li> </ul>
Vécu subjectif des travailleurs	➔ Vécu potentiel isolant et stigmatisant - Anxiété, mal être

<p><b>Effets sanitaires rapportés</b></p>	<p>→ <b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Effets respiratoires, allergiques, digestifs (<i>niveau de preuve probable (3')*</i>), infections aiguës (<i>niveau de preuve convaincant (3')*</i>) et chroniques (1 ; 4, 13, 15-16) - Des maladies respiratoires sont observées pour les travailleurs du tri (11% des PRT observées), tous genres confondus. Les cas recensés concernent plus les hommes (17% des 35 PRT) que les femmes (5% des 38 PRT). Les pathologies décrites sont de l'asthme, rhinite, rhinopharyngite et pharyngite chroniques ainsi que laryngite et trachéite aiguës. [RNV3P]</li> <li>○ TMS nombreux (1 ; 2) (<i>niveau de preuve convaincant</i>) (3')* - Les TMS sont les PRT les plus fréquemment observées pour les travailleurs du tri (50%), tous genres confondus. Les TMS sont plus fréquents chez les femmes (58% des 38 PRT) que chez les hommes (40% des 35 PRT). Les atteintes les plus fréquentes sont localisées au niveau des tendons du coude, de l'épaule et des membres supérieurs. [RNV3P]</li> <li>○ risque faible de maladies infectieuses (cas avérés d'hépatite B), lié à la présence éventuelle dans les déchets d'objets piquants-tranchants souillés par du sang (Grèce et Brésil) - niveau de preuve convaincant &gt;&gt;&gt; risques mineurs en France (3')*</li> <li>○ Des maladies infectieuses sont observées pour les travailleurs du tri (7% des PRT observées), tous genres confondus. [RNV3P]</li> <li>○ Des maladies de la peau sont observées pour les travailleurs du tri (10% des PRT observées), tous genres confondus. Les cas recensés concernent plus les hommes (14% des 35 PRT) que les femmes (5% des 38 PRT). Les atteintes décrites sont des dermatites de contact [RNV3P].</li> </ul> </li> <li>• <u>Effets sur la santé mentale</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des pathologies psychiques sont observées pour les travailleurs du tri (15% des PRT observées), tous genres confondus. Ces pathologies sont légèrement plus fréquentes chez les femmes (18% des 38 PRT) que chez les hommes (11% des 35 PRT). Il s'agit majoritairement de troubles anxieux, épisodes dépressifs et autres réactions face à un facteur de stress. [RNV3P]</li> </ul> </li> <li>• <u>Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Accidents, blessures, écrasement, piqûres, coupures,</li> <li>○ Accident d'exposition au sang (aes) (1 ; 3)</li> </ul> </li> </ul> <p><b><i>*ces données concernent indifféremment les étapes de collecte et de tri</i></b></p>
<p><b>Risques accidentels</b></p>	<p>→ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : Le tri représente 11% (soit n=22) des 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa. 11 cas de décès (sur 117 décès recensés au total dans notre population d'étude, soit 9% du nombre total de décès) sont dénombrés parmi les accidents recensés dans les activités de tri.</p> <p>La répartition de typologie des 22 accidents survenus sur la période 1990-2020 est la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un peu plus de la moitié des cas (12/22) sont des accidents machine (membre du trieur happé/coincé dans le convoyeur à bandes ou à rouleaux, travailleur coincé/écrasé par la presse à balles/compacteur de papiers-carton). Ils concernent principalement des ouvriers non</li> </ul>

	<p>qualifiés (trieurs, manœuvres et manutentionnaires et caristes) et ont entraîné des blessures graves, notamment des amputations ainsi que des décès.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plus d'un tiers des accidents (8/22) sont des collisions engins-piétons. La plupart sont des collisions entre un chariot automoteur/une chargeuse en marche arrière et un trieur/manutentionnaire évoluant à proximité de l'engin. Ces accidents ont entraîné des blessures graves, notamment des fractures ainsi que des décès</li> <li>– Les 2 autres cas sont des accidents d'engins survenus au moment de la conduite de chariot automoteurs et ont entraîné le décès des salariés conduisant les engins.</li> </ul> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : dans la base ARIA, sur 101 accidents, 39 sont enregistrés dans un centre de tri (34 incendies, 4 intoxications, 2 chutes et 1 accident du travail). Les 10 incendies sont en récidive. Plusieurs départs de feu sont liés à la présence de déchets indésirables/non conformes dans les tas de déchets (ex : bouteilles d'aérosol, batteries) potentialisés par d'éventuelles fortes chaleurs. Ces incendies ont entraîné l'intoxication par les fumées de plusieurs travailleurs du site dont certains ont dû être hospitalisés. Les 4 intoxications sont liées à la présence de déchets chimiques (solvants +++) sur le site et entraînent des irritations respiratoires, maux de tête (émanation dans zone de stockage spécifique des déchets chimiques avant tri) et brûlures des yeux et de la gorge (manipulation accidentelle d'un produit toxique sur une chaîne de tri des déchets) nécessitant une hospitalisation pour les agents de tri impliqués. Concernant l'accident de travail, le bras d'une employée est déchiqueté par une presse hydraulique et entraîne l'amputation de l'avant-bras.</p> <p>➔ <b>Informations issues de la littérature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Chutes de hauteur (1)</li> <li>– Collision piétons engins (camions, engins de manutention), collisions entre engins et structures, bâtiment ou déchets. Chute d'objets. Chute de hauteur (1)</li> <li>– Poste de tri exigü non prévu pour l'activité demandée. Déchets au sol avec risques de chute et glissades (2)</li> </ul>
<p><b>Conditions de travail</b></p>	<p>➔ Les trieurs ont les conditions de travail le plus difficiles parmi les métiers liés aux déchets ménagers. [Sumer]</p> <p><b><u>Communauté urbaine Cherbourg : centre de tri des résidus urbains : diagnostic TMS, 2009 (17)</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Modernisation du centre de tri en 2007 - Constats de difficultés parmi le personnel : 1 tendinite des membres inférieurs, absences répétées, réintégrations délicates à certaines postes de travail - La direction du centre de tri souhaite comprendre l'apparition de ces difficultés,</li> <li>– Analyse du fonctionnement de l'entreprise et plus particulièrement de l'activité du trieur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travail nécessitant une <b>grande activité mentale</b> : repérage des produits à évacuer par balayage visuel &gt;&gt;&gt; difficulté conditionnée par le type de produits différents à évacuer, la taille de l'espace d'anticipation</li> <li>• <b>Gestuelle importante</b> en nombre et en type de gestes pénalisants &gt;&gt;&gt; augmente avec le nombre de produits non conformes en salle de tri</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'équipement du centre prend en compte la variabilité de la taille des opérateurs mais ses aménagements ne sont pas opérationnels</li> <li>• L'entretien des équipements est une source potentielle d'accidents du travail</li> <li>• L'arrêt du process est source d'allongement des périodes de tri et réducteur du temps de maintenance.</li> </ul> <p>– Pistes d'amélioration des conditions de travail et de réduction des accidents du travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation de l'effectif (prise en compte des absences), augmentation du temps de travail productif (réduction des temps d'arrêts du process), augmentation de la qualité des produits traités (organisation de la collecte avec l'idée de réduire le compactage dans les BOM, politique de collecte des déchets).</li> <li>• Amélioration de l'outil de travail : plateformes, poubelles, ouvreur de sacs, ...</li> <li>• Engagement, à chaque projet d'investissement, d'une démarche concertée avec les salariés en se basant sur la réalité du travail.</li> </ul> <p>→ Plus largement, sur l'ensemble des interventions ANACT/ARACT menées entre 2005 et 2015 dans le secteur de la gestion des déchets, une grande majorité concerne les activités en centres de tri des déchets et plus spécifiquement pour l'amélioration de la prévention des TMS et de l'usure professionnelle. (17)</p>
<b>Remarques</b>	<p>→ Grande variabilité des méthodes de tri et des types d'installations, (de quasi totalement manuel par les travailleurs, au quasi tout automatique), ainsi que des types de déchets triés parmi les déchets ménagers.</p> <p>→ Pas de données de mesure des expositions : ce constat s'explique en partie par le fait qu'historiquement, sans métrologie, on savait déjà que les niveaux d'empoussièrment n'étaient pas bons – grand chantier de remise en conformité des centres de tri</p> <p>→ Données dans la littérature scientifique faisant suspecter exposition significative aux bioaérosols, endotoxines, mycotoxines.</p> <p>→ Pas vraiment d'indicateur précis à suivre d'un point de vue chimique - travaux à conduire</p> <p>→ Peu de données sur TMS, RPS et conséquences sur la santé mentale.</p>
<b>Références</b>	<p>(1) INRS 2018a; (2) INRS 2018b; (3) INRS 2019; (3') Anzivino et al 2012 ; (4) Haldal et al., 2003, Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols; (5) Park et al., 2011, An assessment of dust, endotoxin, and microorganism exposure during waste collection and sorting; (6) Lehtinen et al, 2013, Occupational hygiene in terms of volatile organic compounds (VOCs) and bioaerosols at two solid waste management plants in Finland; (7) Park et al, 2013, Airborne bacteria and fungi associated with waste-handling work.; (8) Viegas et al, 2014, Occupational exposure to particulate matter in 2 Portuguese waste-sorting units; (9) Viegas et al., 2015, Assessment of workers' exposure to aflatoxin B1 in a Portuguese waste industry; (10) Kozajda et al, 2017, Inhalable dust, endotoxins and (1–3)-β-d-glucans as indicators of exposure in waste sorting plant environment; (11) Černá et al, 2017, Exposure to airborne fungi during sorting of recyclable plastics in waste treatment facilities; (12) Madsen et al., 2019, Expanded cardboard waste sorting and occupational exposure to microbial species; (13) Viegas et al., 2020, Are workers from waste sorting industry really protected by wearing Filtering Respiratory Protective Devices? The gap between the myth and reality; (14) Degois et al, 2021, One-year follow-up of microbial diversity in bioaerosols emitted in a waste sorting plant in France; (15) Eriksen et al, 2022, Bioaerosol Exposure and in vitro Activation of Toll-like Receptors in a Norwegian Waste Sorting Plant; (16)</p>

	Eriksen et al, 2023, An assessment of occupational exposure to bioaerosols in automated versus manual waste sorting plants; (17) Anact (2016) L'amélioration des conditions de travail dans les activités du recyclage de déchets - Synthèse documentaire
--	---

## 4. RECYCLAGE (PAPIERS, CARTONS, PLASTIQUES, VERRE, METAUX)

## INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE

Etape

➔ **Descriptif synthétique de l'étape en question** : Le recyclage est défini comme « toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins » (Article L.541-1 du Code de l'environnement). La définition réglementaire précise que « les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblaiement ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage ».

Il s'agit d'une opération consistant à utiliser la matière première d'un déchet pour fabriquer un nouvel objet, identique ou non au bien usagé à l'origine du déchet. Le recyclage permet de limiter la consommation de matières premières vierges (MPV) au profit de matières premières dites secondaires.

De nombreuses catégories de déchets produits par les activités industrielles ou les ménages sont éligibles au recyclage : matériaux (papier, verre, carton, plastique, métaux...), solvants, équipements en fin de vie (véhicules ou appareils ménagers hors d'usage) ou encore déchets organiques.

➔ **Types de déchets et quantités entrantes (tonnage en kg/habitant) :**

– Tonnages contributeurs : 5 383

- Acier : 275
- Aluminium : 90
- Papier-carton : 1 192
- Plastique : 1 189
- Verre : 2 607
- Autres : 31

– Tonnages recyclés (et taux de recyclage) : 3 670 (68%)

- Acier : 329 (120%)
- Aluminium : 43 (48%)
- Papier-carton : 759 (64%)
- Plastique : 329 (28%)
- Verre : 2 210 (85%)
- Autres : 0 (0%)

➔ **Nombre d'installations** : code NAF 3832Z « récupération de déchets triés » 13 560 salariés mais code très aspécifique

➔ **Nombre d'installations**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– dans les filières de recyclage papier-carton, verre, aluminium et acier et métaux non ferreux = 134 000 emplois (Alliance recyclage)</li> <li>– Le recyclage du papier-carton emploie 8200 personnes, l'aluminium entre 9 392 et 10700 emplois (Alu et Cuivre), le verre 2000 « personnes », l'acier emploie 11 730 « personnes » (Fédérations ???)</li> </ul>	
<b>Métiers / Lieux de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Liste des principaux métiers associés à cette étape</li> <li>➔ Liste des différents lieux de travail</li> </ul>	
<b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</li> </ul> <p>La loi sur le tri sélectif (loi « Grenelle I » du 3 août 2009) oblige les entreprises et les particuliers à trier les déchets pour les valoriser. Elle encourage également le développement de systèmes de recyclage plus performants et l'utilisation de matériaux durables dans la production de produits.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Pas de réglementations/recommandations spécifiques identifiées concernant la santé des travailleurs du recyclage</li> </ul>	
<b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b>		
<b>Revue et rapports de synthèse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Disponibilité des données et thématiques traitées :</b> aucun document de synthèse identifié concernant les risques sanitaires pour les travailleurs impliqués dans les activités de recyclage de matériaux</li> </ul>	
<b>Exploitation de bases de données en santé au travail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données :</b></li> </ul>	
	Cnam	l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de recyclage
	Epicéa	x accidents graves survenus au cours de ces activités – le recyclage représente 4 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt
	ARIA	Sur les 101 accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base, aucun spécifiquement en lien avec le recyclage papier-carton / plastique / verre / métaux n'a pu être identifié
	SOLVEX	Aucune donnée spécifique identifiée concernant les expositions en installations de recyclage des matériaux
	Sumer	l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés travaillant dans les installations de recyclage.
	RNV3P	x 25 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités de recyclage identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 3% sur un total de 910 PRT) – 8 PRT chez des femmes et 17 chez des hommes (soit 68%) – Les postes les plus représentés (tous genres confondus) sont les postes administratifs (36%), les trieurs de déchets (20%), les chauffeurs PL (16%) et les conducteurs d'engins (12%).

Exploitation autres sources de données	→ Pas d'autres données spécifiques consultées
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>	
Expositions des travailleurs / conditions de travail	<p>→ Quelles sont les expositions documentées ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</li> <li>- Agents biologiques</li> <li>- Odeurs</li> <li>- Agents physiques</li> <li>- Facteurs biomécaniques</li> <li>- Facteurs organisationnels, violences au travail...</li> <li>- Lieu et local de travail</li> <li>- Equipement, outil, machine et engin de travail</li> <li>- Autres</li> </ul>
Vécu subjectif des travailleurs	→ Pas de données spécifiques identifiées
Effets sanitaires rapportés	<p>→ Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des maladies respiratoires sont observées pour les travailleurs du recyclage (12% des PRT observées), tous genres confondus. Ces pathologies sont uniquement observées chez les hommes. Les atteintes décrites sont de l'asthme et une autre affection pulmonaire interstitielle. [RNV3P]</li> <li>○ Des TMS sont observés pour les travailleurs du recyclage (24%), tous genres confondus. Les TMS sont plus fréquents chez les hommes (29% des 17 PRT) que chez les femmes (12% des 8 PRT). Les atteintes les plus fréquentes sont localisées au niveau de l'épaule, du dos et des membres supérieurs. [RNV3P]</li> <li>○ Des maladies de l'oreille sont observées pour les travailleurs du recyclage (20% des PRT observées), tous genres confondus. Les cas recensés concernent plus les hommes (24% des 17 PRT) que les femmes (12% des 8 PRT). Les atteintes décrites sont des surdités et pertes de l'audition [RNV3P].</li> <li>○ Des cas de lésions traumatiques/empoisonnements (4%), tumeurs malignes (4%) et « symptômes et résultats anormaux (4%) sont également observés, tous genres confondus.</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Effets sur la santé mentale</u><ul style="list-style-type: none"><li>○ Les pathologies psychiques sont les PRT les plus fréquemment observées pour les travailleurs du recyclage (32% des PRT observées), tous genres confondus. Ces pathologies sont beaucoup plus fréquentes chez les femmes (62% des 8 PRT) que chez les hommes (18% des 17 PRT). Il s'agit majoritairement de troubles anxieux, épisodes dépressifs et autres réactions face à un facteur de stress. [RNV3P]</li></ul></li></ul> <p><u>Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</u></p>
<b>Risques accidentels</b>	<p>➔ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : sur les 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa, 4 sont associés aux activités de recyclage. Ils concernent des manutentionnaires. 3 sont des accidents machine ayant entraîné blessures à l'œil ou amputation des doigts. Un cas est une collision engin-salarié entre un manutentionnaire et un engin de type chariot automoteur (décès de la victime suite à choc à la tête au moment de la collisions).</p> <p>➔ <b>Aucune information spécifique issue d'ARIA n'a pu être identifiée en lien avec les activités de recyclage des papiers-cartons/ plastiques/ verre/ métaux</b></p>
<b>Références</b>	/

## 5. COMPOSTAGE

INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE	
<b>Etape</b>	<p>➔ <b>Descriptif synthétique de l'étape en question</b> : Le compostage est un procédé de traitement des déchets organiques (biodéchets ménagers, déchets verts, boues de STEP / OMR et recyclables après traitement spécifique...) par fermentation aérobie (en présence d'oxygène) dans le but de transformer ces déchets en un résidu organique stabilisé et hygiénisé : le compost. Cette transformation résulte de l'action de micro-organismes (bactéries, moisissures...) dans des conditions contrôlées (humidité, température, aération), ce qui va permettre d'accélérer le processus naturel de décomposition de la matière organique. Cette biodégradation entraîne également la production de gaz carbonique et de chaleur. Le compostage peut être réalisé à différentes échelles : de la pratique domestique (compostage réalisé par les ménages, au pied d'un immeuble, au niveau d'un quartier, sur un site de restauration collective, à la ferme...) à des installations industrielles de capacités variables (de 2 000 à plus de 100 000 tonnes/an).</p> <p>➔ <b>Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 8.2 Mt de déchets entrants dont 70% de déchets organiques (dont 91,4% de déchets verts), 28% de boues et 2% de matériaux recyclables. L'origine des déchets est diverse. Cependant, 75% proviennent des ménages et des collectivités, 21% des entreprises. <b>Le tonnage entrant augmente entre 2004 et 2018, puis diminue en 2020 par rapport à 2018.</b> [ITOM 2020]</li> <li>– 3.51 Mt de déchets sortants dont 82% de compost, 1% de matériaux recyclables, 5% de résidus de traitement et 12% d'autres déchets. La quantité de compost produit augmente jusqu'en 2012 puis stagne jusqu'en 2018, puis augmente en 2020. [ITOM 2020]</li> </ul> <p>➔ <b>Nombre d'installations</b> : 694 plateformes de compostage en 2020. Elles étaient 401 en 2004 et <b>leur nombre ne cesse d'augmenter</b> depuis. « Certaines plateformes de compostage constituent la filière aval de TMB. » [ITOM 2020]</p> <p>➔ <b>Effectifs de travailleurs</b> : <b>2049</b> [ITOM 2020]</p>
<b>Métiers / Lieux de travail</b>	<p>➔ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape</b> : responsable d'usine de compostage, technicien de traitement/agent (ou opérateur) de compostage, conducteur d'engin de compost</p> <p>➔ <b>Liste des différents lieux de travail</b> : site de compostage (à ciel ouvert principalement) – pont bascule (entrée des déchets sur le site), tas de biodéchets, zone de broyage des biodéchets, tas d'andains, site de criblage/tamisage, hangar de stockage du compost mûr</p>
<b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b>	<p>➔ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Arrêté du 21/08/07 sur les amendements organiques</u> : exigences concernant l'innocuité des composts obtenus à partir de matières végétales et/ou animales ou de la fraction fermentescible de déchets ménagers</li> <li>– <u>Arrêté du 22/04/08 sur les installations de compostage</u> : règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à autorisation (exploitation et déroulement du procédé de compostage, consommation d'eau...) - Le texte vise surtout à encadrer les incidences environnementales de ces installations, notamment des obligations de moyens pour limiter les</li> </ul>

	<p><b>odeurs, les rejets gazeux</b> et plus précisément leur concentration en <b>hydrogène sulfuré</b> et en <b>ammoniac</b>. L'exploitant doit également prendre les dispositions nécessaires pour <b>limiter les envols de poussières</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Arrêté du 17/12/19 pour le compostage et la méthanisation</u> : meilleures techniques disponibles (MTD) applicables à certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation et de la directive IED (<i>Industrial Emissions Directive</i>)</li> <li>– <u>Loi du 10 février 2020 contre le gaspillage et pour l'économie circulaire (AGEC)</u> : les collectivités territoriales (communes ou communautés de communes) devront proposer les solutions permettant aux ménages d'effectuer le tri à la source des déchets alimentaires <b>à partir du 1er janvier 2024</b>. Solutions multiples possibles : mise à disposition de composteurs individuels/collectifs, de poubelles individuelles ou de conteneurs collectifs pour une collecte spécifique en benne à ordures, comme il en existe déjà pour les emballages ou le verre. L'objectif est de valoriser ces biodéchets, sous forme de compost ou de combustible (méthanisation).</li> </ul> <p>➔ <b>Pas de réglementations/recommandations spécifiques identifiées concernant la santé des travailleurs du compostage</b></p> <p>➔ <b>Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– L'année 2008 semble marquer un renforcement des exigences pesant sur les installations de compostage</li> <li>– La mise en place du tri à la source des biodéchets des ménages à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2024 devraient entraîner une augmentation des volumes de biodéchets pris en charge dans les installations de compostage et de méthanisation.</li> </ul>
<b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b>	
<b>Revue et rapports de synthèse</b>	<p>➔ <b>Disponibilité des données et thématiques traitées</b> : Données nombreuses disponibles - Description de la chaîne de prise en charge des biodéchets avec des exemples d'accidents, un panorama des risques pour les travailleurs liés aux déchets organiques (1), les expositions des travailleurs (chimiques et biologiques – notamment une étude récente sur les expositions aux bioaérosols dans les composts), effets sanitaires (2 ; 3 ; 4) et niveaux de preuve de pathologies (3)</p> <p>Le (1) « Filière des biodéchets alimentaires est un guide réalisé par l'INRS regroupant les risques et les mesures de prévention conseillées pour l'ensemble de la filière des biodéchets en France. Il s'adresse donc aux producteurs de déchets avec la réduction de la production des biodéchets, le tri à la source, le conditionnement et l'entreposage avant collecte. Il traite aussi de la collecte avec ses différents types de camions. Pour finir il traite des centres de valorisation des biodéchets avec le déchargement, le déconditionnement et le nettoyage des conteneurs.</p> <p>Le (2) « <i>Domestic waste composting facilities : A review of human health risks</i> » publié en 2009, est une revue de la littérature scientifique des risques pour la santé associés au compostage des déchets domestiques, y compris la production de bioaérosols, de pathogènes et de composés chimiques. Les auteurs discutent des différents facteurs qui peuvent affecter le niveau de risque, tels que le type de déchets compostés, la taille de l'installation et les pratiques de gestion utilisées.</p> <p>Cette revue se base sur des études faites en USA, Angleterre, Espagne, Allemagne, Finlande, Danemark, Pologne, Pays Bas et Canada.</p> <p><i>A faire : les niveaux d'expos et les pathologies</i></p>

	<p>Le (3) « Gestion des déchets ménagers et assimilés : bilan des connaissances des effets sanitaires en population générale et au travail » publié en 2012 est une revue systématique transversale des connaissances scientifiques sur la santé des population riveraines et professionnelles de la gestion des déchets ménagers. Une méthode utilisant des critères d'inclusion et d'analyse critique retient 26 rapports et 9 études épidémiologiques à partir de 1011 articles et 140 études épidémiologiques. Une association convaincante est établie entre l'exposition aux aérosols et l'inflammation aigue et transitoire des muqueuses respiratoires. Une association possible existe entre l'exposition aux aérosols et les troubles gastrointestinaux, dermatologiques ou l'irritation oculaire. Il est impossible de conclure sur les troubles respiratoires chroniques (une seule étude Nadal 2009). Il n'y a pas suffisamment d'études pour conclure sur le lien de causalité des asthmes ou des cancers (une seule étude Nadal 2009). Les accidents de travail en 2008 du traitement des déchets (76/1000) sont supérieurs à la moyenne nationale (38/1000).</p> <p>Le (4) « Bioaerosol exposure from composting facilities and health outcomes in workers and in the community; A systematic review update » publié en 2019 est une revue exhaustive des publications scientifiques sur l'exposition aux bioaérosols et les effets sur la santé des bioaérosols sur les sites de compostage. Cette revue à une méthode de sélections des publications, partant de 817 et gardant que 24. Elle présente des données chiffres sur les niveaux d'exposition, les types de bioaérosols identifiés et les effets sur la santé, documentés. Les études sont menées dans plusieurs pays européen (dont la France) et au Canada.</p>	
Exploitation de bases de données en santé au travail	➔ <b>Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données :</b>	
	Cnam	l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de compostage
	Epicéa	x accidents graves survenus au cours de ces activités – le compostage représente 2 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt
	ARIA	x accidents/incidents survenus au sein des installations de compostage – 7% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 7 cas sur 101 au total) relèvent des activités de compostage
	SOLVEX	<i>Difficile d'identifier précisément les données d'exposition mesurées dans le compostage - mesures référencées mais correspondent en réalité à des activités de méthanisation</i> <i>De manière non spécifique à l'étape de compostage, la majorité des mesures disponibles portent sur des poussières inhalables et alvéolaires, des aérosols métalliques (Pb, Fe, Ni, Al), de l'ammoniac, du H2S et des COV.</i>
	Sumer	l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés du compostage
RNV3P	x pathologies en relation avec le travail associées à ces activités Sur les 910 PRT identifiées dans la base RNV3P en lien avec nos activités d'intérêt, 6 sont associées au compostage (uniquement des hommes). Les postes représentés sont des techniciens, ouvriers qualifiés et conducteurs d'engins.	

<b>Exploitation autres sources de données</b>	<b>→ Pas d'autres données spécifiques consultées</b>
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>	
<b>Expositions des travailleurs / conditions de travail</b>	<p><b>→ Quelles sont les expositions documentées ?</b></p> <p>Les expositions sont variables en fonction de la nature des déchets et des étapes de traitement (3). Certains articles ne font que rapporter l'exposition sans donner le niveau d'exposition ou la source. D'autres donnent la source avec les valeurs mesurées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</u> : Le (1) mentionne l'H<sub>2</sub>S, l'ammoniac, le monoxyde de carbone ou le méthane sans donner de source. Le (2) cite les métaux (Cd, Cr, Pb, Hg, Ni), les organochlorés (PCDD/Fs, PCBs, hydrocarbures chlorés), organosoufrés, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, aromatiques chlorés ou soufrés et sans preuves le benzène et les HAP. Les seules valeurs mentionnées sont pour les COV (10-150 mg/m<sup>3</sup> (Eitzer 1995), 0.1-1.3 mg/m<sup>3</sup> (Leach 1999), 0.14-0.2 mg/m<sup>3</sup> (Perez-Pastor 1999))</li> <li>- <u>Agents biologiques</u> : Le (1) mentionne les bactéries et les moisissures sans donner de source. Le (2) cite les bactéries (Gram-négatif et Gram-positif), endotoxines, mycotoxines, champignons (<i>A. fumigatus</i>, <i>A. flavus</i>, <i>A. parasiticus</i>). Des mesures d'exposition par ingestion (main-bouche, 60-100 mg/jour de compost (Fries 1995)) sont citées. Exposition aux endotoxines avec dépassement de la limite de 200 EU/m<sup>3</sup> et poussières totales de 0.6-0.7 mg/m<sup>3</sup> (Tovanen 2005). Exposition aux microorganismes de 5x10<sup>5</sup> CFU (Orstrowski 1997). Exposition aux poussières 7.7-4.6 mg/m<sup>3</sup> (Krajewski 2002).</li> </ul> <p>Le (4) cite les bactéries, les champignons, les actinobactéries, les endotoxines et les poussières (revue des 26 articles de mesures d'exposition). Les niveaux d'exposition des bactéries évoluent entre 10 – 10<sup>9</sup> et pour les champignons 1-10<sup>8</sup>. Les mesures ont été faites dans des installations en Allemagne, Canada, Pologne, Norvège, Angleterre, France, Inde, Chine, Hongrie, Irlande, Iran, Suisse (avec une majorité des études faites en Europe ou au Canada). Les concentrations les plus élevées ont été mesurées sur opérateurs (bactérie ou champignons). Quatre études ont mesuré des niveaux supérieurs à la limite allemande de 5*10<sup>4</sup> CFU/m<sup>3</sup> pour les « mesophilic » champignons (Bonifait 2017, Gutarowska 2015, Heldal 2015, Heldal 2016). La majorité des valeurs sont entre 10<sup>3</sup> et 10<sup>5</sup> UFC /m<sup>3</sup>. Quatre études ont mesuré des niveaux supérieurs à la limite polonaise de 10<sup>5</sup> UFC/m<sup>3</sup> pour les « mesophilic » bactérie (Bonifait 2017, Gutarowska 2015, Heldal 2015, Heldal 2016). La concentration en endotoxines est mesuré par (Heldal 2015, Heldal), avec des valeurs 0-730 EU/m<sup>3</sup> et respectivement 0-310 EU/m<sup>3</sup> (moyennes de 4 et de 3). Certaines mesures dépassent la valeur limite néerlandaise de 90 EU/m<sup>3</sup>. Les concentrations en particules inhalables évoluent entre 0.229 et 5*10<sup>4</sup> µg/m<sup>3</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Odeurs</u> : Le (2) cite les odeurs (Coloma 2000)</li> <li>- <u>Agents physiques</u></li> <li>- <u>Facteurs biomécaniques</u> : Le (1) mentionne manipulation charges lourdes, moisissures sans donner de source.</li> <li>- <u>Facteurs organisationnels, violences au travail...</u> : Le (1) mentionne les conflits d'agents de collecte sans donner de source.</li> <li>- Lieu et local de travail</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Équipement, outil, machine et engin de travail</u> : Le (1) mentionne le camion-benne, le compacteur, le convoyeur, le vis sans fin (extraites des récits d'accidents de la base Epicéa)..</li> <li>- Autres</li> </ul>
<b>Vécu subjectif des travailleurs</b>	→ <b>Pas de données spécifiques identifiées</b>
<b>Effets sanitaires rapportés</b>	<p>→ <b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> Le (1) mentionne : ODTs, BPCO, irritation peau et muqueuses, troubles respiratoires, digestives ou neurologiques sans donner de source. Le (2) mentionne plusieurs effets sur la santé : nausées, allergies, asthme, irritations respiratoires, PAH, bronchites chroniques, infections et irritations des muqueuses, fièvres, perturbations gastro-intestinales (Tongeren 1997 ; Ivens 1997). Infections respiratoires due aux champignons (Reijule et Tuomi 2003). Sans lien évident, le cancer pulmonaire est associé à l'exposition aux mycotoxines à travers la production d'aflatoxines par les <i>A. flavus</i> et <i>A. parasiticus</i> classées hépatocancérogène par CIRC (2003). Les effets gastro-intestinaux et diarrhées sont encore cités (Douwes 2000). Les allergies broncho-pulmonaires sont reportées par Allmers 2000. Des effets chroniques respiratoires sont identifiés par Bünger 2007. Les effets des substances chimiques ne sont pas mis en évidence, ils sont seulement supposés par association des effets observés avec l'exposition aux substances citées (effets rénaux, hépatiques, neurologiques, irritations (Curtis 2006, Rumchev 2007, Kamp et Castanas 2008) <p>Le (4) effectue une revue de 8 articles d'effets sur la santé dans des pays européens sur des populations de 84 à 262 travailleurs. Sont objectivés l'asthme (Heldal 2015, Hoffmeyer 2014), l'irritation nez/yeux (Heldal 2015, Hoffmeyer 2014), la bronchite chronique BPCO (van Kampen 2016, Heldal 2015, Hoffmeyer 2014), la dégradation du fonctionnement des poumons post travail (Heldal 2015), fonction pulmonaire de base (van Kampen 2016, Heldal 2015, Heldal 2016), la dégradation chronique du fonctionnement des poumons (van Kampen 2016) , niveaux IgE (van Kampen 2016, Hoffmeyer 2014) et l'inflammation pulmonaire et systémique (Raulf 2015, Heldal 2016). Sur les 6 PRT identifiées dans la base RNV3P, la majorité sont des maladies respiratoires, une maladie infectieuse est identifiée et un code spécifique RNV3P.</p> </li> <li>• <u>Effets sur la santé mentale</u></li> <li>• <u>Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</u> : Le (1) mentionne les piqûres, les coupures, l'écrasement, l'amputation, la mort ou les chutes dans les fosses/bennes, du camion, extraites des récits d'accidents de la base Epicéa.</li> </ul>
<b>Risques accidentels</b>	→ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : sur les 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa, seuls 2 sont associés aux activités de compostage. Un premier est une collision engin-salarié entre le responsable d'exploitation et un engin de type

	<p>chargeuse (décès de la victime par écrasement) et le deuxième est un accident machine dont a été victime un mécanicien (blessures au bras et à la main).</p> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : dans la base ARIA, sur 101 accidents, 7 sont enregistrés sur un site de compostage (6 incendies et un ensevelissement). 3 sur 7 sont en récidive. L'ensevelissement est mortel pour le salarié. Les incendies se soldent par des blessés légers.</p>
<b>Remarques</b>	<p>➔ Les biodéchets des ménages ont plutôt vocation à être valorisés via des solutions de compostage de proximité</p> <p>➔ Tri mécano biologique (TMB) et OMR &gt;&gt;&gt; quid de la qualité du compost ?</p> <p>➔ Beaucoup de preuves sur les effets sur la santé et les niveaux d'exposition des aérosols en comparaison aux substances chimiques.</p>
<b>Références</b>	<p>(1) INRS (2022), (2) Domingo et Nadal (2009), (3) Anzivino et al (2012), (4) Robertson (2019)</p>

## 6. METHANISATION

## INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE

<b>Etape</b>	<p>➔ <b>Descriptif synthétique de l'étape en question</b> : La méthanisation est un processus de dégradation par des microorganismes de la matière organique contenue dans les déchets, en conditions contrôlées et en milieu anaérobie (c'est-à-dire en absence d'oxygène). Ce processus se déroule dans une enceinte fermée (le méthaniseur ou digesteur) et est également appelé « digestion anaérobie ». Cette dégradation aboutit à la production d'un digestat et de biogaz qui vont pouvoir être valorisés respectivement en tant que matière fertilisante ou sous forme d'énergie. Toutes les matières organiques peuvent être décomposées par méthanisation, mais le potentiel méthanogène est très variable selon les substrats. En France, ce procédé est mis en œuvre pour la valorisation des ordures ménagères, des boues de STEP, des effluents industriels et des déchets agricoles et agro-alimentaires. Lorsque les biodéchets arrivent emballés, un processus de déconditionnement peut être nécessaire afin de séparer les matières organiques des emballages. Ce processus est marginal pour le traitement des biodéchets des ménages.</p> <p>➔ <b>Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 171 kt de déchets entrants dont 71% de biodéchets et produits alimentaires, 25% de déchets verts, 2.2% de déchets non métalliques et 2.5% autres (cultures dérobées et CIVE, déchets animaux et végétaux, déchets en mélange, fumiers) ; [ITOM 2020]</li> <li>– 126 kt de déchets sortants dont 19% de compost, 66% de digestat et autres effluents qui sont orientés vers de l'épandage ou du compostage, et 15% de refus de tri qui sont envoyés principalement vers des installations de stockage de DND. [ITOM 2020]</li> </ul> <p>➔ <b>Nombre d'installations</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– L'enquête ITOM 2020 comptabilise 9 unités qui accueillent plus de 10% de DMA (hors unités exclusivement de méthanisation à la ferme).</li> <li>– L'ADEME répertoriait au 1<sup>er</sup> janvier 2021 1018 installations de méthanisation opérationnelles en France : 16 liées au traitement des déchets ménagers, 113 en industries (agroalimentaire, papeterie, chimie), 84 en stations d'épurations urbaines et 805 à la ferme et centralisées.</li> <li>– Il existerait en France 1075 unités de méthanisation en 2020 (sénat, mission d'information) ; 1244 en 2021 (Ifip, Itavi, Idele) dont 75% (933) de type agricole et 15% sont classées dans la catégorie « petite méthanisation agricole » ; 1705 en 2022 d'après MéthaFrance (incluant les systèmes de captage du biogaz qui se dégage naturellement lors de la décomposition des OM dans les installations de stockage des déchets non dangereux) dont 58% produisent de l'électricité et de la chaleur, 30% sont des installations d'injection de biométhane dans les réseaux de gaz et 12% produisent de la chaleur seulement.</li> </ul>
--------------	--

	<p>➔ <b>Effectifs de travailleurs</b> : 10 300 emplois directs et indirects à fin 2019 - 3 à 4 emplois directs en moyenne par installation, liés aux activités d'exploitation et de maintenance – la filière devrait représenter plus de 17 000 équivalents temps plein directs et indirects en 2030 (MéthaFrance)</p>
<b>Métiers / Lieux de travail</b>	<p>➔ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape</b> : responsable d'unité de méthanisation, technicien d'exploitation et de maintenance en méthanisation</p> <p>➔ <b>Liste des différents lieux de travail</b> : réception (déchargement des matières organiques putrescibles) +/- entreposage, prétraitement (mécanique (arrosage/brassage, broyage, tamisage, criblage... ), biologique, chimique ou physicochimique), biométhanisation (digestion anaérobie en condition mésophile ou thermophile), traitement et valorisation (épuration du biogaz , vidange/entreposage/séchage et traitement du digestat) (Schéma des étapes du process intéressant dans figure 1) [IRSST 2018]</p>
<b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b>	<p>➔ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Arrêté du 17/12/19 pour le compostage et la méthanisation</u> : meilleures techniques disponibles (MTD) applicables à certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation et de la directive IED (Industrial Emissions Directive)</li> <li>– <u>Loi du 10 février 2020 contre le gaspillage et pour l'économie circulaire (AGEC)</u> : les collectivités territoriales (communes ou communautés de communes) devront proposer les solutions permettant aux ménages d'effectuer le tri à la source des déchets alimentaires à <b>partir du 1er janvier 2024</b>. Solutions multiples possibles : mise à disposition de composteurs individuels/collectifs, de poubelles individuelles ou de conteneurs collectifs pour une collecte spécifique en benne à ordures, comme il en existe déjà pour les emballages ou le verre. L'objectif est de valoriser ces biodéchets, sous forme de compost ou de combustible (méthanisation).</li> </ul> <p>➔ <b>Pas de réglementations/recommandations spécifiques identifiées concernant la santé des travailleurs de la méthanisation</b></p> <p>➔ <b>Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La France soutient les unités de méthanisation depuis 2002 pour la valorisation en cogénération et 2011 pour l'injection de biométhane dans les réseaux de gaz naturel.</li> <li>– La mise en place du tri à la source des biodéchets des ménages à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2024 devrait entraîner une augmentation des volumes de biodéchets issus des ménages pris en charge dans les installations de méthanisation.</li> </ul>
<b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b>	
<b>Revue et de synthèse</b>	<p>➔ <b>Disponibilité des données et thématiques traitées</b> : Données récentes mais peu nombreuses [IRSST 2018] car technique déployée récemment.</p> <p>Le rapport [IRSST 2018] aborde les risques biologiques et chimiques pour les travailleurs impliqués dans ces activités. Synthèse des données de la littérature sur les expositions et effets sur la santé.</p>

<b>Exploitation de bases de données en santé au travail</b>	<b>→ Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données :</b>	
	Cnam	l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de méthanisation
	Epicéa	x accidents graves survenus au cours de ces activités – la méthanisation représente 1 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt
	ARIA	x accidents/incidents survenus au sein des installations de méthanisation – 2% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 2 cas sur 101 au total) relèvent des activités de méthanisation
	SOLVEX	x Identification de nombreuses données de mesures liées à une étude INRS menée sur la période 2016-2017. Ces mesures ont principalement concerné l'ammoniac, les poussières inhalables, les aérosols métalliques et certains COV
	Sumer	l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés de la méthanisation
	RNV3P	x pathologies en relation avec le travail associées à ces activités Sur les 910 PRT identifiées dans la base RNV3P en lien avec nos activités d'intérêt, 2 sont associées à la méthanisation (uniquement des hommes). Les postes représentés sont des trieurs de déchets.
<b>Exploitation autres sources de données</b>	<b>→ Pas d'autres données spécifiques consultées</b>	
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>		
<b>Expositions des travailleurs / conditions de travail</b>	<b>→ Quelles sont les expositions documentées ?</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</b></li> </ul> <p><u>Données revue de la littérature [IRSST 2018] :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibles présence dans biogaz : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ d'H2S (INERIS, 2012) (description de 4 décès en All en 2005),</li> <li>○ de composés organiques volatils (COV), de métaux (arsenic, mercure) en quantités variables, mais relativement peu documentées (HSE, 2011b; Searl et Crawford 2012)</li> <li>○ de NH3 et des composés organométalliques (siloxanes) (HSE, 2011b; ATEE, 2011; US EPA, 2011) .</li> </ul> </li> <li>• biogaz produit en circuit fermé, mais des cas d'émissions dans l'air ambiant rapportés <ul style="list-style-type: none"> <li>○ durant les opérations normales de biométhanisation (combustion de biogaz dans la torchère de secours, combustion dans les moteurs ou encore en phase de maturation du digestat) (Bio-Tox, 2009)</li> <li>○ lors de fuites accidentelles (INERIS, 2012; Salvi et al., 2012).</li> </ul> </li> <li>• Possible exposition à substances chimiques via des particules émises lors des diverses manipulations des MOP, du digestat et de son dérivé composté (Searl et Crawford, 2012) :</li> </ul>	

- métaux lourds (plomb, nickel, cadmium, arsenic et mercure notamment) ; COV (dont les terpènes à type d'alpha- pinène, de bêta-pinène et de D-limonène notamment) ; micropolluants organiques (dont les composés halogénés et la dioxine) (ADEME, 2011; ATEE, 2011; Al Seadi et Lukehurst, 2012; Searl et Crawford, 2012).

Données étude métrologique toutes mesures < aux VLEP [IRSST 2018]

- exposition particules totales limitée (souvent < 0,1 mg/m<sup>3</sup>, toujours < 10mg/m<sup>3</sup>, concentration été>hiver) ,
- exposition ammoniac (NH<sub>3</sub>) détectée dans plusieurs zones de l'ordre de 1 à 4 ppm en été plus faible en hiver,
- exposition monoxyde de carbone (CO) : à 10 ppm dans l'aire de prétraitement de l'usine A1 en été (possiblement en lien avec émission moteur diesel chargeuse) , autres mesures <0,5 ppm
- exposition dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : à 1260 ppm dans l'aire de prétraitement de l'usine A1 (probablement en lien
- COV totaux : souvent <0,5 ppm, parfois détecté entre 1 à 4 ppm en été dans certaines zones, absence de détection de COV spécifiques (3-carène, α-pinène, β- pinène, limonène et éthanol) sauf limonène, estimée dans l'aire de prétraitement de l'usine A1 en hiver à 0,35 mg/m<sup>3</sup>
- H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> et NO toujours inférieurs aux seuils de détection
- concentrations métaux très faibles (cadmium, nickel, plomb et arsenic) toujours sous seuil de détection

Base de données solvex : identification de données de mesures sur sites de méthanisation en France concentrées sur les années 2016 et 2017 et correspondant à une étude INRS. Expositions chimiques documentées :

- Ammoniac : pas de dépassement de la VLEP-8h en mesures individuelles mais dépassement pour les mesures en ambiance
- Sulfure d'hydrogène : pas de statistiques disponibles
- Composés organiques volatiles : D-limonène, Pin-2(3)ène, Butanone, Cumène, Benzène, Toluène, xylènes, Acétone, trichloroéthylène, Butan-2-ol : pas de dépassement ou pas de statistiques disponibles
- Poussières inhalables : Pas de statistiques disponibles
- Aérosols métalliques (Aluminium, Cuivre, Plomb, Chrome, Manganèse, Zinc, nickel et cadmium) : pas de statistiques disponibles

– **Agents biologiques**

Données revue de la littérature : [IRSST 2018]

- exposition aux agents biologiques peut survenir lors de toutes les activités de biométhanisation (Couturier et Galtier, 1998; IFC, 2007; Nadal et al., 2009; Searl et Crawford, 2012).
- Exposition bioaérosols composés de particules organiques inhalables, tout particulièrement durant leurs manipulations (HSE, 2014).
- Exposition liées aux MOP : bactéries (*Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Legionella spp*, *Actinomyces israelii*, *Clostridium spp*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*), actinomycètes (*Saccharopolyspora spp*), actinobactéries (*Mycobacterium*

- spp*), champignons microscopiques (levures et moisissures), virus (entérovirus, parvovirus porcins) ou composantes biologiques telles que les endotoxines, les mycotoxines et le  $\beta$ -1-3-D-glucanes (Couturier et Galtier, 1998; ADEME, 2011; Searl et Crawford, 2012)
- Exposition en lien digestat après la biométhanisation : possible présence *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Clostridium spp*, *Mycobacterium avium* (peuvent survivre au traitement anaérobie, quelle que soit la température) (Couturier et Galtier, 1998; Sahlström, 2003; Sahlström et al., 2008; Slana et al., 2011; Canon-Franco et al., 2012).
  - processus anaérobie favorisait la présence de certaines bactéries fermentaires, entre autres celles du genre *Clostridium*, alors qu'elles étaient beaucoup moins présentes dans les intrants (Li et al. (2014)
  - composition de la flore microbienne persistante dans le digestat diffère selon les MOP traitées, la méthode de prétraitement, ainsi que les paramètres de biométhanisation (ADEME 1998; Al Seadi et Lukehurst, 2012).

Données étude métrologique toutes mesures < aux VLEP [IRSST 2018]

- bactéries mésophiles : exposition notable
  - 4 ateliers concentrations mesurées à l'aide de l'Andersen N6, > valeur guide de l'IRSST de  $10^4$  UFC/m3 pour une période de huit heures (Goyer et al., 2001; Lavoie et al., 2007) : usine A1 : du plateau de maturation en été et de l'aire de prétraitement en hiver , usine B : zones de réception et du réservoir tampon en été.
  - valeur maximale des concentrations moyennes de bactéries mésophiles, soit  $3,82 \times 10^4$  UFC/m3 : aire de réception de l'usine B en été, valeur guide x4,
- Moisissures mésophiles : exposition notable
  - Grande majorité des concentrations > fixée à  $10^3$  UFC/m3. (valeurs de référence chercheurs de l'IRSST (Lavoie et al., 2007) et SUVA pour la Suisse) sauf salle des filtres-presses été et hiver et aire de vidange des boues hiver.
  - concentration moyenne de moisissures mésophiles la plus élevée ( $2,72 \times 10^4$  UFC/m3) zone du réservoir tampon usine B en été
- actinomycètes thermophiles : concentrations moyennes < la valeur de référence ( $2 \times 10^4$  UFC/m3 (Dutkiewicz (1997).
- moisissures thermophiles cultivables : seules les concentrations moyennes en été dans l'usine B dépassent la valeur référence de  $10^3$  UFC/m3 (Lavoie et al., 2007; 2013; SUVA, 2014),  
Avis auteurs probable bonne partie de ces moisissures thermophiles = *Aspergillus sp*.
- Aucune concentrations moyennes d'endotoxines au-delà de valeur guide de 90 UE/m3
- Analyse des bioaérosols totaux par biologie moléculaire qPCR :
  - Détection exposition *Saccaropolysopora reactivirgula* (été), et *Mycobactérium Spp* (été et hiver)
  - Détection de *Legionella spp* secteur vidange des boues

- Odeurs
- Agents physiques
- Facteurs biomécaniques

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facteurs organisationnels, violences au travail...</li> <li>- Lieu et local de travail</li> <li>- Equipement, outil, machine et engin de travail</li> <li>- Autres</li> </ul>
<b>Vécu subjectif des travailleurs</b>	➔ Pas de données spécifiques identifiées
<b>Effets sanitaires rapportés</b>	<p>➔ Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pathologies respiratoires (compte tenu des expositions identifiées dans Bouchra et al (Irsst 2018)) : irritation des voies respiratoires, pneumopathies d'hypersensibilité,</li> <li>- Infections diverses (compte tenu des expositions identifiées dans Bouchra et al (Irsst 2018 notamment pneumopathies dont légionellose, gastro-entérites, infections cutanées)</li> </ul> </li> <li>• Effets sur la santé mentale</li> <li>• Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</li> </ul>
<b>Risques accidentels</b>	<p>➔ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : sur les 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa, seuls 1 est associé aux activités de méthanisation. Il s'agit d'un accident machine impliquant un ouvrier intérimaire responsable de la conduite et de la maintenance de l'atelier de méthanisation et ayant entraîné un écrasement de sa main.</p> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : dans la base ARIA, sur 101 accidents, 2 sont enregistrés sur un site de méthanisation. Il s'agit de 2 incendies dont l'un a entraîné des brûlures légères pour un des salariés.</p>
<b>Remarques</b>	<p>➔ Des réserves sont émises sur la qualité méthodologique des tableaux de synthèse relatifs aux effets sur la santé construites dans le rapport [IRSST 2018] pour les motifs suivants :</p> <p>1/ sauf rares cas absence de lien entre les références bibliographiques et éléments présentés dans tableaux</p> <p>2/ pas de distinction entre effets avérés liés à des agents biologiques et/ou chimiques et des effets au mieux suspectés avec des niveaux de preuve très variables)</p> <p>L'étude métrologique de terrain réalisée dans 2 usines de méthanisations semble de bonne qualité méthodologique.</p>
<b>Références</b>	[IRSST 2018]

## 7. INCINERATION

## INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE

## Etape

→ **Descriptif synthétique de l'étape en question** : L'incinération est un procédé de traitement thermique des déchets par combustion dans des installations dédiées. Ces installations reçoivent les ordures ménagères, les déchets non dangereux non inertes (anciennement déchets industriels banals) ainsi que les déchets des activités de soins à risques infectieux (DASRI).

Le procédé d'incinération avec valorisation énergétique consiste à récupérer la chaleur produite au moment de la combustion en la transformant en vapeur sous pression, vapeur qui sera ensuite détendue dans un turboalternateur produisant de l'électricité et, lorsque cela est possible, utilisée pour alimenter un réseau de chaleur urbain ou des industriels avoisinants. La quasi-totalité des installations d'incinération de déchets ménagers en activité en France produisent de l'énergie.

Les incinérateurs produisent des fumées (valeurs limites d'émission pour les principaux polluants) et des résidus de traitement.

Le procédé d'incinération comprend plusieurs phases :

- Le stockage et la préparation des déchets (alimentation du four) ;
- La combustion ;
- La récupération et la valorisation de la chaleur ;
- Le traitement des fumées (captage des polluants : poussières, gaz acides, métaux lourds et dioxines) ;
- L'évacuation et le traitement des résidus d'épuration des fumées (cendres volantes, résidus de neutralisation des fumées, gâteau de filtration des eaux de lavage des fumées, cendres sous chaudière) ;
- L'évacuation et le traitement des mâchefers (résidus solides d'incinération) via des opérations visant à élaborer un produit valorisable en technique routière en substitution aux granulats naturels. La production de mâchefers valorisables est réalisée dans des installations de maturation des mâchefers.

→ **Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)** :

- OMR, DNDNI, refus de tri, DASRI [ITOM 2020]
- La capacité réglementaire totale du parc d'UIOM s'élève à 15,72 Mt. En 2020, hors refus de tri, le tonnage de déchets incinérés s'élève à environ 14 000 kt. Par ailleurs, 1 076 kt issus de centres de tri, 82 kt issus des plateformes de compostage, 1 kt issu des centres de méthanisation, et 534 kt issus d'installations équipées de TMB entrent dans les UIOM. [ITOM 2020]
- Parmi les déchets entrants, 83% proviennent des collectivités et des ménages ; 79% d'OMR, 9% de DAE, 5% de résidus de traitement, 4% d'équipements hors d'usage, 2% de DD et 1% de boues. Une infime partie de ce gisement (0,4%) n'est pas valorisée énergétiquement. [ITOM 2020]
- 2 390 kt de mâchefers entrent dans les installations de maturation de mâchefers et 2 310 kt de mâchefers en sortent. 89% des flux sortants sont valorisés, très majoritairement en matériaux alternatifs pour sous-couches routières. [ITOM 2020]

	<p>➔ <b>Nombre d'installations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 121 installations d'incinération des OM en France [ITOM 2020]. Le parc d'UIOM se compose de 118 usines équipées d'un dispositif de récupération énergétique (représentant plus de 99% des déchets entrant) et 3 usines sans dispositif de récupération énergétique. Parmi les 118 unités, 26 traitent moins de 50 kt/an, 29 entre 50 et 100 kt par an, 45 entre 100 et 200 kt/an, et 19 traitent plus de 200 kt/an. Le nombre d'UIOM est en baisse depuis 2004.</li> <li>– 65 installations de maturation des mâchefers sont dénombrées [ITOM 2020]</li> </ul> <p>➔ <b>Effectifs de travailleurs:</b> 3500 employés [INRS 2014] / 4 141 salariés [ITOM 2020]</p>
<p><b>Métiers / Lieux de travail</b></p>	<p>➔ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape :</b> agent de quai ou de flux, Pontier, Chef de quart, rondier, agent de maintenance, agent de nettoyage.</p> <p>➔ <b>Liste des différents lieux de travail :</b> Quai de déchargement, salle de contrôle, zone trémies alimentation four, plateforme mâchefers, zone traitement des fumées, zone chaudière / échangeurs thermiques (1)</p>
<p><b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b></p>	<p>➔ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Directives du 08/06/89</b> concernant la prévention de la pollution atmosphérique en provenance des installations nouvelles d'incinération des déchets municipaux (valeurs limites d'émission et conception des installations nouvelles d'incinération des déchets municipaux de manière à protéger la santé humaine et l'environnement)</li> <li>– <b>Directive du 21/06/89</b> concernant la réduction de la pollution atmosphérique en provenance des installations existantes d'incinération des déchets municipaux</li> <li>– <b>Arrêté du 25/01/91</b> concernant les conditions d'évacuation des gaz de combustion vers l'atmosphère, conditions d'incinération, autosurveillance, normes d'émission, bruit : l'installation sera construite, équipée et exploitée de façon que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits aériens ou de vibrations mécaniques susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou de constituer une gêne pour sa tranquillité.</li> <li>– <b>Directive du 04/12/00</b> dont l'objectif est de prévenir ou de limiter dans la mesure du possible les effets négatifs de l'incinération et de la coïncinération de déchets sur l'environnement et en particulier la pollution due aux émissions dans l'air, le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines, ainsi que les risques qui en résultent pour la santé des personnes.</li> <li>– <b>Arrêté du 20/09/02</b> concernant la conception et l'aménagement général des installations</li> <li>– <b>Arrêté du 18/12/12</b> : transposition de la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles.</li> <li>– <u>La loi de transition énergétique pour la croissance verte (17/08/2015)</u>, prévoit qu'il faut « assurer la valorisation énergétique des déchets qui ne peuvent être recyclés en l'état des techniques disponibles »</li> <li>– <b>Arrêté du 07/12/16</b> modifiant l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de coïncinération de déchets non dangereux qui définit dans quel cas une opération d'incinération de déchets non dangereux peut être qualifiée d'opération de</li> </ul>

	<p>valorisation ou d'opération d'élimination. Le présent arrêté assure la transposition du facteur de correction climatique et l'intègre dans le calcul de la performance énergétique des installations d'incinération des déchets municipaux et assimilés.</p> <p>➔ <b>Pas de réglementations/recommandations spécifiques identifiées concernant la santé des travailleurs de l'incinération</b></p> <p>➔ <b>Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– L'année 2010 (en droit européen) puis 2012 (en droit français) marque un tournant concernant les exigences de performances auxquelles doivent répondre les installations d'incinération des OM, notamment en termes d'émissions de métaux lourds et de substances organiques. La mise en conformité des IUOM durant cette période implique une modification des émissions auxquelles sont exposés les travailleurs impliqués dans cette activité.</li> <li>– Dans un avis publié en 2017, l'ADEME constatait qu'il n'y a globalement pas de besoin en nouvelles capacités d'incinération sur le territoire français. Dans la mesure où les déchets incinérés sont très majoritairement des déchets ménagers, les collectivités sont donc un acteur majeur pour réduire les tonnages traités.</li> </ul>																		
<b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b>																			
<p><b>Revue et rapports de synthèse</b></p>	<p>➔ <b>Disponibilité des données, qualité des données, thématiques traitées :</b> Données disponibles sur les effets sanitaires et niveaux de preuve de pathologies anciennes (avant évolution des technologies d'incinération) (3 ; 4 ; 5). Disponibilité d'une étude récente de l'INRS (2014-2015) sur les expositions chimiques et biologiques des travailleurs (1 ; 2). D'un point de vue technique, pas de nouveaux incinérateurs développés depuis l'étude de l'INRS - représentatif de la situation actuelle (peut servir de document de référence).</p>																		
<p><b>Exploitation de bases de données en santé au travail</b></p>	<p>➔ <b>Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données :</b></p> <table border="1" data-bbox="463 869 2051 1380"> <tr> <td data-bbox="463 869 586 911">Cnam</td> <td data-bbox="586 869 629 911"></td> <td data-bbox="629 869 2051 911">l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités d'incinération</td> </tr> <tr> <td data-bbox="463 911 586 979">Epicéa</td> <td data-bbox="586 911 629 979">x</td> <td data-bbox="629 911 2051 979">accidents graves survenus au cours de ces activités – l'incinération représente 14 cas sur les 194 cas (soit 7%) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="463 979 586 1054">ARIA</td> <td data-bbox="586 979 629 1054">x</td> <td data-bbox="629 979 2051 1054">accidents/incidents survenus sur les sites d'incinération – 17% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 17 cas sur 101 au total) relèvent des activités d'incinération</td> </tr> <tr> <td data-bbox="463 1054 586 1198">SOLVEX</td> <td data-bbox="586 1054 629 1198"></td> <td data-bbox="629 1054 2051 1198"><i>quelques données sont disponibles pour les travailleurs des usines d'incinération (code B9060 – Conduite et surveillance d'usine d'incinération) mais le quantitatif est faible - De manière non spécifique à l'étape d'incinération, la majorité des mesures disponibles portent sur des poussières inhalables et alvéolaires, des aérosols métalliques (Pb, Fe, Ni, Al), de l'ammoniac, du H2S et des COV</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="463 1198 586 1240">Sumer</td> <td data-bbox="586 1198 629 1240"></td> <td data-bbox="629 1198 2051 1240">l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés travaillant dans les installations d'incinération.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="463 1240 586 1380">RNV3P</td> <td data-bbox="586 1240 629 1380">x</td> <td data-bbox="629 1240 2051 1380">24 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités d'incinération identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 3% sur un total de 910 PRT) – 1 PRT chez des femmes et 23 chez des hommes (soit 96%) – Les postes les plus représentés (tous genres confondus) sont les conducteurs d'incinérateur (38%), les ouvriers qualifiés (17%), les trieurs de déchets (12%).</td> </tr> </table>	Cnam		l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités d'incinération	Epicéa	x	accidents graves survenus au cours de ces activités – l'incinération représente 14 cas sur les 194 cas (soit 7%) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt.	ARIA	x	accidents/incidents survenus sur les sites d'incinération – 17% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 17 cas sur 101 au total) relèvent des activités d'incinération	SOLVEX		<i>quelques données sont disponibles pour les travailleurs des usines d'incinération (code B9060 – Conduite et surveillance d'usine d'incinération) mais le quantitatif est faible - De manière non spécifique à l'étape d'incinération, la majorité des mesures disponibles portent sur des poussières inhalables et alvéolaires, des aérosols métalliques (Pb, Fe, Ni, Al), de l'ammoniac, du H2S et des COV</i>	Sumer		l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés travaillant dans les installations d'incinération.	RNV3P	x	24 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités d'incinération identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 3% sur un total de 910 PRT) – 1 PRT chez des femmes et 23 chez des hommes (soit 96%) – Les postes les plus représentés (tous genres confondus) sont les conducteurs d'incinérateur (38%), les ouvriers qualifiés (17%), les trieurs de déchets (12%).
Cnam		l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités d'incinération																	
Epicéa	x	accidents graves survenus au cours de ces activités – l'incinération représente 14 cas sur les 194 cas (soit 7%) identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt.																	
ARIA	x	accidents/incidents survenus sur les sites d'incinération – 17% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 17 cas sur 101 au total) relèvent des activités d'incinération																	
SOLVEX		<i>quelques données sont disponibles pour les travailleurs des usines d'incinération (code B9060 – Conduite et surveillance d'usine d'incinération) mais le quantitatif est faible - De manière non spécifique à l'étape d'incinération, la majorité des mesures disponibles portent sur des poussières inhalables et alvéolaires, des aérosols métalliques (Pb, Fe, Ni, Al), de l'ammoniac, du H2S et des COV</i>																	
Sumer		l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés travaillant dans les installations d'incinération.																	
RNV3P	x	24 pathologies en relation avec le travail (PRT) associées aux activités d'incinération identifiées à l'issue des extractions RNV3P (soit 3% sur un total de 910 PRT) – 1 PRT chez des femmes et 23 chez des hommes (soit 96%) – Les postes les plus représentés (tous genres confondus) sont les conducteurs d'incinérateur (38%), les ouvriers qualifiés (17%), les trieurs de déchets (12%).																	

Exploitation autres sources de données	→ Pas d'autres données spécifiques consultées
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>	
Expositions des travailleurs / conditions de travail	<p>→ <b>Quelles sont les expositions documentées ?</b></p> <p>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. (5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ poussières (2)</li> <li>○ aérosols métalliques (aluminium arsenic, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, fer, manganèse, mercure, nickel, plomb, zinc) (2 ; 5)</li> <li>○ COV (2)</li> <li>○ HAP (2)</li> <li>○ dioxines (2)</li> <li>○ furanes (2)</li> </ul> </li> <li>- <u>Agents biologiques</u> : endotoxines, moisissures, bactéries (2)</li> <li>- Odeurs</li> <li>- Agents physiques</li> <li>- Facteurs biomécaniques</li> <li>- Facteurs organisationnels, violences au travail...</li> <li>- Lieu et local de travail</li> <li>- Equipement, outil, machine et engin de travail</li> <li>- Autres</li> </ul>
Vécu subjectif des travailleurs	→ Aucune information spécifique identifiée
Effets sanitaires rapportés	<p>→ <b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ possibilité de troubles respiratoires aigus – niveau de preuves « possible » (5) Des maladies respiratoires sont observées pour les travailleurs de l'incinération (38% des PRT observées), tous genres confondus. Les pathologies décrites sont des plaques pleurales, de l'asthme et la rhinite allergique vasomotrice. [RNV3P]</li> <li>○ 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 - les niveaux de risques apparaissent très liés aux niveaux</li> </ul> </li> </ul>

	<p>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 en vigueur au moment de l'étude (en 2010). Des tumeurs malignes sont observées pour les travailleurs de l'incinération (25% des PRT observées), tous genres confondus. Les cas recensés concernent uniquement les hommes (26% des 23 PRT). Les pathologies décrites sont des tumeurs malignes des bronches et du poumon, un mésothéliome et un lymphome diffus non hodgkinien [RNV3P].</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des cas de maladie de l'oreille (8%), maladie du système nerveux (8%), TMS (4%), maladies infectieuses (4%) et « codes spécifique RNV3P » (4%) sont observés. [RNV3P]</li> <li>● <b>Effets sur la santé mentale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des cas de pathologies psychiques (8%) sont observés. [RNV3P]</li> </ul> </li> <li>● Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</li> </ul>
Risques accidentels	<p>La fréquence des accidents du travail ayant entraîné des arrêts est plus importante pour les salariés chargés de l'incinération des déchets ménagers, comparés à l'ensemble des neuf grandes branches d'activités ou Comités Techniques Nationaux (CTN) (5)</p> <p>➔ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : Les accidents recensés dans l'étape d'incinération représentent 7% (soit n = 14) de l'ensemble des cas identifiés. Ils sont survenus sur la période 1991 – 2019. 12 cas sur 14 (soit 86%) sont des accidents machine ayant entraîné des blessures pouvant aller jusqu'à l'amputation et le décès de certains salariés. La majorité de ces accidents sont liés aux opérations de maintenance réalisées sur les installations du site. 5 accidents impliquent des agents de maintenance intervenant sur un convoyeur à bandes ou à rouleaux. 4 accidents ont eu lieu dans le four ou au niveau de la trémie d'alimentation du four (explosion ou ensevelissement puis asphyxie par cendres accumulées).</p> <p>Sont également relevés 1 cas d'accident d'engin impliquant la conduite d'un chariot automoteur (écrasement du conducteur par son engin puis décès) et 1 cas de chute dans une fosse à déchets par un chauffeur au moment d'y vider le contenu de sa benne à ordures (fractures aux membres inférieurs).</p> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : dans la base ARIA, sur 101 accidents, 17 sont enregistrés dans un site d'incinération (8 incendies, 2 explosions, 3 intoxications, 4 accidents de travail). Sur les 2 incendies, 1 est en récurrence. Les départs de feu sont liés soit à la présence de déchets non conformes dans les tas de déchets (ex : pile lithium dégradée, produits chimiques, déchet pyrotechnique ou fusée de détresse), soit au contact ou à la proximité avec une source de chaleur (projection d'huile incandescente, manipulation d'un dispositif à torche à plasma). Ces incendies ont systématiquement entraîné l'intoxication de plusieurs travailleurs du site dont la plupart ont dû être hospitalisés et un est décédé (technicien de maintenance).</p> <p>1 des explosions est due à la réalisation de travaux sur le site avec utilisation d'outils alimentés par des gaz explosifs et l'autre se produit dans la trémie d'alimentation du four. Plusieurs salariés sont blessés lors de ces 2 accidents.</p> <p>Les 3 intoxications sont liées à des dégagements gazeux sur le site (vapeurs d'acide chlorhydrique lors des opérations de dépotage et rejet de fumées non traitées) et entraînent des incommodations voire l'hospitalisation des travailleurs impliqués.</p>

	<p>Concernant les accidents de travail, l'un concerne un sous-traitant participant à la réfection annuelle des parois des 2 fours qui reçoit sur le corps un bloc de béton (traumatisme crânien et lésions aux vertèbres cervicales). Un autre implique le chauffeur d'un camion gravement brûlé aux yeux et au visage lors d'un dépotage après avoir reçu des projections de la soude caustique qu'il était venu livrer (le flexible d'alimentation branché sur la citerne du camion s'étant détaché brusquement). Un 3<sup>ème</sup> concerne un employé brûlé lors de l'éclatement d'un tube vapeur au niveau de la chaudière du site. Le dernier est le cas d'un ouvrier décédé par asphyxie après avoir été enseveli sous 2 m de cendres chaudes dans un silo dédié à leur stockage.</p>
<b>Remarques</b>	<p>→ Les deux documents INRS ne sont axés que sur l'évaluation des risques chimiques et biologiques pour les travailleurs de l'incinération. Aucun autre risque n'est pris en compte.</p>
<b>Références</b>	<p>(1) INRS (2014), (2) INRS (2015), (3) Porta(2009), (4) Giusti (2009), (5) Anzivino et al (2012) Mâchefers : <a href="https://institut-economie-circulaire.fr/wp-content/uploads/2020/03/etude-inec-la-valorisation-des-machefers.pdf">https://institut-economie-circulaire.fr/wp-content/uploads/2020/03/etude-inec-la-valorisation-des-machefers.pdf</a> <a href="https://www.zerowastefrance.org/abandon-illegal-machefers-incineration-traffic/">https://www.zerowastefrance.org/abandon-illegal-machefers-incineration-traffic/</a></p>

## 8. STOCKAGE

INFORMATIONS GENERALES SUR L'ETAPE	
<b>Etape</b>	<p>→ <b>Descriptif synthétique de l'étape en question</b> : Le stockage, également appelé « enfouissement » ou « mise en décharge » représente l'ultime maillon de la chaîne de gestion des déchets. Il concerne la fraction de déchets qui n'a pas pu être valorisée dans les conditions économiques et techniques du moment.</p> <p>Opérations réalisées sur un site de stockage : pesée des déchets à l'entrée du CDS (Centre de stockage), dépôt des déchets dans les alvéoles (fosses étanches d'une centaine de m<sup>3</sup>), compaction mécanique des déchets et recouvrement, par de la terre, des alvéoles remplies de déchets.</p> <p>Rejets générés pendant 30-40 ans par le CDS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Les lixiviats (effluents liquides formés par l'eau de pluie percolant à travers le CDS et se chargeant en substances contenues dans les déchets) : Effluents récupérés au fond de l'alvéole par un système de drains et dirigés vers un bassin de stockage et traités ensuite par biologie, ultrafiltration et charbons actifs. Une fois détoxiqués, effluents rejetés dans le milieu naturel.</li> <li>– Le biogaz (formé par la dégradation anaérobie de la matière organique contenue dans les déchets stockés et constitué principalement de méthane (±60%) et de dioxyde de carbone (±40%) et des traces d'hydrogène sulfuré, d'ammoniaque, d'hydrogène, de mercaptans et de différents acides ; la composition de ce biogaz varie fortement dans le temps) : gaz capté par des drains, puis brûlé par des torchères ou plus rarement valorisé industriellement.</li> </ul> <p>Rejets gazeux également des camions et autres véhicules de chantier pendant l'exploitation du CDS.</p> <p>→ <b>Types de déchets et quantités entrantes (tonnage et kg/habitant)</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Réglementairement : Déchets ultimes (loi de 1992) : « Déchets ménagers valorisés au maximum compte tenu des conditions technico-économiques du moment et détoxiqués » : déchets appelés aujourd'hui, « ordures ménagères résiduelles ». Capacité réglementaire totale du parc d'ISDND : 2 055 (???) Mt en 2020</li> <li>– 17,4 Mt de déchets entrants par an dont 41% de résidus de traitement, 26% d'OMR, 16% de DAE (déchet d'activités économiques), 10% d'encombrants, 5% de Déblais et gravats, 2% d'autres déchets. Leurs origines diffèrent : 40% de ces déchets proviennent des services de traitement des déchets, 33% des ménages et collectivités, et 26% des entreprises. [ITOM 2020]</li> </ul> <p>→ <b>Nombre d'installations</b> : 187 ISDND (contre 322 en 2004). Leur nombre ne cesse de se réduire depuis. Les ISDND représentent 32 % des déchets entrants dans les différentes ITOM en 2020. Ce taux décroît au cours du temps depuis 2004. Cependant, la quantité de déchets stockées semblent constante depuis 2014. [ITOM 2020]</p> <p>→ <b>Effectifs de travailleurs</b> : 1 861 dans les ISDND [ITOM 2020]</p>
<b>Métiers / Lieux de travail</b>	<p>→ <b>Liste des principaux métiers associés à cette étape</b> : chef d'exploitation, réceptionniste de déchets ou gardien du CDS, conducteur d'engin de chantier pour les alvéoles, agent de STEP si le lixiviat est stocké et traité sur le site.</p>

	<p>➔ <b>Liste des différents lieux de travail</b> : entrée du CDS, alvéoles et éventuellement lieu de stockage et traitement du lixiviat</p>
<b>Encadrement réglementaire spécifique de l'étape</b>	<p>➔ <b>Textes de loi spécifiques de l'étape considérée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Loi du 15/07/75</u> : définition du déchet (objet dont la valeur économique est considérée comme négative ou nulle par son propriétaire à un moment donné) et des responsabilités.</li> <li>- <u>Loi du 13/07/92</u> : seuls les déchets ultimes peuvent être stockés.</li> <li>- <u>Arrêté du 15/02/16</u> relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux : mise à jour l'encadrement technique des installations de stockage de déchets non dangereux en fonction des évolutions technologiques, notamment des bonnes pratiques en matière de barrières d'étanchéité passive et active, de mise en place du réseau de captage de biogaz dès le début de sa production et d'exploitation des casiers en mode bioréacteur. L'arrêté ministériel actualise également la liste des déchets admissibles en installations de stockage de déchets non dangereux.</li> <li>- <u>Loi AGECE du 10/02/20</u> : à compter du 31/12/2023 : le tri et la valorisation des biodéchets deviennent obligatoires pour tous. La charge organique du lixiviat et la production de biogaz devraient diminuer.</li> <li>- <u>Décret du 29/06/21</u> : application de l'article 91 de la loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire concernant la justification de la performance des installations de valorisation et l'encadrement du prix des déchets et refus de tri admis en priorité dans les installations de stockage. Il définit également les sanctions pénales relatives au non-respect de ces dispositions.</li> <li>- <u>Décret du 16/09/21</u> relatif aux conditions d'élimination des déchets non dangereux : il a pour objet <b>l'interdiction de stockage des déchets non dangereux non inertes valorisables</b> et la justification du respect des <b>obligations de tri avant élimination par mise en décharge ou incinération</b></li> </ul> <p>➔ <b>Pas de réglementations/recommandations spécifiques identifiées concernant la santé des travailleurs du compostage</b></p> <p>➔ <b>Enseignements à tirer pour la prise en compte des données de santé au travail (expositions, risques)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mode d'élimination ancien dont l'encadrement s'est renforcé depuis 2016 dans une dynamique d'incitation puis obligation à une meilleure valorisation des déchets en amont et donc une limitation des déchets déposés en centre de stockage. Cette tendance se confirme au vu des dispositions réglementaires de 2021.</li> <li>- Durée de vie d'un CDS : 30 à 40 ans.</li> <li>- Diminution attendue des volumes de déchets pris en charge sur ce type d'installations.</li> </ul>
<b>COMMENTAIRES GENERAUX SUR LES SOURCES DE DONNEES CONSIDEREES</b>	
<b>Revue et rapports de synthèse</b>	<p>➔ <b>Disponibilité des données et thématiques traitées</b> : Données anciennes (début des années 2000) disponibles sur les expositions et niveaux d'exposition chimiques et biologiques (ambiance et poste de travail), les odeurs, descriptif des métiers et des lieux de travail, effets sanitaires (1 ; 2 ; 3) et niveaux de preuve de pathologies (4) ; 1 revue de synthèse récente disponible sur les expositions aux</p>

	bioaérosols (bactéries et moisissures ++) fondée sur des publications Asie, Afrique, Amérique du nord (Nair 2021). Effets sanitaires (5) et évaluation des risques pour les riverains (6).																		
<b>Exploitation de bases de données en santé au travail</b>	➔ <b>Disponibilité des données au sein des différentes extractions réalisées et type de données</b> : étape peu documentée dans les bases de données consultées hormis ARIA																		
	<table border="1"> <tr> <td>Cnam</td> <td></td> <td>l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de stockage</td> </tr> <tr> <td>Epicéa</td> <td>x</td> <td>accidents graves survenus au cours de ces activités – le stockage représente 10 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt</td> </tr> <tr> <td>ARIA</td> <td>x</td> <td>accidents/incidents survenus au sein des installations de stockage – 13% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 13 cas sur 101 au total) relèvent des activités de stockage</td> </tr> <tr> <td>SOLVEX</td> <td></td> <td>Pas de mesures spécifiquement identifiées en lien avec des activités de stockage des déchets ménagers</td> </tr> <tr> <td>Sumer</td> <td></td> <td>l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés du stockage</td> </tr> <tr> <td>RNV3P</td> <td>x</td> <td>pathologies en relation avec le travail associées à ces activités Sur les 910 PRT identifiées dans la base RNV3P en lien avec nos activités d'intérêt, 2 sont associées au stockage (uniquement des hommes). Les postes représentés sont des 1 technicien et 1 conducteur d'engins.</td> </tr> </table>	Cnam		l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de stockage	Epicéa	x	accidents graves survenus au cours de ces activités – le stockage représente 10 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt	ARIA	x	accidents/incidents survenus au sein des installations de stockage – 13% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 13 cas sur 101 au total) relèvent des activités de stockage	SOLVEX		Pas de mesures spécifiquement identifiées en lien avec des activités de stockage des déchets ménagers	Sumer		l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés du stockage	RNV3P	x	pathologies en relation avec le travail associées à ces activités Sur les 910 PRT identifiées dans la base RNV3P en lien avec nos activités d'intérêt, 2 sont associées au stockage (uniquement des hommes). Les postes représentés sont des 1 technicien et 1 conducteur d'engins.
	Cnam		l'extraction par codes NAF ne permet pas d'identifier les salariés impliqués dans les activités de stockage																
	Epicéa	x	accidents graves survenus au cours de ces activités – le stockage représente 10 cas sur les 194 identifiés dans Epicéa en lien avec nos activités d'intérêt																
	ARIA	x	accidents/incidents survenus au sein des installations de stockage – 13% des accidents en lien avec nos activités d'intérêt identifiés dans la base (soit 13 cas sur 101 au total) relèvent des activités de stockage																
	SOLVEX		Pas de mesures spécifiquement identifiées en lien avec des activités de stockage des déchets ménagers																
	Sumer		l'extraction par métier ne permet pas d'identifier les salariés du stockage																
RNV3P	x	pathologies en relation avec le travail associées à ces activités Sur les 910 PRT identifiées dans la base RNV3P en lien avec nos activités d'intérêt, 2 sont associées au stockage (uniquement des hommes). Les postes représentés sont des 1 technicien et 1 conducteur d'engins.																	
<b>Exploitation autres sources de données</b>	➔ <b>Pas d'autres données spécifiques consultées</b>																		
<b>BILAN DES INFORMATIONS RECENSEES</b>																			
<b>Expositions des travailleurs / conditions de travail</b>	<p>➔ <b>Quelles sont les expositions documentées ?</b></p> <p>Les niveaux de polluants sont dépendants de la nature des déchets enfouis (présence de déchets dangereux notamment), des pratiques d'exploitation (3) ou encore du tonnage annuel d'ordures ménagères reçues (2). Une étude conduite en 2001 dans 2 centres de stockage des OM en France (2) a observé que les concentrations mesurées dans l'air du site et de son environnement proche sont faibles dans l'ensemble sauf pour les poussières, le manganèse et les microorganismes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Agents chimiques (incluant amiante, silice et matériaux)</u> : Présence de COVs (notamment cétones, aldéhydes et alcools / liés au trafic d'engins diesel), d'hydrocarbures (HAP particuliers caractéristiques des émissions diesel), de benzène et trichlorobenzène (2 ; 3), de poussières et de métaux dont le manganèse (2). Pour les HAP, métaux, particules, COV et aldéhydes, concentrations inférieures aux valeurs limites professionnelles (1 ; 2). Pour les poussières alvéolaires (&lt; 5µm), certains niveaux ponctuellement très élevés ont été mesurés (2).</li> </ul>																		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Agents biologiques</u> : Microorganismes mesurés à des niveaux élevés (&lt; compostage) et dépassant ponctuellement les VR pour les bactéries et champignons (2). Bactéries adsorbées sur les poussières. Niveaux &gt; valeurs usuelles. La source principale : l'alvéole (brassage des déchets) (1)</li> <li>- <u>Odeurs (Substances olfactives)</u> : Pour un site sans captage du biogaz (illicite en France pour un CDS classe 2) : dépassements possibles des seuils olfactifs pour les diméthylsulfure, 1,3,5 triméthylbenzène, limonène et mercaptans (1) Pour un site avec captage du biogaz : dépassements possibles pour H2S, limonène et mercaptans (1)</li> <li>- <u>Agents physiques</u></li> <li>- <u>Facteurs biomécaniques</u></li> <li>- <u>Facteurs organisationnels, violences au travail...</u></li> <li>- <u>Lieu et local de travail</u></li> <li>- <u>Equipement, outil, machine et engin de travail</u> : Bennes à ordures et engins de chantier.</li> <li>- <u>Autres</u></li> </ul>
<b>Vécu subjectif des travailleurs</b>	→ <b>Pas de données spécifiques identifiées</b>
<b>Effets sanitaires rapportés</b>	<p>→ <b>Quels sont les effets sanitaires observés chez les travailleurs impliqués dans cette étape ? Préciser lorsque des données sur les niveaux de preuve d'effets sont disponibles pour les effets décrits.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pathologies (respiratoires, digestives, TMS...)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ se plaignent généralement de troubles cutanés, oculaires, gastro-intestinaux et divers (nausées, maux de tête) - impossible de conclure quant au niveau de preuve pour les données françaises (3)</li> <li>○ augmentation des symptômes respiratoires aigus (épisodes de toux, troubles rhinopharyngés, états grippaux) – impossible de conclure quant au niveau de preuve pour les données françaises (3)</li> <li>○ Sur les 2 PRT identifiées dans la base RNV3P, 1 maladie cardiaque et 1 « lésions traumatiques, empoisonnement »</li> </ul> </li> <li>• <u>Effets sur la santé mentale</u></li> <li>• <u>Blessures (coupures, piqûres, brûlures...)</u></li> </ul> <p>→ <b>Description des effets sanitaires associés aux expositions relevées</b></p> <p>Pour les agents chimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour le Cr urinaire des salariés, effet difficile à déterminer (1).</li> <li>• COVs &gt;&gt;&gt; irritants voire cancérogènes pour le formaldéhyde</li> <li>• poussières alvéolaires (&lt; 5µm) &gt;&gt;&gt; effets irritants oculaires et respiratoires</li> </ul>

	<p>Pour les agents biologiques : 3 effets possibles : infection (leptospirose, aspergillose, ...), réactions inflammatoires et réactions immuno-allergiques (1).</p> <p>Pour les substances olfactives : Incommodations, baisse possible de la perception des odeurs (1).</p>
<b>Risques accidentels</b>	<p>➔ <b>Informations issues d'Epicéa</b> : sur les 194 cas relevant de la prise en charge des ordures ménagères identifiés dans Epicéa, 10 sont associés aux activités de stockage. Six sont des accidents machine et ont entraîné le décès des salariés ou des blessures graves (amputation). Deux sont des collisions engins-salariés. Ces accidents surviennent la plupart du temps lors des opérations de chargement/déchargement des déchets sur le site. Les deux derniers sont des accidents d'engins survenus soit au moment du déchargement de déchets (décès du salarié par écrasement), soit au moment de l'enfouissement des déchets (lésions aux bras et à la poitrine). La plupart des accidents concernent des chauffeurs de poids lourds ou conducteurs d'engins spécifiques.</p> <p>➔ <b>Informations issues d'ARIA</b> : dans la base ARIA, sur 101 accidents, 13 sont enregistrés sur un site de stockage (3 sur 13 en récidive). 9 sont des incendies (dont 3 sont en récidive) et ont entraîné pour 4 d'entre eux l'intoxication par les fumées d'un ou plusieurs salariés du site. Les autres accidents sont 1 anoxie liée à un dégagement gazeux dans un espace confiné, 1 intoxication de 2 salariés par des émanations de chlore, 1 explosion ayant entraîné des brûlures superficielles chez 2 salariés et 1 renversement d'une semi-remorque chargée de broyats de déchets des activités économiques lors du déchargement entraînant des blessures à la tête pour le chauffeur.</p>
<b>Remarques</b>	<p>➔ Beaucoup de données disponibles relatives à cette étape concernent les expositions et les risques sanitaires pour les riverains des installations de stockage.</p> <p>➔ Fort syndrome NIMBY dans la population avoisinante du CDS (attitude fréquente qui consiste à approuver un projet pourvu qu'il se fasse ailleurs, ou à refuser tout projet à proximité de son lieu de résidence).</p>
<b>Références</b>	(1) INVS, 2008, (2) RECORD 2001, (3) Anzivino et al (2012), (4) Nair (2021), (5) Siddiqua (2022), (6) InVS 2005

## Annexe 7 : Outil d'aide à la comparaison des étapes de prise en charge des ordures ménagères (OM)

La démarche globale de l'analyse multicritère des étapes de prise en charge des OM est schématisée sur la figure ci-après.

EFFECTIFS DE TRAVAILLEUR		Chiffres ou fourchettes
PERSPECTIVE D'ÉVOLUTION DE L'ÉTAPE		^, v, ?
<b>RECOMMANDATIONS CNAM</b>	Identification de recommandations spécifiques à l'étape ? → Oui = 1 / Non = 0	Score « reco CNAM » (%) 0 ou 100 %
<b>POLYEXPOSITION</b> Typologies : agents chimiques, Agents biologiques, Odeur, Bruit Vibration, Autres agents physiques, Facteurs biomécaniques, facteur organisationnels, violences au travail...	Pour chaque typologie d'exposition, cotation de 2 paramètres : → données disponibles : Oui = 1 / Non = 0 → multiplicité des sources (>1 ref biblio et/ou BDD) : Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 16)	Score « exposition » (%) $= \frac{\sum \text{scores obtenus}}{16} * 100$
<b>CONDITIONS DE TRAVAIL</b>	Analyses spécifiques identifiées ? → Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 1)	Score « conditions de travail » (%) 0 ou 100 %
<b>VÉCU SUBJECTIF DES TRAVAILLEURS</b>	Analyses spécifiques identifiées ? → Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 1)	Score « vécu subjectif » (%) 0 ou 100 %
<b>DIVERSITÉ DES PATHOLOGIES DOCUMENTÉES</b> Typologies : TMS, pathologies infectieuses, troubles respiratoires aigus, troubles respiratoires chroniques, troubles gastro-intestinaux, Pathologies cutanées, Troubles oculaires, Maladies de l'oreille, Troubles CV, Cancers, Troubles du développement fœtal, Troubles de la reproduction, Atteintes santé mentale, Symptômes divers	Pour chaque typologie d'effets sanitaires, cotation de 2 paramètres : → données disponibles : Oui = 1 / Non = 0 → multiplicité des sources (>1 ref biblio et/ou BDD) : Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 28)	scores « effets sanitaires » (%) $= \frac{\sum \text{scores obtenus} * 100}{28}$
<b>DIVERSITÉ DES ACCIDENTS DOCUMENTÉS</b> Typologies : Blessures, Chutes, Collisions engins-piétons, Accidents machine, Accidents d'engins, Incendies, Explosions, Intoxications, Ensevelissement, Malaises, Suicides, Accidents de la circulation, Accidents routiers professionnels	Pour chaque typologie d'accident, cotation de 2 paramètres : → données disponibles : Oui = 1 / Non = 0 → multiplicité des sources (>1 ref biblio et/ou BDD) : Oui = 1 / Non = 0 (cotation maximale = 24)	scores « accidents » (%) $= \frac{\sum \text{scores obtenus}}{24} * 100$

Score total

$$= \frac{\sum \text{scores obtenus} \times 100}{71}$$

Pour les critères de polyexposition, vécu subjectif des travailleurs, pathologie et accidents, un score a été établi sur la base de la cotation d'une part de la disponibilité des données recensées dans la fiche étape (0: si aucune donnée n'est disponible, 1 si au moins une donnée est disponible), et d'autre part de la multiplicité des sources documentant ces données (0 : si 1 source ou moins documente le critère, 1 si au moins deux sources documentent le critère).

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la cotation de l'ensemble des critères considérés pour chacune des étapes.

**Tableau 35 : Résultats de la cotation par étape des différents critères considérés pour l'analyse**

	note max	Collecte	Tri	Déchetterie	Compostage	Incinération	Stockage	Méthanisation	Recyclage
<b>Effectifs de travailleur</b>	-	≈ 41 000	≈ 10 000	> 5 000 (au moins 1 par site)	≈ 1 700	≈ 4 100	≈ 1 500	Indéterminé	> 10 000
<b>Perspectives d'évolution de l'étape</b>	-	↘	↗	?	↗	↘	↘	↗	↗
<b>Cnam</b>	1	100	0	0	0	0	0	0	0
<b>Polyexpo</b>	16	69	69	38	31	13	19	19	0
<b>Conditions de travail</b>	1	100	100	0	0	0	0	0	0
<b>Vécu subjectif des travailleurs</b>	1	100	100	0	0	0	0	0	0
<b>Diversité des pathologies documentées</b>	28	39	43	36	43	39	21	7	18
<b>Diversité des accidents documentés</b>	24	50	42	42	17	29	25	8	8
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>51</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

## Annexe 8 : Grilles de lecture utilisées pour l'analyse de la qualité des études

### Partie commune

Logistique	Nom du relecteur	/	
	Date de lecture	/	
ARTICLE	Référence	<i>Tout élément permettant l'identification de l'étude : référence complète, auteur (date)...</i>	
	Objectifs de l'étude	<i>Contexte, objectifs de l'étude et/ou les hypothèses testées</i>	

Partie spécifique à l'analyse des données épidémiologiques			Information disponible ? (O/N)	Si oui porter les données essentielles de la publication
Design de l'étude	Type d'étude	<i>Cohorte, cas-témoins, étude transversale, méta-analyses, rapport de cas...</i>		
	Paramètres de santé étudiés ou pathologie étudiée	<i>Définition de l'/les effet(s) sanitaire(s) étudié(s)</i>		
		<i>Description de la mesure de l'effet sanitaire/mode de recueil de l'effet sanitaire</i>		
	Sélection des individus	<i>Critères inclusion/ exclusion Mode de recrutement : volontariat, registres...</i>		
	Description de la population ou des groupes	<i>Description de la Cohorte/des cas et des témoins/des groupes exposés et non exposés</i>		
		<i>Industrie, Pays Effectif, caractéristiques sociodémographique des sujets (âge, sexe ratio, etc.)</i>		
Séquence dans le temps	<i>Exposition précédent les effets observés ?</i>			
Exposition	Agent d'exposition (substance, agent physique, microbiologique, etc.)	<i>Caractérisation de l'agent : définition (nom, n°CAS, etc.), type d'indicateur (biomarqueur, métabolite ...)</i>		
	Voie d'exposition	<i>Voie respiratoire, cutanée, orale...</i>		
	Méthode d'évaluation des expositions	<i>Matrice emploi-exposition, Expertise individuelle des dossiers, Déclaration des sujets ou des proches (téléphone, face-à-face, auto-questionnaire), évaluation quantitative des expositions (méthodes de prélèvements, LD, LQ)</i>		

	Indicateurs paramètres) d'exposition	(ou	<i>Probabilité d'exposition</i>		
			<i>Fréquence d'exposition</i>		
			<i>Niveau d'exposition : Données semi-quantitatives, quantitatives (moyenne géométrique ou arithmétique, intervalle de confiance, étendue – maximum, minimum -), etc.</i>		
			<i>Durée d'exposition</i>		
			<i>Exposition cumulée</i>		
<b>Analyse statistique</b>	Méthode d'analyse statistique		<i>Type de test, uni ou bilatéral, type de modèle (linéaire, logistique, Cox, etc.)</i>		
	Ajustement		<i>oui/non sur quelles variables ?</i>		
	Puissance		<i>Calcul a posteriori de la puissance</i>		
	Autres éléments de discussion		<i>variabilité de l'exposition dans la population source, surappariement ou surajustement...</i>		
<b>Résultats</b>	Résultats / Force de l'association observée		<i>Risques relatifs, Odds ratio...</i>		
<b>Discussion</b>	Informations complémentaires		<i>Méthodes de traitement des données pour retrouver les données manquantes</i>		
	Biais		<i>Mention de biais de sélection, de classement ...</i>		
			<i>Biais de confusion : mention, méthodes de prise en compte des facteurs</i>		
	Relation dose réponse		<i>Toute information en rapport à la relation dose réponse</i>		
	Discussion et conclusion des auteurs				
	Commentaire Relecteur(s)		<i>Pertinence du protocole d'exposition / discussion des incertitudes liées aux mesures d'exposition</i>		
			<i>résultats, prise en compte des facteurs de confusion, etc.</i>		
	Références bibliographiques à récupérer				
Sources de Financement / lien d'intérêt potentiel					

			Qualité	critères de jugement - commentaires
Conclusion	Incertitude/Niveau de preuve	<i>Critère qualité méthodologique. A déterminer selon les groupes de travail (bonne qualité, limites méthodologiques non majeures, limites méthodologiques majeures)</i>		
		<i>Réponse à la question posée de la saisine</i>		
	Etude à retenir pour l'expertise	<i>oui/non</i>		

<u>Partie spécifique à l'analyse des données métrologiques</u>		Information disponible ? (O/N)	Si oui porter les données essentielles de la publication
Population étudiée		<i>population générale, travailleurs Description de la population (âges, effectifs etc.)</i>	
Agent d'exposition (substance, agent physique, microbiologique, etc.)		<i>Caractérisation de l'agent : définition (nom, n°CAS, etc.), type d'indicateur (biomarqueur, métabolite ...)</i>	
PRELEVEMENTS / MESURES	Date de prélèvement		
	Lieu(x) de prélèvement /Secteur d'activité	<i>Type d'environnement ou secteur (logements, usine...) conditions météorologiques si besoin</i>	
	Pays	<i>Préciser si plusieurs pays impliqués dans une étude multicentrique</i>	
	Matrices ou médias	<i>Air, poussières, aliments</i>	
	Système de prélèvement	<i>Préciser le dispositif de mesure, la nature du prélèvement (phases, etc.)</i>	
	Stratégie d'échantillonnage	<i>Préciser la durée du prélèvement, la fréquence et le nombre de point de mesure, si mesures individuelles ou poste fixe, etc.</i>	
	Critères de conservation et de transport		
ANALYSE	Date d'analyse		

	Préparation échantillon	<i>Préciser les conditions de préparation de l'échantillon : désorption/dissolution (nature du solvant, dissolution du filtre/cassette, désorption thermique...)</i>		
	Technique d'analyse	<i>Préciser la technique d'analyse utilisée : GC, HPLC, ICP, chromatographie ionique...</i>		
	Sensibilité/Performance analytique	<i>Limite de détection, limite de quantification, niveau de blanc</i>		
<b>RESULTATS</b>	détail des résultats	<i>moyenne, médiane, percentiles, distributions etc. Traitement des données (censuré ie &lt;LD)</i>		
	Représentation statistique	<i>(dimension de la campagne - nationale, régionale, d'un secteur d'activité ou plus petite échelle (quelques matrices))</i>		
<b>DISCUSSION</b>	Discussion et conclusion Auteurs			
	Commentaires relecteur(s)			
	Références bibliographiques à récupérer			
	Sources de financement / Liens d'intérêts potentiels			
			<b>Qualité</b>	<b>critères de jugement - commentaires</b>
<b>CONCLUSION</b>	Classement de l'étude	<i>Critère qualité méthodologique. A définir selon les groupes de travail (exemple bonne qualité, limites méthodologiques non majeures, limites méthodologiques majeures)</i>		
	Etude à retenir pour l'expertise	<i>Oui / non</i>		

## Annexe 9 : Questionnaire de préparation aux entretiens

Le présent document a pour ambition de servir de support de préparation d'entretien. Remis à chaque interlocuteur, il résume les principales interrogations de l'Anses.

La finalité de ce document support est donc de vous permettre de mieux cerner les attentes de l'Anses, d'anticiper les demandes qui seront formulées au cours de l'entretien et de rassembler les données qui vous sembleront nécessaires pour y répondre de la manière la plus satisfaisante possible.

Un questionnaire unique est transmis aux différent(e)s organismes/personnes interrogé(e)s dans le cadre de cette expertise, vous êtes invités à répondre aux questions qui concernent vos domaines de compétence.

### Objectifs de l'audition :

L'Anses mène actuellement une étude sur les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs intervenant dans les centres de tri des déchets ménagers (activités de tri, maintenance, nettoyage, conduite de véhicules et engins...).

L'Anses cherche plus spécifiquement à collecter des données concernant les **centres de tri accueillant des emballages ménagers issus des collectes séparées (papier-carton, plastique, acier, aluminium et verre)** (uniquement ou en parallèle d'autres flux de déchets). Les activités en amont (collecte) et en aval (recyclage pour produire des matières premières issues du recyclage) des centres de tri ne sont pas l'objet de ce recueil de données.

L'objectif est de documenter les points suivants :

- Décrire la typologie et le fonctionnement des centres de tri,
- Mieux connaître les populations de travailleurs impliqués dans ces activités, leurs conditions de travail et leurs expositions (agents chimiques, agents biologiques, odeurs, agents physiques, facteurs biomécaniques, facteurs organisationnels, violences au travail, équipement de travail, équipement / moyens de protections, vécu subjectif des travailleurs, etc),
- Comprendre les enjeux en santé et sécurité au travail identifiés (risques de maladies et accidents) ainsi que les stratégies de prévention mises en œuvre,
- Prospective quant à la croissance et les évolutions attendues des activités de ces centres,
- Problématiques émergentes potentielles émanant des acteurs de terrain.

### Préambule :

#### Identité du répondant :

Nom de l'organisme : .....

Nom du répondant : .....

Fonction : .....

Contact :

Adresse électronique : .....

Téléphone : .....

## 1. Description des centres de tri d'emballages ménagers dont vous êtes gestionnaire/représentant

- 1.1. Nombre d'installations et entreprise(s) concernée(s)
- 1.2. Typologie des centres de tri (nature et volume des flux de déchets pris en charge)
- 1.3. Nombre de travailleurs dans les centres de tri
- 1.4. Modalités de gestion (régie, délégation, privé)
- 1.5. Provenance géographique (locale, régionale, nationale) des déchets pris en charge selon la nature des déchets

## 2. Questions relatives à la caractérisation des activités et des travailleurs des centres de tri d'emballages ménagers

- 2.1. Pouvez-vous nous décrire les **différents types de postes** occupés par les travailleurs des centres de tri : intitulé, fonction, niveau de qualification, conditions de travail, temps de travail, parcours professionnel... Avez-vous une estimation des effectifs par type de poste ?
- 2.2. Quels sont les postes spécifiques à certains flux de déchets ou certaines installations ? Avez-vous une estimation des effectifs associés ?
- 2.3. Disposez-vous d'informations concernant le degré **d'automatisation** des centres de tri ? Comment est-ce que l'automatisation impacte les activités des travailleurs ?
- 2.4. Quels sont les différents **statuts des travailleurs du secteur** (CDI, intérimaires, travailleurs détachés, personnes embauchées en ateliers et chantiers d'insertion (ACI)...)? Avez-vous une estimation des effectifs par type de statut ?
- 2.5. Disposez-vous d'autres **données sociodémographiques** (âge moyen, sexe ratio, nationalité, ...) concernant ces travailleurs ? Si-oui, pouvez-vous nous les transmettre ?

### 3. Questions relatives aux enjeux sanitaires pour les travailleurs des centres de tri d'emballages ménagers

#### → **Risques sanitaires et mesures de prévention et / ou protection**

- 3.1. Avez-vous des données concernant la **composition des déchets pris en charge en centres de tri** ? Si oui, pouvez-vous nous les transmettre ?
- 3.2. Quels sont les **risques pour la santé et la sécurité des travailleurs en centres de tri** identifiés en fonction des flux de déchets et/ou postes de travail ? :
  - Risques liés à la nature même des déchets : caractéristique spécifique, présence de produits chimiques potentiellement toxiques, déchets contaminés par des agents infectieux...
  - Risques générés lors de la mise en œuvre des opérations de tri manuel des déchets : par exemple génération d'émissions dans l'atmosphère de travail liées à la manipulation des déchets, ...
  - Risques liés aux équipements (engins, machines, convoyeurs, procédés...) : bruit, fumées, risques d'accident...
  - Risques liés à l'organisation du travail : travail répétitif sous contrainte de temps, travail posté, isolement, ...
- 3.3. En fonction des déchets / postes de travail, quelles sont les **mesures de prévention et protection** : recommandées ? mises à disposition ? réellement employées sur le terrain ?
- 3.4. Quelles sont les dispositions mises en œuvre pour la **surveillance des expositions des travailleurs** selon les déchets / postes de travail ?
- 3.5. **Avez-vous des données d'exposition** provenant de campagnes de mesure ?
  - des polluants présents dans les atmosphères de travail ?
  - de bruit ?
  - vibration ?
  - odeurs ?
  - autres ?Si oui, pouvez-vous nous les transmettre ?
- 3.6. Est-ce que des **études de postes** ou des **études ergonomiques** ont été réalisées ? Si oui, pouvez-vous nous les transmettre ?
- 3.7. Selon votre expérience, **quelles sont les flux de déchets / postes de travail les plus préoccupants du point de vue de la santé et de la sécurité des travailleurs des centres de tri** et pour quelles raisons ?
- 3.8. Disposez-vous d'un document unique d'évaluation des risques ?  
Si oui :
  - L'avez-vous actualisé récemment ?
  - Avez-vous consulté les élus du personnel ?
  - Peut-on disposer du document unique ?
- 3.9. Associez-vous les salariés à la réflexion sur la prévention, et si oui, comment ?

**→ Santé et suivi médical**

- 3.10. Quels sont les **effets sanitaires (maladies bénignes et graves) observés chez les travailleurs des centres de tri** ? Existe-t-il des spécificités propres à certains flux de déchets / postes de travail ?
- 3.11. Comment sont **suivis les travailleurs des centres de tri par la médecine du travail** ? Existe-t-il des spécificités propres à certains déchets / postes de travail ?
- 3.12. Peut-on disposer du rapport annuel du médecin du travail ?
- 3.13. Avez-vous une estimation du **nombre de déclarations d'accidents de travail et de maladies professionnelles ces 20 dernières années** chez les travailleurs des centres de tri ? Existe-t-il des spécificités propres à certains déchets / postes de travail ?

**→ Autre**

- 3.14. Avez-vous connaissance d'autres **organismes / acteurs susceptibles de fournir des données relatives aux enjeux sanitaires** (dangers, effets sanitaires, risques, expositions...) relatifs aux activités en centres de tri ?
- 3.15. Avez-vous **d'autres informations ou préoccupations que vous souhaitez nous partager** concernant la santé et la sécurité des travailleurs en centres de tri ?

## Annexe 10 : Panorama des valeurs existantes pour les agents biologiques présents dans l'air

Tableau 36 : Valeurs recensées pour les bactéries totales

Auteur(s)	Date	Pays	Valeur (UFC.m <sup>-3</sup> )	Type de seuil	Environnement concerné	Informations complémentaires
Mouilleseaux <i>(citée par CSTB 1999)</i>	?	France	1 000	S	Air de bureaux climatisés	valeur au-dessus de laquelle la qualité de l'air serait mauvaise
Environment Agency for England	2010	Royaume-Uni	1 000	P	Air autour des sites de compostage	Proposition de niveaux acceptables de bioaérosols / orientations provisoires pour les exploitants de sites de compostage qui demandent une autorisation d'exploitation → lignes directrices non basées sur des RDR ou des mesures d'effets → doivent être maintenus dans un rayon de 250 m ou au niveau du récepteur sensible le plus proche (comme une habitation ou un lieu de travail)
Nevailanen <i>(citée par INERIS 2001)</i>	1989	Finlande	4 500	P	air intérieur	valeur au-dessus de laquelle la qualité de l'air serait "anormale" dans les logements
Reponen <i>(citée par INERIS 2001)</i>	1992	Finlande	5 000	P	air intérieur	valeur au-dessus de laquelle la qualité de l'air serait "anormale" dans les logements
Rylander	1992	Danemark	5 000 à 10 000*	P	traitement des eaux usées	suggestion de valeurs d'acceptation pour les micro-organismes et les endotoxines → mesures effectuées dans le cadre du traitement de l'eau
Convergence études (Palchak, Malmros, Laitinen, Marchand, Lavoie)	1988 à 1997	Pays nordiques + Québec	10 000	P	traitement des eaux usées et centres de compostage	suggestion de niveaux limites d'exposition sur 8h
Donham	1989	Suède	10 000	S	Air des bâtiments d'élevage intensif de porcs	observation de problèmes respiratoires chez les travailleurs des porcheries lorsque les concentrations dépassent ce seuil

Dutch Occupational Health Association	1989	Pays-Bas	10 000	P	environnement de travail	→ Valeur au-delà de laquelle la santé est menacée → Bien qu'aucune valeur limite d'exposition n'ait été fixée aux Pays-Bas pour les micro-organismes vivants, des règles globales d'hygiène du travail sont souvent utilisées dans la pratique pour l'évaluation des données de mesure
Suva	2021	Suisse	10 000	P	poste de travail	seuil de concentration dans l'air proposé
Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST)	2021	Canada	10 000	P	milieux industriels concernés par la présence de micro-organismes	concentrations limites d'exposition aux bioaérosols pour les bactéries cultivables
réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS)	2015	France	< 100 000	P	environnement professionnel	situation de travail acceptable / 80% des moins exposantes >>> suivi des niveaux d'expo
	2015	France	100 000 à 1 000 000	P	environnement professionnel	situation de travail non satisfaisante / 10% des situations intermédiaires >>> mesures de prévention à planifier
	2015	France	> 1 000 000	P	environnement professionnel	situation de travail non acceptable / 10% des plus exposantes >>> mesures de prévention immédiates

S : sanitaire / P : pragmatique

Tableau 37 : Valeurs recensées pour les bactéries Gram-

Auteur(s)	Date	Pays	Valeur (UFC.m <sup>-3</sup> )	Type de seuil	Environnement concerné	Informations complémentaires
Environment Agency for England	2010	Royaume-Uni	300	P	Air autour des sites de compostage	Proposition de niveaux acceptables de bioaérosols / orientations provisoires pour les exploitants de sites de compostage qui demandent une autorisation d'exploitation → lignes directrices non basées sur des RDR ou des mesures d'effets → doivent être maintenus dans un rayon de 250 m ou au niveau du récepteur sensible le plus proche (comme une habitation ou un lieu de travail)
Dutch Occupational Health Association	1989	Pays-Bas	1 000	P	environnement de travail	→ Valeur au-delà de laquelle la santé est menacée → Bien qu'aucune valeur limite d'exposition n'ait été fixée aux Pays-Bas pour les micro-organismes vivants, des règles globales d'hygiène du travail sont souvent utilisées dans la pratique pour l'évaluation des données de mesure
Malmros	1992	Danemark	1 000*	P	traitement des eaux usées	sur la base des nombreux résultats des mesures effectuées dans le cadre du traitement de l'eau
Convergence études (Palchak, Malmros, Laitinen, Marchand, Lavoie)	1988 à 1997	Pays nordiques + Québec	1 000	P	traitement des eaux usées et centres de compostage	suggestion de niveaux limites d'exposition sur 8h
Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST)	2021	Canada	1 000	P	milieux industriels concernés par la présence de micro-organismes	concentrations limites d'exposition aux bioaérosols pour les bactéries à Gram négatif
Suva	2024	Suisse	1 000	P	poste de travail	valeurs indicatives qualifiées d'acceptables aux postes de travail
Central Institute for Labour Protection/National Research Institute	2020	Pologne	20 000	P	Poste de travail	concentrations maximales admissibles

S : sanitaire / P : pragmatique

Tableau 38 : Valeurs recensées pour les moisissures totales

Auteur(s)	Date	Pays	Valeur	Unité	Type de seuil	Environnement concerné	Informations complémentaires
Eduard	2006, 2009	pays nordiques	100 000	spores.m <sup>-3</sup>	S	air du lieu de travail	niveau de moisissures dans l'air à partir duquel les travailleurs non sensibilisés commencent à ressentir des effets - pas de VLEP proposée
Eduard	2012	pays nordiques	100 000	spores.m <sup>-3</sup>	S	air du lieu de travail	LOAEL : effets inflammatoires sur les voies respiratoires / espèces non pathogènes et non productrices de mycotoxines
Eduard	1993	Norvège	1 000 000	spores.m <sup>-3</sup>	S	Air des scieries	→ exposition par inhalation aux spores fongiques dans les scieries → concentration liée à des symptômes respiratoires, à une irritation des muqueuses et à des symptômes de type ODTs
Malmberg	1988	Suède	1 000 000 à 1 000 000 000	spores.m <sup>-3</sup>	S	air du lieu de travail	→ exposition chronique aux spores fongiques → proposée comme limite provisoire pour le développement d'une alvéolite allergique
Donham	1989	Suède	13 000	UFC.m <sup>-3</sup>	S	Air des porcheries	LOEL symptômes respiratoires (chez les travailleurs des porcheries)
Suva	2024	Suisse	1 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	poste de travail	valeurs indicatives qualifiées d'acceptables aux postes de travail
Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST)	2021	Canada	1 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	milieux industriels concernés par la présence de micro-organismes	concentrations limites d'exposition aux bioaérosols pour les moisissures cultivables
Dutch Occupational Health Association	1989	Pays-Bas	10 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	environnement de travail	→ Valeur au-delà de laquelle la santé est menacée → Bien qu'aucune valeur limite d'exposition n'ait été fixée aux Pays-Bas pour les micro-organismes vivants, des règles globales d'hygiène du travail sont souvent utilisées dans la pratique pour l'évaluation des données de mesure
Central Institute for Labour	2020	Pologne	50 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	concentrations maximales admissibles

Auteur(s)	Date	Pays	Valeur	Unité	Type de seuil	Environnement concerné	Informations complémentaires
Protection/National Research Institute							
ABAS/BAuA	2013	Allemagne	50 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	air des centres de tri	champignons dans l'air des centres de tri des déchets ménagers
ABAS/BAuA	2017	Allemagne	10 000 à 100 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	air du lieu de travail	Niveau d'exposition "accru/augmenté" - comparaison concentration dans l'air extérieur et concentration sur le lieu de travail
réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS)	2015	France	< 100 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	situation de travail acceptable / 80% des moins exposantes >>> suivi des niveaux d'expo
réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS)	2015	France	100 000 à 1 000 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	situation de travail non satisfaisante / 10% des situations intermédiaires >>> mesures de prévention à planifier
ABAS/BAuA	2017	Allemagne	100 000 à 1 000 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	air du lieu de travail	Niveau d'exposition "élevé" - - comparaison concentration dans l'air extérieur et concentration sur le lieu de travail
réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS)	2015	France	> 1 000 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	situation de travail non acceptable / 10% des plus exposantes >>> mesures de prévention immédiates
ABAS/BAuA	2017	Allemagne	> 1 000 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	air du lieu de travail	Niveau d'exposition "très élevé" - - comparaison concentration dans l'air extérieur et concentration sur le lieu de travail

S : sanitaire / P : pragmatique

Tableau 39 : Valeurs recensées pour les endotoxines

Auteur(s)	Date	Pays	valeur	unité	Type de seuil	Envt concerné	Infos
Reynolds	2001	Etats-Unis	1	EU.m <sup>-3</sup>	S	intérieur des bâtiments	problèmes pulmonaires et respiratoires à l'intérieur des bâtiments dans le Midwest des États-Unis
Schiffman	2005	Etats-Unis	7,4	EU.m <sup>-3</sup>	S	élevage de porcs	dans les bâtiments de confinement des porcs, concentrations d'endotoxines associées à des symptômes cliniquement importants, tels que maux de tête, irritation des yeux et nausées.
Anses	2024	France	20	EU.m <sup>-3</sup>	S	Environnement de travail	Etude source : Castellan et al 1987 (>1% VEMS)
Health Council of the Netherlands	2012	Pays-Bas	30	EU.m <sup>-3</sup>	S	population générale	Valeur limite recommandée
Milton	1996	Etats-Unis	40	EU.m <sup>-3</sup>	S	industrie de la fibre de verre	RDR : diminution de la fonction pulmonaire
DECOS	1998	Pays-Bas	50	EU.m <sup>-3</sup>	S	non précisé	→ ancienne VLEP pondérée sur 8h (révisée en 2010)
Castellan	1987	Pays-Bas	90	EU.m <sup>-3</sup>	S	volontaires non symptomatiques de la population générale - exposition via la poussière de coton	expositions à des concentrations d'endotoxines aéroportées allant de 60 à 7 790 EU.m <sup>-3</sup> (6 à 779 ng.m <sup>-3</sup> ) pendant des périodes de 6 heures. 108 sessions différentes d'exposition à la poussière ont été réalisées sur une période de 20 mois. RDR : Obstruction aigue des voies respiratoires (diminution du VEMS) - NOEL pour une exposition de 6h (les auteurs ont calculé qu'une baisse de zéro % du VEMS pour une exposition de 6 heures se produirait à un niveau de 90 EU.m <sup>-3</sup> (9 ng.m <sup>-3</sup> ).
Post	1998	Pays-Bas	90	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du secteur de l'alimentation animale - exposition via la poussière de céréales	étude de suivi sur 5 ans de 140 des travailleurs de l'étude de Smid (1992) - 40 ans d'exposition aux endotoxines à 90 EU.m <sup>-3</sup> (9 ng.m <sup>-3</sup> ) équivaldraient en moyenne à une perte supplémentaire de 120 mL du VEMS (en plus de la diminution physiologique du VEMS avec l'âge).
Dutch Expert Committee on Occupational Standards (DECOS)	2010	Pays-Bas	90	EU.m <sup>-3</sup>	S	environnement professionnel	VLEP 8h (basée sur effets sanitaires : effets respiratoires aigus / inflammation des voies respiratoires)

Auteur(s)	Date	Pays	valeur	unité	Type de seuil	Envt concerné	Infos
NEC (Nordic expert group)	2011	Norvège	90	EU.m <sup>-3</sup>	S	environnement professionnel	NOEL recommandée dans la perspective de construire une VLEP pour l'inflammation des voies respiratoires observée chez les travailleurs exposés
Castellan	1987	Pays-Bas	< 100	EU.m <sup>-3</sup>	S	exposition via la poussière de coton	RDR : pas de diminution significative du VEMS
Rylander	1997	Suède	100	EU.m <sup>-3</sup>	S	exposition aux endotoxines environnementales	valeurs guides recommandées par l'ICOH (basées sur population avec antécédents d'atopie ou d'asthme) : NOEL inflammation des voies aériennes
Smid	1992	Pays-Bas	150	EU.m <sup>-3</sup>	S	315 travailleurs du secteur de l'alimentation animale - exposition via la poussière de céréales	étude transversale des effets chroniques sur la fonction pulmonaire - 40 ans d'exposition environ 8h/jour à 150 UE.m <sup>-3</sup> (15 ng.m <sup>-3</sup> ) pouvaient entraîner une diminution du VEMS d'environ 200 mL (équivalent à environ 5 % du VEMS)
Rylander	1987	Suède	200	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du coton - exposition via la poussière de coton	RDR - suggestion de VLEP provisoires après exposition à la poussière de coton : bronchite (inflammation pulmonaire) - <u>incertain</u>
Rylander	1985	Suède	330	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du coton - exposition via la poussière de coton	RDR : Obstruction aigue des voies respiratoires (diminution du VEMS) - NOEL pour une exposition de 4h
Latza, Oldenburg	2004	Allemagne	450	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du coton - exposition via la poussière de coton	RDR : Augmentation significative des symptômes bronchiques
Castellan	1987	Pays-Bas	> 500	EU.m <sup>-3</sup>	S	exposition via la poussière de coton	RDR : diminution significative du VEMS
Donham	1995	Suède	1 000	EU.m <sup>-3</sup>	S	élevage intensif de porc	valeurs seuils : déclin de la fonction pulmonaire

Auteur(s)	Date	Pays	valeur	unité	Type de seuil	Envt concerné	Infos
Rylander	1997	Suède	1 000	EU.m <sup>-3</sup>	S	non précisé	valeurs guides recommandées par l'ICOH (basées sur population avec antécédents d'atopie ou d'asthme) : NOEL effets systémiques
Rylander	1987	Suède	1 000 à 2 000	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du coton - exposition via la poussière de coton	RDR - suggestion de VLEP provisoires après exposition à la poussière de coton : diminution du VEMS
Rylander	1997	Suède	2 000	EU.m <sup>-3</sup>	S	non précisé	valeurs guides recommandées par l'ICOH (basées sur population avec antécédents d'atopie ou d'asthme) : NOEL ODS
Rylander	1987	Suède	3 000 à 5 000	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du coton - exposition via la poussière de coton	RDR - suggestion de VLEP provisoires après exposition à la poussière de coton : oppression thoracique
Rylander	1987	Suède	5 000 à 10 000	EU.m <sup>-3</sup>	S	travailleurs du coton - exposition via la poussière de coton	RDR - suggestion de VLEP provisoires après exposition à la poussière de coton : fièvre
Malmros	1992	Danemark	1 000 à 2 000*	EU.m <sup>-3</sup>	P	mesures effectuées dans le cadre du traitement de l'eau	suggestion de valeurs d'acceptation pour les micro-organismes et les endotoxines
réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS)	2015	France	< 200	EU.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	VG : situation de travail acceptable / 80% des moins exposantes >>> suivi des niveaux d'expo
			200 à 1000	EU.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	VG : situation de travail non satisfaisante / 10% des situations intermédiaires >>> mesures de prévention à planifier
			> 1000	EU.m <sup>-3</sup>	P	environnement professionnel	VG : situation de travail non acceptable / 10% des plus exposantes >>> mesures de prévention immédiates
Suva	2024	Suisse	1 000	EU.m <sup>-3</sup>	P	poste de travail	valeurs indicatives qualifiées d'acceptables aux postes de travail
ACGIH	2006	Etats-Unis	conc X 30		P	poste de travail - travailleurs sains	valeur limite d'action : comparaison avec la conc de base mesurée dans l'air au site de référence (int ou ext selon la saison)

Auteur(s)	Date	Pays	valeur	unité	Type de seuil	Envt concerné	Infos
ACGIH	2006	Etats-Unis	conc X 10		P	poste de travail - travailleurs présentant des symptômes	valeur limite d'action : comparaison avec la conc de base mesurée dans l'air au site de référence (int ou ext selon la saison)
ABAS/BAuA	2017	Allemagne	100 à 1 000	EU.m <sup>-3</sup>	P	concentration sur le lieu de travail	Niveau d'exposition "accru/augmenté" - comparaison concentration dans l'air extérieur et concentration sur le lieu de travail
ABAS/BAuA	2017	Allemagne	1 000 à 10 000	EU.m <sup>-3</sup>	P	concentration sur le lieu de travail	Niveau d'exposition "élevé" - - comparaison des concentrations dans l'air extérieur et sur le lieu de travail
ABAS/BAuA	2017	Allemagne	> 10 000	EU.m <sup>-3</sup>	P	concentration sur le lieu de travail	Niveau d'exposition "très élevé" - - comparaison des concentrations dans l'air extérieur et sur le lieu de travail

NOEL : no observed effect level ; ICOH : *International Commission on Occupational Health* ; ODTS : *Organic Dust Toxic Syndrome* ; RDR : relation dose-réponse, VEMS : Volume Expiratoire Maximal en une Seconde; VLEP : valeur limite d'exposition professionnelle

Tableau 40 : Valeurs recensées pour d'autres paramètres biologiques / microorganismes

Auteur(s)	Date	Pays	Micro-organisme(s) concernés	valeur	unité	Type de seuil	Envt concerné	Infos
Suva	2024	Suisse	germes aérobies mésophiles	10 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	poste de travail	valeurs indicatives qualifiées d'acceptables aux postes de travail
Central Institute for Labour Protection/National Research Institute	2020	Pologne	Bactéries mésophiles	100 000	UFC.m <sup>-3</sup>	P	Environnement de travail	concentrations maximales admissibles
Environment Agency for England	2010	Royaume-Uni	<i>Aspergillus fumigatus</i>	500	UFC.m <sup>-3</sup>	P	Air autour des sites de compostage	Proposition de niveaux acceptables de bioaérosols / orientations provisoires pour les exploitants de sites de compostage qui demandent une autorisation d'exploitation → lignes directrices non basées sur des RDR ou des mesures d'effets → doivent être maintenus dans un rayon de 250 m ou au niveau du récepteur sensible le plus proche (comme une habitation ou un lieu de travail)

Auteur(s)	Date	Pays	Micro-organisme(s) concernés	valeur	unité	Type de seuil	Envt concerné	Infos
Dutch Occupational Health Association	1989	Pays-Bas	espèce de champignon de nature potentiellement pathogène	500	UFC.m <sup>-3</sup>	P	environnement de travail	→ Valeur au-delà de laquelle la santé est menacée → Bien qu'aucune valeur limite d'exposition n'ait été fixée aux Pays-Bas pour les micro-organismes vivants, des règles globales d'hygiène du travail sont souvent utilisées dans la pratique pour l'évaluation des données de mesure

#### Références :

ABAS/BAuA, 2017. Guideline for risk assessment and for the instruction of employees regarding activities involving biological agents (Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 400 (TRBA 400) - Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen). Edition March 2017. GMBI. 2017 Nr. 10-11, 158-182 : <https://www.baua.de/EN/Service/Legislative-texts-and-technical-rules/Rules/TRBA/TRBA-400.html>;

Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST), 2021 - Hygiène du travail : du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque., 2e éd ;

Castellan RM, Olenchock SA, Kinsley KB, Hankinson JL. Inhaled endotoxin and decreased spirometric values. An exposure-response relation for cotton dust. N Engl J Med. 1987 Sep 3;317(10):605-10.

Central Institute for Labour Protection/National Research Institute (2020) – Harmful agents in the working environment – Admissible values. Varsovie (Pologne);

Donham KJ, Reynolds SJ, Whitten P, Merchant JA, Burmeister L, Popendorf WJ. Respiratory dysfunction in swine production facility workers: dose-response relationships of environmental exposures and pulmonary function. Am J Ind Med. 1995 Mar;27(3):405-18.

Donham, KJ. "Environmental and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings," Br. J. Ind. Med. 1989, 46, 31-37;

Eduard W, Sandven P, Levy F. Serum IgG antibodies to mold spores in two Norwegian sawmill populations: relationship to respiratory and other work-related symptoms. Am J Ind Med. 1993 Aug;24(2):207-22;

Eduard, W., 2006. The Nordic expert group for criteria documentation of health risks from chemicals: 139. Fungal Spores. Stockholm: Arbetslivsinstitutet;

Eduard, W., 2009. Fungal spores: A critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting. Crit. Rev. Toxicol. 39, 799-864

Eduard, W., Heederik, D., Duchaine, C., Green, B.J., 2012. Bioaerosol exposure assessment in the workplace: The past, present and recent advances. J. Environ. Monit. 14, 334-339.

Environment Agency for England (<https://paperzz.com/doc/7463971/environment-agency-composting-and-potential-health-effect>);

INERIS (2001) Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque - [https://www.ineris.fr/sites/default/files/contribution/Documents/risques\\_bio.pdf](https://www.ineris.fr/sites/default/files/contribution/Documents/risques_bio.pdf);

Malmberg, P., A. Rask-Andersen, U. Palmgren, G. Blomquist, M. Lundholm and K. Karlsson, 1988. Akut toxisk alveoloch allergisk alveolit hos lantbrukare. Exponering för mikroorganismer och endotoxin. Arbete och Halsa, 15: 4-34 (in Swedish);

Malmros, P.; Sigsgaard, T.; Bach, B. "Occupational health problems due to garbage sorting," Waste Management and Research 1992, 10, 227-234.

Réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS) (2015) Valeurs guides endotoxines – interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols - Hygiène et sécurité du travail – n°239 ;

Réseau Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat, Cramif et CGSS) (2013) Valeurs guides bactéries et moisissures cultivables : interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols - Hygiène & sécurité du travail – n° 271 – juin 2023.

Rylander R. Diseases associated with exposure to plant dusts: focus on cotton dust. *Tuber Lung Dis.* 1992 Feb;73(1):21-6. doi: 10.1016/0962-8479(92)90075-U. PMID: 1525375

Rylander R. The role of endotoxin for reactions after exposure to cotton dust. *Am J Ind Med.* 1987;12(6):687-97.

Rylander, R. 1996. Airway responsiveness and chest symptoms after inhalation of endotoxin or (1→3)-β-D-Glucan. *Indoor Built Environ.* 5:106–11.

Rylander, R., P. Haglind, and M. Lundholm. 1985. Endotoxin in cotton dust and respiratory function decrement among cotton workers in an experimental cardroom. *Am Rev Dis* 131 (2):209–13.

Smid T, Heederik D, Mensink G, et al. Exposure to dust, endotoxin and fungi in the animal feed industry. *Am Ind Hyg Assoc J* 1992;53:362-8

Suva (2024) «Valeurs limites d'exposition aux postes de travail. 1903.F» ([Consulter la publication](#));

## Annexe 11 : Détail des requêtes bibliographiques réalisées pour l'analyse des atteintes à la santé mentale chez les travailleurs des centres de tri

Base de données	Mots-clés « déchets »	Mots-clés « travail »	Mots-clés « santé »	Mots-clés « tri »	Nombre de résultats
Scopus (titre, le résumé et les mots-clés, sans bornes temporelles)	waste* OR trash* OR garbage* OR refuse*	job* OR employ* OR work* OR occupation*	health OR disease* OR patho* OR illness* OR well being OR risk* OR hazard* OR symptom* OR impairment* OR disorder* OR psychosocial OR stress OR mental	sorting OR separation OR Materials Recovery Facilities OR Material Recovery Facilities OR Material Recovery Facility	69 résultats. Après vérification, aucun de ces articles ne porte sur la question des pénibilités psychologiques
<i>PsycInfo</i> (texte intégral, sans bornes temporelles)	waste* OR trash* OR garbage* OR refuse*	job* OR employ* OR work* OR occupation*	health OR disease* OR patho* OR illness* OR well being OR risk* OR hazard* OR symptom* OR impairment* OR disorder* OR psychosocial OR stress OR mental	sorting OR separation OR Materials Recovery Facilities OR Material Recovery Facilities OR Material Recovery Facility	25 résultats, dont un seul (Boudra <i>et al.</i> , 2019), déjà repéré par le GT, aborde la question des « pénibilités psychologiques » des travailleurs du tri
<i>Psychology and Behavioral Sciences Collection</i> (texte intégral, entre 2000 et 2024)	waste* OR trash* OR garbage* OR refuse*	job* OR employ* OR work* OR occupation*	health OR disease* OR patho* OR illness* OR well being OR risk* OR hazard* OR symptom* OR impairment* OR disorder* OR psychosocial OR stress OR mental	sorting OR separation OR Materials Recovery Facilities OR Material Recovery Facilities OR Material Recovery Facility	4 857 résultats. La lecture exhaustive des notices bibliographiques de ces articles n'a pas débouché sur le moindre article d'intérêt
<i>International Bibliography of the Social Science</i> (titre, le résumé et les mots-clés, entre 2001 et 2024)	waste* OR trash* OR garbage* OR refuse*	job* OR employ* OR work* OR occupation*	health OR disease* OR patho* OR illness* OR well being OR risk* OR hazard* OR symptom* OR impairment* OR disorder* OR psychosocial OR stress OR mental	sorting OR separation OR Materials Recovery Facilities OR Material Recovery Facilities OR Material Recovery Facility	30 résultats. La plupart portent sur des analyses hors zone géographique (Rwanda, Chine, Arabie Saoudite) ou traitent du travail de recyclage informel
<i>Science Direct</i> (texte intégral sans bornes temporelles)	waste sorting center OR waste sorting plant OR waste sorting facility) AND (mental health OR psychosocial risks) AND workers  Ce choix restreint s'explique par le fait que le nombre de booléens est limité à 8 sur cette base				317 revues de littérature (aucune d'intérêt).  2 155 articles : des recherches portent sur les DEEE, les déchets médicaux, le recyclage informel, le recyclage de l'eau, mais rien sur notre périmètre précis

<i>Science Direct</i> (texte intégral sans bornes temporelles)	Materials Recovery Facilities OR Material Recovery Facilities OR Material Recovery Facility) AND (mental health OR psychosocial risks) AND workers				932 revues de littérature <sup>82</sup> . 3 671 articles ont été recueillis, deux abordent la question des pénibilités psychologiques. Le premier est Piccardo <i>et al.</i> (2022), le second Asante <i>et al.</i> (2018), par ailleurs déjà repéré par le GT pour d'autres facteurs de risque
<i>Cairn</i> (texte intégral, pas de borne temporelle)	Déchets	-	-	Centre de tri	66 résultats, dont trois articles d'intérêt déjà repérés par le GT : Boudra (2019 ; 2020), et Gonzalez-Lafaysse (2019)
<i>OpenEdition</i> (texte intégral, pas de borne temporelle)	-	-	-	Centre de tri	277 résultats, dont un seul d'intérêt pour nos travaux, déjà repéré par le GT (Chay et Thoemmes, 2015)

<sup>82</sup> Une seule porte sur notre périmètre d'activité (Ma et Hipel, 2016). Toutefois, cette étude n'aborde pas la question des rapports entre organisation du travail et santé des travailleurs dans des configurations professionnelles proches de celles que l'expertise du GT a ciblées. Il n'y a donc aucun élément pertinent pour nos analyses.

## Annexe 12 : RNV3P – Données spécifiques aux activités de tri

La répartition des postes exercés par les travailleurs du tri est décrite dans le tableau ci-après. La quasi-totalité des femmes identifiées dans ces activités sont trieuses.

**Tableau 41 : Répartition des 71 PRT selon les postes, tous genres confondus et par genre**

	Tous genres (71 PRT)	Femmes (36 PRT)	Hommes (35 PRT)
trieurs de déchets	56	35	21
conducteurs d'engins	6	1	5
chauffeurs de PL	6	0	6
conducteurs de machine	2	0	2
ouvrier qualifié	1	0	1

L'analyse de cette base de données permet de donner une information sur les pathologies représentées chez les travailleurs du tri. Le tableau ci-après décrit les pathologies observées dans la population de travailleurs identifiés comme exerçant des activités de tri.

**Tableau 42 : Aperçu du nombre de cas de pathologies observées dans la population de travailleurs du tri (ouvriers) tous genres confondus et par genre**

	Tous genres (71 PRT)	Femmes (36 PRT)	Hommes (35 PRT)
<b>TMS</b>	51% → 36 PRT	61% → 22 PRT	40% → 14 PRT
« autres enthésopathies » dont tendinites du coude (CIM10 - M77)	14	9	5
lésions de l'épaule (CIM 10 –M75)	10	5	5
mononévrite du MS dont syndrome du canal carpien (CIM 10 - G56)	7	5	2
Autres (dont dorsalgies)	5	3	2
<b>Pathologies psychiques</b>	14% → 10 PRT	17% → 6 PRT	11% → 4 PRT
Episodes dépressifs (CIM 10 –F32)	5	3	2
Autres troubles anxieux (CIM 10 – F41)	3	1	2
Réaction à un facteur de stress sévère (CIM 10 - F43) ...	1	1	0
autre	1	1	0
<b>Maladies de la peau</b>	10% → 7 PRT	6% → 2 PRT	14% → 5 PRT

	Tous genres (71 PRT)	Femmes (36 PRT)	Hommes (35 PRT)
<i>Dermite irritante de contact (CIM 10-L24)</i>	3	1	2
<i>Dermite allergique de contact (CIM 10 – L23)</i>	2	0	2
<i>Dermite de contact (sans précision) (CIM 10 - F43)</i>	1	1	0
<i>kératose actinique (CIM 10 – L57.0)...</i>	1	0	1
<b>Maladies respiratoires</b>	10% → 7 PRT	1 PRT	17% → 6 PRT
<i>Sinusite chronique (CIM 10 – J32)</i>	1	0	1
<i>Rhinite, rhinopharyngite et pharyngite chronique (CIM 10 – J31)</i>	1	0	1
<i>Laryngite aiguë (CIM 10 – J04.0)</i>	1	1	0
<i>Autres maladies du nez et des sinus du nez (CIM 10 – J34)</i>	1	0	1
<i>Autres (dont asthme)</i>	3	0	3
<b>Maladies infectieuses</b>	7% → 5 PRT	8% → 3 PRT	6% → 2 PRT
<i>Aspergilloses</i>	2	2	0
<i>Leptospiroses</i>	2	0	2
<b>Maladies de l'oreille</b>	2 PRT		6% → 2 PRT
<b>Tumeurs malignes</b>	2 PRT		6% → 2 PRT
<b>Maladies cardiaques</b>	1 PRT	1 PRT	
<b>Maladies digestives</b>	1 PRT	1 PRT	

## Annexe 13 : Comparaison des différents types de prélèvements d'agents biologiques (adapté de Anses, 2016)

Méthodes retenues	Faisabilité			Principales méthodes d'analyse appliquées				Intérêt dans le cadre d'enquêtes dans un environnement intérieur*
	Nécessité d'achat d'appareils spécifiques (>500€)	Nécessité de compétences et formations	Coût réactifs & consommables	Microscopie	Culture	Biologie moléculaire	Détection de composés fongiques ou bactérien	
<b>Air</b>								
<i>Appareils portatifs</i>								
<i>Impaction sur boîte de Petri</i>	Oui	Oui	Modéré		X	X		Avantage : mesure de concentrations aériennes de spores, composés bactériens ou fongiques Limite : représentativité de l'exposition aérienne si la durée d'échantillonnage est courte (quelques minutes pour les appareils portatifs).
<i>Cyclone</i>	Oui	Oui	Modéré	X	X	X (	X	
<i>Capteurs individuels (impaction ou filtration)</i>	Oui	Oui	Modéré	X (si filtration )	X	X (si impaction en milieu liquide)	X	
<b>Poussières</b>								
<i>Aspiration</i>	Non	Non	Modéré	X	X	X	X	Avantage : mesure de concentrations des spores et bactéries sédimentées, considérés comme représentatifs du réservoir aérien et d'une exposition plus longue. Limite : Difficulté de standardisation
<i>Capteurs électrostatiques</i>	NON	Non	Modéré	X	X	X	X	
<b>Surface</b>								
<i>Ruban adhésif</i>	Non	Non	Faible					Avantage : identification des espèces présentes sur la(les) zone(s) prélevées Limite : Difficulté de standardisation Non représentatifs des espèces présentes sur la totalité de la surface et dans l'air.
<i>Ecouvillon</i>	Non	Non	Faible	X	X	X	X	
<i>Géloses contact</i>	Non	Oui	Modéré		X			
<b>Matériaux</b> (moquette, bois, débris de mur,...)	Non	Non	Faible	X	X	X	X	

## Annexe 14 : Comparaison des différentes méthodes d'analyse des agents biologiques (adapté de Anses, 2016)

Principales méthodes d'analyse	Faisabilité				Performances	
	Coût des équipements	Compétences nécessaires	Coût (réactifs, consommables, temps)	Note globale	Quantification de l'exposition fongique	Caractérisation de la flore fongique (taxonomie, identification de nouvelles espèces,...)
<b>Examen microscopique direct (sans culture) ± comptage</b>	1	3	1	3	B (si comptage sur filtre)	C
<b>Culture</b> Détection et dénombrement	2	2	2	8	B	Non applicable
<b>Identification</b>						
<i>Morphologique</i>	2	4	1	8	Non applicable	B
<i>Spectrométrie de masse Maldi-tof</i>	4	2	1	8		B
<i>Identification par séquençage</i>	3	3	3	27		B
<b>Détection par biologie moléculaire</b>						
<i>qPCR</i>	4	3	2	24	B	B
<i>Séquençage haut débit</i> Analyse d'amplicons	4	4	4	64	Non applicable	B
Séquence de génome complet (WGS)	4	4	4	64		A
<b>Recherche de composés fongiques</b>						
<i>Ergostérol</i>	3	3	3	27	B	Non applicable
<i>B-D glucanes</i>	2	3	3	24	C	
<i>Allergènes fongiques par ELISA</i>	2	3	2	12	C	
<i>Halogen immunoassay (HIA)</i>	2	3	2	12	Non applicable	
<b>Métabolites secondaires et substances émises, activité fongique</b>						
<i>COV<sub>m</sub></i>	4	4	3	48	D	Non applicable
<i>Mycotoxines</i>	4	4	3	48	C	C

**Faisabilité** : de 1 « Facile à mettre en œuvre » à 4 « Difficile à mettre en œuvre »

**Performances pour la quantification de l'exposition ou la caractérisation de la flore fongique** : de A « très bonnes performances » à D « performances mauvaises »

## Notes

---





**anses**

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE  
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr)