

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



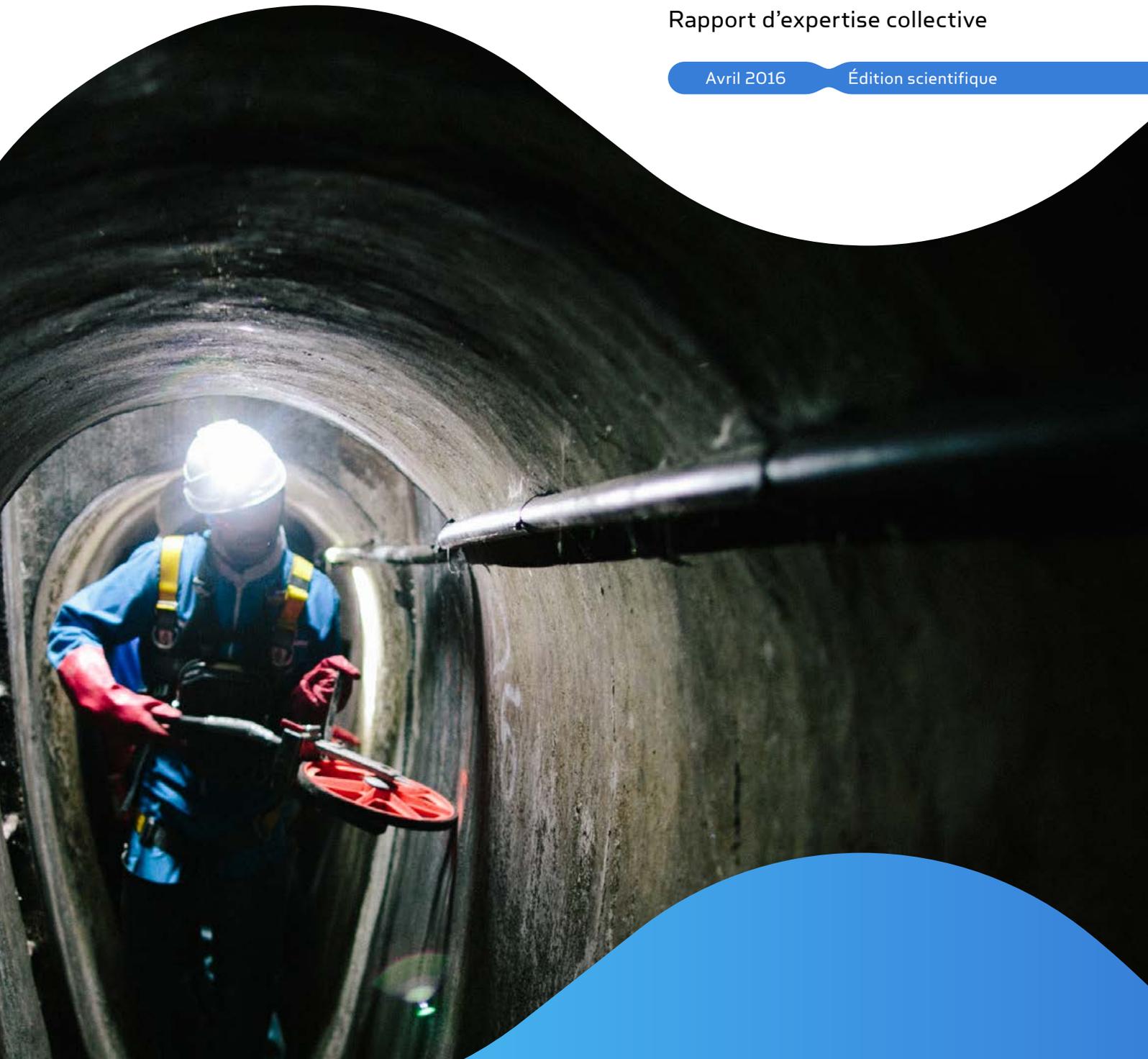
Connaître, évaluer, protéger

Facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Avril 2016

Édition scientifique



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Avril 2016

Édition scientifique

La direction générale

Maisons-Alfort, le 15 avril 2016

AVIS

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

**relatif aux facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité
des égoutiers**

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 d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

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 rendus publics.

L'Anses s'est autosaisie le 22 juillet 2011 pour la réalisation de l'expertise suivante : facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

En 2004, l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) a publié les résultats d'une étude de mortalité chez les égoutiers, réalisée à la demande de la Ville de Paris. Elle a mis en évidence une surmortalité toutes causes de 25 % (SMR=1,25 ; IC 95 % = [1,15 ; 1,36]), sur la période 1970-1999 (INRS, 2004). Une mise à jour de cette étude, portant sur la période 2000-2007 a montré une surmortalité toutes causes de 56 % (SMR=1,56 ; IC 95 % = [1,38 ; 1,77]). Elle conclut notamment à « une surmortalité particulièrement importante par maladies digestives, par cancers et par suicides ».

En complément des différentes actions mises en œuvre par le Service de médecine préventive et la Direction de la propreté de l'eau, la Ville de Paris a souhaité renforcer sa lutte contre les facteurs de risque professionnels susceptibles de participer à la surmortalité observée chez les égoutiers. C'est pourquoi elle a adressé à l'Anses, le 12 avril 2010, une demande d'expertise relative aux équipements de protection individuelle (EPI) et aux connaissances des expositions atmosphériques professionnelles.

Le code de la santé publique, dans son article L 1336-1 ne prévoit pas qu'une municipalité puisse saisir directement l'Anses. Compte tenu de la pertinence du sujet, l'Agence a proposé à la Direction générale du travail, dans un courrier du 17 août 2010, d'instruire une auto-saisine. La question a été élargie à l'évaluation des risques sanitaires, pour la profession d'égoutier, en vue d'identifier les causes de surmortalité décrites et au regard des questions soulevées par les études

précitées. Le 9 mars 2011, l'audition des équipes de la Ville de Paris a confirmé l'orientation proposée.

Le principe d'une auto-saisine sur ce sujet a été inclus au programme de travail 2011 de l'Anses, et validé en l'état, sur le fondement qu'elle pourrait contribuer à alimenter les actions 5 et 15 du 2^{ème} plan santé travail (PST II), dans la mesure où les travaux proposés traiteront à la fois les risques chimiques et biologiques.

Dans ce contexte, les demandes formulées dans l'auto-saisine sont les suivantes :

- Quels sont les effets sanitaires à long terme des conditions de travail dans les égouts ?
- Quelles sont les expositions des égoutiers aux agents chimiques, microbiologiques, voire radiologiques, présents dans les eaux usées brutes et dans l'atmosphère des égouts ?

Seront notamment considérées :

- les dispositions applicables aux égoutiers en matière de santé et sécurité au travail,
- l'activité de travail,
- les expositions par les voies pulmonaire, cutanée et d'ingestion (suite au contact main-bouche par exemple),
- Quels sont les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers, au regard des dangers identifiés et des expositions professionnelles ?
- Les travaux d'expertise pourront conduire, le cas échéant, à recommander des actions de prévention visant à limiter la surmortalité observée par l'INRS.

L'évaluation des expositions des égoutiers aux agents radiologiques a été exclue de la présente expertise, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ayant saisi l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) le 13 juin 2013¹ afin d'identifier les hypothèses nécessaires pour estimer l'impact des rejets d'eaux usées radioactives des établissements hospitaliers et assimilés (cliniques...) sur les personnels des réseaux d'assainissement. Le rapport relatif à cette saisine n'est pas disponible à ce jour.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

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) ».

L'expertise relève du domaine de compétences des comités d'experts spécialisés (CES) « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » (CES pilote) et « Eaux ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail (GT) « Surmortalité des égoutiers », installé après appel à candidatures public le 3 mai 2012. Les travaux du GT ont ensuite été présentés au(x) CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 7 février 2013 et le 17 décembre 2015. Ils ont été adoptés par le CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » réuni le 17 décembre 2015.

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 rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

La réalisation de ces travaux s'est reposée sur les compétences de différentes unités de l'Anses notamment en charge de l'évaluation des risques liés à l'air, l'évaluation des risques liés à l'eau ainsi que la mission du réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (RNV3P).

¹ Lettre ASN CODEP-ASN-DIS-2013-033205 du 13 juin 2013.

La réalisation de ces travaux s'est également fondée sur une synthèse et une analyse critique des données publiées dans la littérature (articles scientifiques, rapports institutionnels, normes d'analyse). La recherche bibliographique a été réalisée grâce aux bases de données Scopus et Pubmed (revue des données disponibles jusqu'en juin 2015, sans limite antérieure de date²). Cette revue a été complétée par une recherche de la littérature grise sur internet et *via* le réseau d'experts de l'Anses.

La collecte des informations nécessaires à la conduite de cette expertise s'est également appuyée sur différentes auditions :

- de représentants :
 - de la Direction des opérateurs publics de l'eau et de l'assainissement (DOPEA) de la communauté urbaine de Nantes (Nantes métropole), le 1^{er} octobre 2012 ;
 - du service technique eau et assainissement (STEA) de la Ville de Paris, le 1^{er} octobre 2012 ;
 - de la Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E), le 15 novembre 2012 ;
 - du Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP), le 15 novembre 2012 ;
 - de la direction des services de l'environnement et de l'assainissement du conseil général du Val-de-Marne (94), le 14 janvier 2013 ;
 - de la communauté urbaine de Lyon (Grand Lyon), le 14 janvier 2013 ;
 - du conseil général de Seine-Saint-Denis (93), le 21 janvier 2013.
- du médecin du travail de la Ville de Paris en charge du suivi des égoutiers), le 15 novembre 2012 ;
- d'un médecin biologiste retraité de la Ville de Paris le 21 janvier 2013 ;
- de l'Adjoint au Chef de la Subdivision Curage collecteurs et Atelier du service assainissement de la Ville de Paris, le 22 avril 2013 ;
- du médecin du travail de la Ville de Paris en charge du suivi des égoutiers lors de la réalisation de l'étude épidémiologique de l'INRS, le 15 mars 2013.

Les programmes de surveillance des Maladies à Caractère Professionnel (MCP), Cosmop, Samotrace et les bases de données d'exposition professionnelles (Evalutil, Exppro) ont été consultés pour recueillir des données sur les éventuels agents auxquels sont exposés les égoutiers et les effets sanitaires enregistrés.

Deux Conventions de Recherche et de Développement (CRD) ont respectivement été contractées avec le Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCP) et la Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile de France (CRAMIF) dans le but de réaliser des mesures individuelles de polluants chimiques et microbiologiques dans l'air afin de décrire un éventail d'agents contaminants présents dans l'air des égouts pour certaines tâches ciblées. Compte tenu des délais de réalisation de ces campagnes de mesures, les résultats de la campagne de mesure d'agents microbiologiques dans

² Mots clefs et combinaisons scientifiques : Sewer workers , sewage workers , Sewer et workers / occupational diseases / occupational exposure / mortality, Sewer and air, Sewer and gas, Sewer and atmosphere, Sewer and exposure, Sewer ou sewage ou sewerage mixés avec composition/ pollution/ microbial (ou microbiology), chemical, raw wastewater ou urban wastewater ou municipal wastewater ou municipal sewage mixés avec composition/pollution/microbial (ou microbiology)/chemical, Sewer / Sewerage and suicide / confined, Sewer combiné avec les différents symptômes/maladies déclarés dans l'étude de morbidité de l'INRS (2004), « work related symptoms » et sewer / sewage, Health effects , symptoms , health risk, disease, etc.

l'air des égouts fera l'objet d'un *addendum* au rapport d'expertise collective, lorsque celle-ci sera achevée. Le déroulement des campagnes de mesures est présenté en annexe.

Une visite des égouts de la ville de Paris a été organisée le 5 décembre 2012.

Des informations relatives aux réseaux d'assainissement en France et aux personnels intervenant dans ces réseaux ont également été collectées par le biais d'un questionnaire élaboré par le GT et diffusé auprès des communes de plus de 100 000 habitants.

Enfin, une consultation internationale des agences ou autorités nationales dans les domaines de la sécurité sanitaire et/ou du travail (Europe et Amérique du Nord) a été conduite pour recueillir des informations relatives aux activités des égoutiers, ainsi qu'une enquête auprès des membres de l'Union européenne transmise *via* le réseau Endware³ : identification des risques, évaluation des expositions, mesures de polluants (dans l'air, dans l'eau), mesures de prévention, de gestion des risques....

Compte tenu des premières pistes investiguées, des constats qui s'en dégagent et afin d'apporter des éléments de réponse à l'auto-saisine, le GT a structuré sa réflexion autour des questions répertoriées dans le tableau ci-dessous. Les méthodes et outils déployés pour y répondre sont également présentés.

Démarche scientifique suivie

Questions	Méthode et outils déployés
Quelle est la population d'étude ? → caractéristiques (nombre, statut, ancienneté dans le poste, réglementation associée)	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'auditions - Élaboration et diffusion d'un questionnaire destiné aux communes de plus de 100000 habitants, et exploitation des réponses reçues - Recherches bibliographiques
Quelles sont les modalités de travail de cette population ? → modalités de travail et leur évolution dans le temps (tâches, temps passé, mesures et moyens de prévention/protection)	
Quelle est la proportion de réseaux d'assainissement visitable ?	
Quels sont les effets sanitaires liés aux conditions de travail dans les réseaux d'assainissement observés chez les égoutiers ?	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse critique des études épidémiologiques réalisées par l'INRS - Revue de la littérature : → <i>recherche systématique des informations épidémiologiques dans les bases de données de référence - Peu d'études ayant été réalisées sur des populations d'égoutiers, la recherche de données dans la littérature a été élargie aux travailleurs en station de traitement des eaux usées (STEU).</i> - Exploitation des bases de données santé travail : → <i>recherche de cas</i>
Quelles sont les données d'exposition et de contamination dans l'air et dans l'eau ? → Recherche de données d'exposition et de contamination des eaux usées dans les réseaux d'assainissement et dans l'air des réseaux	<ul style="list-style-type: none"> - Recherches bibliographiques : → <i>recherche systématique des informations dans les bases de données de référence</i> - Exploitation des résultats de campagnes de mesures transmises lors des auditions et /ou par le biais du questionnaire - Acquisition et exploitation de données <i>via</i> deux campagnes de mesure exploratoires : → <i>Documentation de l'exposition aérienne des égoutiers au cours de certaines tâches à certains contaminants</i> → <i>Informations sur les tâches réalisées et sur les activités de surface reliées au réseau</i>

³ European network of drinking water regulator

Questions	Méthode et outils déployés
Est-il possible d'identifier les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers ?	- Élaboration / discussion d'hypothèses par les experts sur la base des informations disponibles
Quels sont les principaux risques sanitaires actuels concernant les égoutiers ?	- Auditions - Exploitation des données issues de la campagne de mesure - Mise en perspective
Quelles sont les recommandations à émettre ?	- Élaboration de recommandations de prévention pour les travailleurs - Identification de travaux complémentaires à mener pour améliorer les connaissances (études complémentaires et/ou travaux de recherche)

3. ANALYSE – CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DU CES

3.1 Synthèse des résultats d'expertise

Données sur les réseaux d'assainissement visitables et population d'étude

Un réseau d'assainissement peut être unitaire ou séparatif, selon qu'il véhicule les eaux usées et les eaux de pluie dans les mêmes conduits ou non. Il existe également des réseaux mixtes combinant des sections de réseau séparatif et unitaire. Les réseaux d'assainissement unitaires visitables se situent notamment dans les grandes agglomérations, des zones urbaines denses ou dans des quartiers historiques de moyennes et petites agglomérations. Les rejets dans ces réseaux proviennent donc de sources domestiques, industrielles ou commerciales⁴ et du lessivage des surfaces imperméabilisées (chaussées, toitures, etc.) par ruissellement des eaux de pluie. Aucune définition consensuelle relative au diamètre de la canalisation visitable n'a été retrouvée dans la littérature ou *via* les auditions, celui-ci variant de 1 m à plus de 2,5 m.

La gestion de l'assainissement (collecte, transport et traitement) est sous la responsabilité des collectivités territoriales qui les exploitent majoritairement en régie. Certaines tâches peuvent également être sous-traitées à des entreprises privées. Parmi les agents de la fonction publique territoriale, certains bénéficient du statut d'insalubrité qui est attribué en fonction de critères précis comme notamment le temps passé en réseau souterrain.

Les informations obtenues au cours de cette expertise (revue de la littérature, auditions, questionnaires) ont mis en évidence que la dénomination du métier d'égoutier, les missions dédiées et la quotité de travail sont variables d'une collectivité à une autre, en fonction notamment de la configuration du réseau, de sa « modernité » etc.

Dans cette expertise, le terme « **égoutier(s)** » désigne une catégorie de personnel amenée à réaliser des tâches diversifiées au sein d'un réseau d'assainissement y compris des stations de relèvement et de pompage afin de maintenir leur bon état de fonctionnement, indépendamment de leur affiliation ou statut.

Au regard des informations recueillies le GT n'a pas pu estimer précisément le nombre d'égoutiers en France.

Ces difficultés à définir la population réellement susceptible d'être exposée se retrouvent au niveau des enquêtes et études épidémiologiques; en effet, les salariés des sous-traitants qui interviennent en réseaux d'assainissement ne sont ni comptabilisés ni intégrés aux études, renforçant encore plus leur invisibilité. De plus leur suivi par le service de santé au travail peut être effectué par de

⁴ Rejets de restaurants, hôpitaux, blanchisserie, garages, pressings, etc.

multiples médecins dispersant ainsi les informations. Par ailleurs, il n'existe pas de code CITP ou NAF⁵ spécifique pour une identification simple par le poste de travail ou le secteur d'activité de la population des travailleurs égoutiers au sein des bases de données d'exposition professionnelles ou des programmes de surveillance en santé/travail (RNV3P, samotrace, etc.).

Données d'exposition

Les égoutiers sont exposés par inhalation de gaz, de vapeurs ou d'aérosols, par contact cutanéomuqueux lié aux projections ou directement avec les composés présents dans l'air et/ou dans l'eau et par ingestion suite au contact avec des éléments contaminés⁶ et portage à la bouche ou par ingestion directe de gouttelettes ou de particules.

Les données d'exposition disponibles à travers la revue de la littérature sont rares.

► Dans l'eau, les données disponibles de concentration en agents chimiques sont issues de mesures à visée environnementale réalisées en entrée de Station de Traitement des Eaux Usées (STEU) ou de déversoirs d'orage et non au sein du réseau d'assainissement, réalisées notamment dans le cadre du programme de recherche AMPERES⁷. Elles sont donc informatives sur la nature des polluants potentiellement présents dans les réseaux d'assainissement mais les concentrations retrouvées ne sont pas représentatives des concentrations au sein des réseaux. Les apports de certains polluants *via* les événements pluvieux⁸ sont prépondérants. Les différentes études mettent également en évidence la présence de multiples agents microbiologiques inhérente aux rejets domestiques dans le réseau : virus, bactéries, toxines, parasites hydriques, telluriques et d'origine fécale.

► Dans l'air, les données de concentrations en agents chimiques, issues d'études environnementales, c'est-à-dire réalisées à poste fixe dans l'air ambiant des égouts, sont parcellaires et ne présentent pas de panorama exhaustif des polluants présents. Ont été recherchés et mesurés en France à des concentrations variables différents composés organiques volatils (COV) (de quelques dixièmes de ppm à une dizaine de ppm selon le composé, les concentrations les plus élevées étant retrouvées pour les alcanes) et des composés soufrés tels que le diméthylsulfure, le diméthyldisulfure et le méthaneéthiol (à des concentrations de 3 à 15 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). À Taïwan des concentrations dans l'air des égouts ont été mesurées à des concentrations nettement supérieures (COV totaux jusqu'à 1347 ppm, benzène jusqu'à 148 ppm, etc.). L'hydrogène sulfuré (H_2S) est présent ubiquitairement à des concentrations variables de quelques dixièmes de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à plus d'une centaine de $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Des concentrations en amiante mesurées en 2014 dans l'air des égouts parisiens dans différentes configurations avec notamment des chocs simulés sur des canalisations d'eau potable recouvertes de bitume amianté sont inférieures à la limite supérieure de l'intervalle de confiance⁹.

Seules deux études présentant des résultats de mesures individuelles pendant l'activité des égoutiers sont disponibles et ont été réalisées en France (Al Zabadi *et al.* 2011 et Duquenne *et al.* 2014). Elles mettent en évidence des concentrations moyennes en COV comprises entre 10 et 210

⁵ La Classification Internationale Type des Professions (CITP) est la nomenclature internationale des professions. Un code NAF (Nomenclature d'activités française) est un code attribué par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) à chacun des secteurs d'activités économiques.

⁶ Les éléments contaminés peuvent être les eaux usées, les parois des égouts, les Equipements de Protection Individuelle (EPI) souillés, etc.

⁷ Analyse de micropolluants prioritaires et émergents dans les rejets et les eaux superficielles.

⁸ Phénomènes de ruissellement et de lessivage des sols, remise en suspension des matières sédimentées dans les réseaux d'assainissement.

⁹ Si le nombre de fibres dénombrées inférieur à 4, le résultat est rendu sous la forme : inférieur à la limite supérieure de l'intervalle de confiance (Norme NF X 43-050).

$\mu\text{g.m}^{-3}$ avec prépondérance de undécane, décane et toluène, en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) comprises entre 1 et 71 ng.m^{-3} (Al Zabadi *et al.* 2011), en endotoxines comprises entre 12 et 430 UE.m^{-3} ¹⁰ (Duquenne *et al.* 2014). Toutefois les dispositifs de prélèvement n'étaient pas portés par les égoutiers mais par un accompagnant et l'activité des égoutiers au moment des mesures dans l'étude d'Al Zabadi *et al.* (2011) n'était pas renseignée. Ces études sont donc insuffisantes pour estimer l'exposition des égoutiers.

Au niveau microbiologique, peu d'études ayant réalisé des mesures d'agents biologiques dans l'air des égouts sont disponibles ; celles-ci mettent en évidence des dénombrements en bactéries et en moisissures très variables, liées à la tâche effectuée par les égoutiers au moment des mesures (INRS, 2004). Certaines concentrations en moisissures ont dépassé 3000 UFC.m^{-3} ¹¹ et en bactéries 10^6 UFC.m^{-3} .

Campagne de mesure à l'initiative de l'Anses :

Au vu de la variabilité rencontrée, il n'a pas été possible d'identifier l'ensemble des composés auxquels les égoutiers peuvent être exposés *via* l'air et les eaux usées dans les égouts en France. Le GT a néanmoins listé les principaux éléments susceptibles d'être présents dans les égouts et auxquels pourraient être exposés les égoutiers, notamment au travers de l'étude AMPERES et des données disponibles dans la littérature. Cette liste a servi de base à la sélection des composés à investiguer dans le cadre des campagnes de mesures conduites à l'initiative de l'Anses. Cette sélection a été réalisée par le GT en tenant compte notamment des effets sanitaires des composés et des contraintes temporelles, techniques et financières.

Ces tâches, représentatives des différentes activités exercées par le personnel intervenant dans le réseau d'assainissement, ont été identifiées en liaison avec les représentants du Bureau Santé sécurité vie au travail (BSSVT) du Service technique de l'eau et de l'assainissement (STEA) de la Ville de Paris.

La liste des polluants recherchés ainsi que les gammes de concentrations mesurées sont présentées en annexe de cet avis.

Bien qu'exploratoire, cette campagne confirme le caractère très variable des concentrations en agents chimiques mesurées dans l'air des égouts en fonction du lieu et de la période de mesure, et des tâches effectuées par les égoutiers au moment des mesures.

Les tâches qui apparaissent les plus exposantes sont les tâches de curage de bassin de dessablement, de nettoyage des dégrilleurs haute pression et de curage avec engin. Ces tâches sont génératrices d'aérosols qui s'ajoutent au bruit de fond ambiant, ce dernier pouvant être apprécié par le résultat des mesures réalisées au cours de la tâche de collecte d'information.

De manière générale, les concentrations en polluants dans l'air des égouts sont supérieures aux concentrations mesurées à l'extérieur des égouts, ce qui est dû au confinement, au manque de renouvellement d'air ainsi qu'à la présence de sources de contamination propres aux égouts.

Concernant les effets sanitaires

Morbidité due à des causes non infectieuses :

Les études recensées sont des études transversales, de type exposés / non exposés portant sur des indicateurs de morbidité recueillis par questionnaire, et, beaucoup plus rarement, sur des explorations complémentaires comme l'exploration de la fonction respiratoire par spirométrie par

¹⁰ UE : Unité d'endotoxines.

¹¹ UFC : Unité formant colonie.

exemple. Les effectifs sont généralement faibles et le design d'une étude à l'autre est différent. Une conclusion générale est difficile à formuler. Toutefois, les résultats ci-après peuvent être soulignés.

Chez les égoutiers parisiens, une prévalence plus élevée par rapport à une population témoin de travailleurs de la Ville de Paris de symptômes respiratoires, oto-rhino-laryngologiques, digestifs, cutanés, oculaires et généraux et une prévalence plus élevée de troubles musculo-squelettiques (TMS), notamment des lombalgies, sont mises en évidence. La diarrhée est le symptôme le plus fréquemment rapporté (INRS, 2004). Les symptômes rapportés par les égoutiers et les travailleurs de STEU dans les autres études de morbidité sont concordants avec les résultats de l'étude INRS, même si leur comparaison doit être réalisée avec prudence du fait de design d'étude différent et des effectifs généralement faibles. L'étude la plus informative après celle de Paris est une étude réalisée auprès du personnel de la communauté urbaine du grand Lyon, qui met en évidence une prévalence de symptômes et de maladies respiratoires plus élevée chez les égoutiers par rapport au groupe contrôle, avec un excès statistiquement significatif de toux productive notamment (Ambroise *et al.* 2005, d'après Rivière, 2005). Les prévalences des différents symptômes observés dans l'étude menée à Lyon sont nettement inférieures aux prévalences rapportées dans l'étude parisienne, ce qui pourrait s'expliquer par des conditions d'exposition différentes. Un lien entre l'exposition aux endotoxines et la prévalence de toux productive est suggéré par les auteurs.

Morbidité due à des causes infectieuses :

Les agents biologiques pathogènes cités sont ceux pour lesquels des études auprès des égoutiers ou des travailleurs en contact avec des eaux usées ont été menées. Seul un lien entre travail au contact des eaux usées et infection à adénovirus, virus entérique, virus parainfluenzae et *Leptospira spp.* a pu être mis en évidence au travers des études recensées. Il est également noté une prévalence significativement plus élevée de la contamination par *G.lambliia*, *E.histolytica*, *Entamoeba coli* et *Ascaris lumbricoides* chez les égoutiers par rapport aux groupes contrôles. Toutefois, ces prévalences sont d'une grande variabilité selon les années des études (1980 à 1999), les pays concernés (France, Allemagne, Angleterre, Etats-Unis et mettent en lumière les améliorations des conditions d'hygiène.

Pour les autres agents ayant infecté les égoutiers/travailleurs en contact des eaux usées pour lesquels des études épidémiologiques ou des rapports de cas ont été publiés, le lien entre infection et travail au contact des eaux usées n'est pas concluant du fait de biais dans les études (virus de l'hépatite B, *Mycobacterium tuberculosis*) ou du fait d'études contradictoires (virus de l'hépatite A et de l'hépatite E), ou bien négatives (VIH, *Legionella pneumophila*, *Helicobacter pylori*, *Shigella spp* ou *Yersinia enterocolitica*).

Marqueurs biologiques :

Les résultats des études ayant mesuré des marqueurs de dysfonctionnement de certaines fonctions comme des marqueurs d'inflammation, des marqueurs d'atteinte hépatique ou des marqueurs biologiques d'atteinte pulmonaire sont peu concluants.

L'unique étude portant sur la recherche de biomarqueurs d'exposition chez les égoutiers montre que ceux-ci sont exposés à des agents génotoxiques (Al Zabadi *et al.* 2011). De plus, des associations positives entre l'exposition des égoutiers à certains HAP et COV classés Cancérogènes, Mutagènes ou Reprotoxiques (CMR) et les résultats des tests de génotoxicité ont été mises en évidence dans cette étude. Bien qu'il ne s'agisse pas de marqueurs d'effets sanitaires à long terme, les résultats de cette étude suggèrent que les travailleurs sont exposés à des composés génotoxiques au cours de leur activité, ce qui, selon le GT, pourrait en partie expliquer les excès de mortalité par cancer observés dans les études épidémiologiques. Chez les travailleurs de STEU, une étude montre que ceux-ci sont exposés à des agents mutagènes (Scarlett-Kranz *et al.* 1986) et l'autre étude suggère qu'ils ne sont pas plus exposés à des agents génotoxiques que les autres travailleurs considérés dans cette étude (Friis *et al.* 1997).

Mortalité :

Six études de mortalité ont été recensées dans la littérature (deux études chez des égoutiers (Paris, Copenhague), trois chez des travailleurs de STEU (Chicago, Buffalo, Suède), une chez les deux populations (Copenhague)).

Concernant la mortalité par cancer, les deux études réalisées chez des égoutiers mettent en évidence une surmortalité statistiquement significative par cancers toutes localisations, par cancer du poumon et du foie. Une surmortalité par cancer des voies aéro-digestives supérieures, de l'œsophage, du rectum et de la plèvre est mise en évidence dans l'étude menée chez les égoutiers parisiens. Il est à noter que dans la mise à jour de cette étude, les surmortalités par cancer du rectum, et de la plèvre ne sont plus statistiquement significatives. Parmi les trois études conduites chez des travailleurs de STEU : aucune ne met en évidence de surmortalité par cancer toutes localisations, l'étude menée à Chicago rapporte une surmortalité par tumeurs bénignes, l'étude menée à Buffalo par cancer du larynx et du foie, et la dernière menée en Suède par cancer de l'estomac et de la prostate. Il est à noter qu'aucune de ces études ne tient compte des facteurs de confusion potentiels, tels que le tabagisme ou la consommation d'alcool.

Concernant la mortalité par maladies infectieuses, seule l'étude menée à Paris (Wild *et al.* 2006) met en évidence un excès statistiquement significatif de décès. Cet excès est constaté pour salariés ayant quitté le métier d'égoutiers après une très courte durée d'emploi, pour d'autres raisons que retraite ou raison médicale (notamment licenciement ou démission). Il n'est pas observé dans la mise à jour de l'étude de mortalité de 2007. Les causes de cette surmortalité sont des tuberculoses pulmonaires, septicémies à staphylocoque, à pneumocoques, paludisme, péritonite, etc. Il ne s'agit pas d'agents à transmission oro-fécale et se trouvant dans les eaux usées.

Parmi les autres causes de mortalité, l'étude menée à Chicago chez les travailleurs de STEU souligne un excès de décès par maladies cardio-vasculaires (maladies coronariennes), l'étude chez les égoutiers parisiens montre un excès par maladies de l'appareil digestif et plus précisément par maladies du foie, et les deux études chez les égoutiers montrent des surmortalités par suicide à Paris ou par mort violente à Copenhague. Aucune des études ne montre d'excès par maladies respiratoires.

Concernant les risques psycho-sociaux, les dimensions symboliques et politiques des eaux usées ont des effets sur les conditions de travail, les gestes techniques, les savoirs faire, les émotions, les représentations et les mécanismes identitaires développés par les égoutiers. L'écart entre le travail réel et le travail prescrit est souvent négligé, alors que le travail réel contient les savoir-faire des travailleurs et ces savoirs faire, transmis sur la base de valeurs partagées, sont vecteurs d'identité, de savoirs, de valeur et de sens. La dévalorisation, l'affaiblissement des collectifs de travail et la dimension anxiogène du travail en égout (conditions de travail, risques professionnels, astreinte visuelle...) peuvent être source de souffrances psychiques.

Concernant les facteurs de risques

Différentes hypothèses sur le rôle de certains facteurs de risques professionnels ou individuels dans la morbidité et la mortalité observées ont été élaborées par le groupe de travail ou portées à sa connaissance lors des auditions. Celles-ci ont été discutées, notamment le rôle de l'exposition à certains agents biologiques ou chimiques, le rôle des facteurs de risques psycho-sociaux ou individuels, ainsi que l'évolution des conditions de travail¹² et de la composition des rejets¹³.

¹² Temps passé au sein du réseau, ventilation du réseau avant intervention, évolution des équipements de protection individuels, etc.

Du fait de l'absence de recueil de données d'expositions professionnelles et de données de comportement individuel dans les études épidémiologiques, du caractère multifactoriel et de la diversité des pathologies mises en évidence, une identification des facteurs de risque responsables de la mortalité observée est aujourd'hui impossible.

3.2 Conclusions du CES

Malgré la volonté de responsabilisation des industriels quant à la maîtrise et la connaissance de leurs rejets d'eaux usées dans le réseau de collecte par la mise en place de conventions et d'autorisations de rejets avec les collectivités, les égouts restent un milieu particulièrement insalubre. Par ailleurs, outre les microorganismes présents dans les eaux usées, la méconnaissance par les particuliers de la réglementation spécifique aux rejets d'eaux usées domestiques, propre à chaque service d'assainissement, peut exposer les égoutiers à de nombreux polluants à des concentrations inconnues.

Concernant les expositions des égoutiers aux agents chimiques et biologiques, présents dans les eaux usées brutes et dans l'atmosphère des égouts :

Il est difficile d'établir des données d'exposition représentatives du fait de la grande variabilité spatio-temporelle des concentrations liée à la multiplicité des déterminants des concentrations (configuration des réseaux, rejets, météorologie, etc.), et de la variabilité des modalités d'intervention dans les différents réseaux d'assainissement. Seules quelques études sont disponibles dans la littérature scientifique, avec un objectif principalement « environnemental ». Elles ont permis d'identifier un « cocktail » d'agents chimiques et biologiques, présents dans l'eau et l'air des égouts. Seules deux études présentaient des résultats de mesures d'exposition individuelles¹⁴, sans spécification des tâches réalisées.

Une campagne exploratoire de mesures réalisée chez les égoutiers de la Ville de Paris à l'initiative de l'Anses entre octobre 2014 et mars 2015 a permis de caractériser des niveaux d'exposition à certains polluants présents dans l'air, pour certaines tâches représentant une diversité de situations d'exposition.

Malgré les limites inhérentes à son caractère exploratoire, cette campagne a mis en évidence :

- une exposition notable aux polluants issus de l'air ambiant (BTEX, PM₁₀ et PM_{2,5}¹⁵) au regard des concentrations habituellement rencontrées dans l'air extérieur, ainsi qu'une exposition à des composés CMR (cadmium, cobalt, HAP, PM, etc.).
- des tâches apparaissant plus exposantes : nettoyage à haute pression, curage avec engins et extraction des bassins de dessablement. Ces tâches durent en moyenne entre 1h30 et 2h30.
- des concentrations parfois élevées en certains polluants lors de la réalisation de tâches supposées moins exposantes, comme par exemple la collecte d'information.

Pour la majorité des polluants, les concentrations mesurées sur la durée des tâches ont été comparées aux valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) établies sur des critères sanitaires uniquement. Lorsque ces dernières n'étaient pas disponibles, les concentrations ont été comparées aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) existantes par inhalation et pour des durées d'exposition chroniques ou subchroniques. Dans la majorité des situations, les concentrations mesurées pour chacun des composés sont faibles comparativement à ces valeurs

¹³ Diminution du tissu industriel en agglomération, augmentation du contrôle réglementaire des rejets, diminution du tout à l'égout, diminution de la consommation d'eau, mise sur le marché de nouvelles substances/produits, etc.

¹⁴ Une mesure d'exposition individuelle à un composé consiste à faire porter à un individu le dispositif de prélèvement d'air servant à piéger le composé.

¹⁵ BTEX : Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes – PM : Particulate Matter

de référence. Cependant des pics de concentration ne peuvent pas être exclus. Le fait que les concentrations observées soient inférieures aux valeurs de référence ne garantit pas l'absence d'effet sanitaire lié aux co-expositions particulièrement nombreuses et aux synergies éventuelles entre polluants.

Une campagne de mesures d'endotoxines et d'*Aspergillus flavus* dans l'air des égouts parisiens est en cours et fera l'objet d'un addendum au rapport d'expertise.

Concernant les effets sanitaires à long terme liés aux conditions de travail dans les égouts :

Les résultats des études de morbidité chez les égoutiers et les travailleurs de STEU qui s'étendent depuis 1978 jusqu'à 2011 concordent avec ceux de l'étude de l'INRS réalisée auprès des égoutiers de la Ville de Paris, même si la comparaison doit être réalisée avec précaution en raison des limites inhérentes aux études transversales de type déclaratif. Les symptômes les plus fréquemment rapportés par les travailleurs exposés aux eaux usées sont des symptômes digestifs (diarrhées aiguës), respiratoires (toux, troubles obstructifs), d'irritation du nez, de la gorge et de la peau ou eczéma et généraux (céphalées, asthénie).

Des études ont montré une augmentation de la fréquence de certaines pathologies infectieuses, la majorité d'entre elles étant de durée limitée et très rarement létales.

Une surmortalité par maladies infectieuses toutes causes est constatée dans la première étude de mortalité de l'INRS.

Concernant la surmortalité par pathologies cancéreuses, les résultats des études de mortalité de l'INRS sont concordants avec ceux des autres études épidémiologiques recensées dans la littérature, objectivant une surmortalité significative principalement pour ce qui concerne les cancers du foie et les cancers du poumon. Les résultats d'études de génotoxicité montrent également que ces travailleurs sont exposés à des composés mutagènes et/ou génotoxiques au cours de leurs activités.

Une surmortalité par suicide a par ailleurs été observée dans une étude.

Ainsi, malgré leurs limites, les études recensées montrent l'existence de risques sanitaires associés au métier d'égoutier.

Concernant les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers, au regard des dangers identifiés et des expositions professionnelles :

Les études épidémiologiques disponibles ne prenant pas en compte les facteurs de risques individuels, et ne distinguant pas certains facteurs de risque professionnels au sein du métier d'égoutier, il n'est pas possible d'identifier un ou plusieurs facteurs de risques spécifique(s) responsable(s) de la surmortalité observée.

De plus, les pathologies à l'origine de cette surmortalité sont multifactorielles, ce qui ne permet pas d'isoler des facteurs de risques uniques liés à la fréquentation des égouts.

Ainsi, peuvent être impliqués dans la surmortalité des égoutiers, mais sans qu'il soit possible de conclure sur leur rôle respectif, des microorganismes et des agents chimiques dont des CMR.

Enfin, sur la base des données actuellement disponibles, il est impossible de conclure sur de potentiels effets synergiques liés à la co-exposition à des agents infectieux et à des agents chimiques.

Par ailleurs, d'autres facteurs, non pris en compte dans les études disponibles, pourraient également être impliqués dans la surmortalité :

- Par le passé, des consommations d'alcool et de tabac plus importantes qu'aujourd'hui ont pu être impliquées dans le développement d'une partie des cancers observés.
- Par le passé, il était également fréquent que les égoutiers aient une activité secondaire en dehors de leur métier. Il ne peut être exclu que des facteurs de risques liés à ces activités secondaires aient contribué à la surmortalité observée.

Enfin, la dévalorisation du métier d'égoutier, l'affaiblissement des collectifs de travail et la dimension anxiogène du travail en égout pourraient expliquer une souffrance accrue au travail. Toutefois, ni les données de la littérature, ni les auditions ne permettent de pousser plus avant l'analyse concernant la surmortalité par suicide observée.

3.4 Recommandations du CES

Compte tenu des conclusions précédentes, le CES émet les recommandations suivantes :

Avant tout, le CES souhaite rappeler que tous les professionnels travaillant dans un réseau d'assainissement y compris dans les stations de relèvement et de pompage au contact des eaux usées sont exposés à des agents microbiologiques et des composés physico-chimiques présents dans l'air, les eaux et sur les surfaces, indépendamment de leur statut ou de celui de leur employeur.

Le CES préconise de mutualiser toutes les informations concernant l'ensemble des travailleurs exposés aux eaux usées en milieu souterrain au sein d'une unique base de données pour surveiller les expositions et les effets sanitaires, et mettre en place si nécessaire des mesures de prévention à l'échelle nationale.

Le CES recommande d'organiser cette mise en commun des informations au niveau national, de façon suivie, systématique et pérenne.

Par ailleurs, le CES tient également à rappeler les principes généraux de prévention qui doivent s'appliquer quelle que soit l'affiliation des travailleurs (article L. 4121-1 du Code du travail) :

- Éviter les risques ;
- Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- Combattre les risques à la source ;
- Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
- Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral, tel qu'il est défini à l'article L. 1152-1 du code du travail;
- Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

➤ Recommandations pour l'évaluation réglementaire des risques professionnels :

Dans l'évaluation réglementaire des risques professionnels auxquels sont exposés les égoutiers, les risques accidentels sont généralement bien pris en compte. Il convient toutefois de mieux appréhender les risques chimiques, microbiologiques et psycho-sociaux afin de prendre les dispositions nécessaires pour assurer la sécurité et la protection de la santé des travailleurs à long terme. Ces risques sont à intégrer au DUER¹⁶, en vue de mettre en place un plan d'actions de réduction des risques.

➤ Recommandations en termes de mesure de prévention et de protection :

Compte tenu de l'activité, les risques chimiques et microbiologiques ne peuvent pas être supprimés¹⁷. Il convient donc d'optimiser les mesures visant à réduire l'exposition des travailleurs.

Le CES recommande :

- De développer une formation professionnelle obligatoire pour toute personne amenée à travailler dans un réseau d'assainissement souterrain, en complément du dispositif CATEC : hygiène, sécurité, bonnes pratiques, facteurs de risques individuels...
- Pour ce qui concerne les tâches particulièrement exposantes :
 - d'optimiser la ventilation du réseau d'assainissement en tenant compte de la qualité de l'air introduit par la mise en place de systèmes mécaniques et de filtration,
 - de mécaniser ces tâches afin de limiter le nombre d'égoutiers exposés en ciblant en priorité celles pour lesquelles les mesures de protection collective ou individuelle ne peuvent être optimisées,
 - dans l'attente de ces améliorations, d'envisager toute mesure organisationnelle permettant de réduire les expositions.
- De mettre en œuvre les mesures d'hygiène et les consignes de sécurité en lien avec le service de santé au travail :
 - mise en œuvre des équipements de protection collective (EPC),
 - mise à disposition et port des EPI adaptés,
 - mise à disposition et port de détecteurs multigaz, ou *a minima* H₂S de manière individuelle, correctement étalonnés avec centralisation, archivage et suivi de leurs données,
 - entretien régulier et stockage des EPI dans un local propre dédié,
 - mise à disposition d'installations sanitaires et de vestiaires, propres et en nombre suffisant,
 - organisation d'un circuit sale/circuit propre,
 - affichage des règles d'habillage, déshabillage, hygiène des mains et corporelle, avant les pauses et en fin de service,
 - etc.

Le CES recommande également de renforcer l'auto-surveillance et de contrôler plus régulièrement la conformité des rejets d'eaux usées non domestiques avec les autorisations de déversement.

¹⁶ Document Unique d'Évaluation des Risques

¹⁷ En effet, les tâches des travailleurs dans les réseaux d'assainissement sont aujourd'hui non totalement substituables par des machines.

En cas de modification, réhabilitation ou extension des réseaux d'assainissement, il serait préférable dans la mesure du possible, d'envisager des réseaux dont l'hydraulicité permette l'auto-curage. En ce qui concerne l'exploitation de ces réseaux, il convient de favoriser la mécanisation, l'intervention à distance et l'inspection télévisée.

Le CES souligne enfin la nécessité de construire la prévention avec les égoutiers afin de valoriser leur expérience de terrain, de développer des outils de travail adaptés et acceptables et de reconnaître les collectifs et leurs valeurs.

➤ Recommandations pour le suivi de la santé et des expositions des égoutiers :

Le CES recommande d'assurer un suivi médical renforcé de la santé des égoutiers :

- compte tenu de l'abrogation de l'arrêté du 11 juillet 1977 fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale par l'arrêté du 2 mai 2012 abrogeant diverses dispositions relatives à la surveillance médicale renforcée des travailleurs (dont les travaux effectués en égouts).
- du fait des expositions des égoutiers à certains des agents mentionnés dans le décret 2012-135 du 30 janvier 2012 relatif à l'organisation de la médecine du travail.

Concernant la vaccination anti-leptospirose et anti-hépatite A, le CES recommande de se conformer aux avis du comité technique des vaccinations du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) en vigueur¹⁸.

Le CES recommande :

- la tenue du dossier médical en santé travail (DMST) selon les recommandations de la Haute autorité de santé (HAS),
- la constitution de groupe de pairs entre médecins du travail et de prévention en charge des égoutiers afin de déterminer les bonnes pratiques de suivi médical,
- le recueil du *curriculum laboris* et sa conservation dans le dossier médical,
- la traçabilité des expositions par l'employeur avec le concours des services de santé et de prévention pour l'ensemble des travailleurs exposés et sa poursuite dans le temps.

➤ Recommandations de recherche :

Le CES recommande :

- de poursuivre et mettre en place des études épidémiologiques pour le suivi des effets sanitaires à long terme chez les égoutiers (morbidité et mortalité) en prenant en compte les facteurs de risques professionnels (suivi des expositions et des tâches effectuées notamment) et individuels (habitudes de vie, consommation de tabac et d'alcool, etc.),
- d'évaluer les bénéfices sur la qualité de l'air des réseaux d'assainissement des différents dispositifs de ventilation et de filtration (naturelle ou mécanique).

Le CES recommande d'évaluer l'efficacité de mesures de prévention qui peuvent être mises en place telles que la mécanisation de certaines tâches, ou la modification de l'organisation du travail.

Afin d'améliorer les connaissances concernant les expositions des égoutiers, le CES recommande de poursuivre les mesures d'exposition individuelle aux polluants, en :

¹⁸ Calendrier des vaccinations et recommandations vaccinales 2016
(http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/calendrier_vaccinal_2016.pdf)

- élargissant les études à d'autres réseaux d'assainissement et d'autres tâches, notamment la tâche de garde orifice, qui selon l'activité réalisée en souterrain, peut entraîner une exposition à des aérosols,
- les étendant à des polluants non encore recherchés tels que composés semi-volatils, pesticides, microorganismes, etc.,
- caractérisant la composition des particules présentes.

Enfin, le CES propose d'étudier l'utilité de développer la recherche de biomarqueurs pour améliorer la surveillance des expositions multiples des égoutiers.

➤ Sensibilisation :

Le CES préconise que soient organisées des campagnes de sensibilisation visant à rappeler à la population générale que le réseau d'assainissement souvent appelé « tout à l'égout » n'est pas destiné à tout recevoir et préciser les bonnes pratiques de rejet.

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 « Évaluation des risques liés aux milieux aériens ».

En matière d'organisation du travail, afin d'optimiser les interventions au sein des réseaux d'assainissement et les mesures de prévention associées, l'Agence suggère la mise en place de cartographies des risques liés aux réseaux permettant d'identifier, de centraliser et d'actualiser les connaissances relatives à des zones présentant des conditions particulières (stagnation, rejets de surface spécifiques, accès difficiles, etc.).

L'Agence souligne par ailleurs que les recommandations émises s'inscrivent également dans un contexte global de dérèglement climatique qui risque d'avoir des impacts sur l'assainissement des agglomérations (modification de volume d'eau transitant dans les réseaux, de la température des eaux usées collectées et transportées, etc.). Si les gestionnaires d'assainissement travaillent à l'anticipation de tels impacts du changement climatique afin que l'assainissement public demeure optimal en termes de santé publique et de protection de l'environnement, il convient également d'anticiper ces impacts en termes de prévention et de protection des professionnels amenés à travailler dans les réseaux d'assainissement.

Enfin, l'Agence pourra être amenée à formuler des recommandations complémentaires lorsque l'ensemble des résultats relatifs à la campagne de mesure d'agent biologiques dans l'air des égouts parisiens sera disponible.

La Directrice générale suppléante

Caroline Gardette

MOTS-CLÉS

Égout, Égoutiers, Mortalité, Épidémiologie, Exposition professionnelle, Facteurs risque, Conditions de travail

Sewer, Sewage workers, Mortality, Epidemiology, Occupational exposure, Risk factors, Working condition

ANNEXE(S)

Tableau A : Campagne de mesures exploratoires de polluants chimiques et biologiques dans l'air des égouts

Six tâches investiguées	<ul style="list-style-type: none"> ● Collecte d'information ● Nettoyage des grilles à haute pression (station de relevage) ● Curage avec engin : wagon vanne ou bateau-vanne ● Nettoyage des engins, haute pression ● Extraction (bassin de dessablement) ● Curage haute pression (HP) 	
Polluants mesurés	<p>Chimiques : Particules : PM2,5 PM10 avec analyse dans la fraction PM10 Pb, Ni, Cd, As, Co; HAP : phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène COV : trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, trichlorométhane (chloroforme), dichlorométhane, hexachlorobutadiène, 1,2-dichloroéthane, CCl4 ; , benzène, Chlorure de vinyle, Naphtalène, Toluène, Ethylbenzène, xylènes, Styène, 1,4 dichlorobenzène, 1,1-dichloroéthylène + screening Autres : H₂S, NH₃, NO₂, CO</p>	<p>Biologiques : Bactéries Moisissures Endotoxines <i>Aspergillus Flavus</i></p>
Nombre de mesures réalisées	3 mesures individuelles ¹⁹ /polluant/tâche	
Période de mesure	Campagne chimique : entre octobre 2014 et mars 2015 Campagne biologie : en cours.	
Informations complémentaires	Recueil d'informations relatives à l'activité et à la localisation des prélèvements	

¹⁹ Les mesures individuelles désignent des mesures réalisées sur les égoutiers.

Tableau B : Résultats de la campagne de mesures exploratoires de polluants chimiques et biologiques dans l'air des égouts (moyenne (min-max))

	collecte	nettoyage HP engin	nettoyage HP dégrilleur	curage bassin	curage avec engin	curage HP	
PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	106 (66 - 149)	180 (70 - 272)	854 (312 - 1440)	259 (134 - 369)	1566 (86 - 5284)	288 (246 - 367)	
Pb ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	nd	0,04 (0 - 0,13)	0,05 (0 - 0,15)	0,11 (0 - 0,18)	0,14 (0 - 0,22)	0,07 (0 - 0,2)	
Ni ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	0,15 (0 - 0,23)	0,07 (0 - 0,22)	0,08 (0 - 0,23)	0,28 (0,23 - 0,3)	0,14 (0 - 0,43)	0,27 (0,25 - 0,31)	
Cd ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	nd	0,01 (0 - 0,02)	0,01 (0 - 0,02)	0,36 (0 - 0,99)	0,02 (0 - 0,03)	0,03 (0,02 - 0,04)	
As ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	nd	nd	nd	0,01 (0 - 0,02)	nd	0,02 (0 - 0,05)	
Co ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	0,1 (0 - 0,3)	0,03 (0 - 0,07)	0,1 (0,05 - 0,13)	0,12 (0,08 - 0,18)	0,29 (0 - 0,6)	0,18 (0,05 - 0,41)	
PM2,5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	91 (62 - 130)	108 (66 - 160)	161 (148 - 172)	115 (103 - 128)	113 (83 - 147)	143 (122 - 154)	
CO ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
NO ₂ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	42 (38 - 44)	51 (32 - 63)	37 (29 - 42)	53 (44 - 68)	36 (31 - 44)	nd	
H ₂ S ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	745 (692 - 799)	749 (726 - 772)	727 (658 - 862)	867 (615 - 1200)	940 (873 - 1028)	nd	
NH ₃ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	53 (33 - 88)	107 (32 - 255)	76 (29 - 114)	38 (27 - 53)	115 (55 - 167)	110 (37 - 184)	
HAP (ng.m^{-3})	Phénanthrène	5,7 (0 - 17)	13 (0 - 22)	8 (0 - 24)	nd	10 (0 - 31)	nd
	Anthracène	nd	2,8 (0 - 8,3)	14 (0 - 42)	11 (0 - 33)	30 (0 - 56)	nd
	Fluoranthène	nd	nd	nd	4,7 (0 - 14)	nd	nd
	Pyrène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzo(a)anthracène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Chrysène	nd	nd	nd	3,7 (0 - 11)	nd	nd
	Benzo(b)fluoranthène	nd	5,3 (0 - 16)	nd	nd	nd	nd
Benzo(k)fluoranthène	nd	1,5 (0 - 4,5)	nd	4,7 (0 - 11)	nd	nd	

Avis de l'Anses

Saisine n° « 2010 –SA-0196 »

		collecte	nettoyage HP engin	nettoyage HP dégrilleur	curage bassin	curage avec engin	curage HP
	Benzo(a)pyrène	nd	2,2 (0 - 6,7)	nd	nd	nd	nd
	Dibenzo(a,h)anthracène	nd	nd	nd	8,1 (0 - 19)	nd	nd
	Benzo(g,h,i)pérylène	nd	nd	nd	13 (0 - 25)	nd	nd
	Indéno(1,2,3,c-d)pyrène	nd	7,3 (0 - 22)	nd	nd	nd	nd
COV ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Trichloroéthylène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Tétrachloroéthylène	nd	nd	nd	23 (0 - 56)	5,3 (0 - 16)	nd
	Trichlorométhane	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	CCl4	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzène	nd	nd	nd	nd	nd	5,9 (3,2 - 8,7)
	Chlorure de vinyle	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1,2-dichloroéthane	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Naphtalène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Toluène	13 (11 - 16)	2 (0 - 5,9)	13 (7,7 - 17)	510 (9,4 - 920)	10 (5,7 - 17)	176 (61 - 291)
	Ethylbenzène	8,2 (0 - 17)	nd	2 (0 - 5,9)	2,2 (0 - 6,5)	2,5 (0 - 7,4)	38 (5,1 - 71)
	mp, xylènes	48 (0 - 110)	1,6 (0 - 4,9)	4,9 (0 - 7,7)	7,8 (0 - 16)	6,4 (4,5 - 7,6)	157 (18 - 296)
	o, xylène	38 (0 - 90)	nd	2 (0 - 5,9)	5,6 (0 - 9,2)	nd	73 (6,9 - 140)
	Styrène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1,4 dichlorobenzène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1,1-dichloroéthylène	nd	nd	nd	1,5 (0 - 4,5)	nd	nd
	Dichlorométhane	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hexachlorobutadiène	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
COV (composés identifiés par screening)	octane	14 (0 - 36)	nd	nd	2,7 (0 - 8)	nd	21 (14 - 29)
	nonane	173 (0 - 400)	nd	17 (0 - 52)	12 (0 - 37)	4,6 (0 - 9,1)	66 (38 - 93)
	décane	342 (47 - 720)	nd	37 (0 - 100)	22 (0 - 65)	12 (0 - 20)	135 (63,1 - 207,8)
	124 TMB	125 (0 - 290)	nd	4,3 (0 - 7,2)	9,3 (0 - 28)	3,1 (0 - 6,3)	151 (12 - 291)

Avis de l'Anses
Saisine n° « 2010 –SA-0196 »

		collecte	nettoyage HP engin	nettoyage HP dégrilleur	curage bassin	curage avec engin	curage HP
(µg.m ⁻³)	undécane	115 (0 - 280)	0,7 (0 - 2,2)	16 (0 - 38)	23 (3,7 - 58)	17 (11 - 23)	120 (22 - 218)
	dodécane	12 (0 - 35)	nd	12 (6,4 - 19)	12 (0 - 37)	7,8 (6,8 - 8,4)	83 (0 - 166)
	D-limonène	10 (0 - 31)	nd	nd	8,7 (0 - 17)	2,5 (0 - 7,48)	5,9 (0 - 12)
	butanone	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	cis 1,2-dichloroéthane	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	méthylcyclohexane	nd	nd	nd	2 (0 - 6)	nd	9,1 (7,7 - 11)
	alphapinène	nd	nd	nd	1,7 (0 - 5)	nd	nd
	1,1,1-trichloroéthane	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Hexane	nd	nd	nd	nd	nd	5,4 (0 - 11)
	Acétate d'éthyle	nd	nd	nd	nd	nd	6,4 (0 - 13)
	Heptane	nd	nd	nd	nd	nd	10 (0 - 20)
actétate de butyle	nd	nd	nd	nd	nd	8,7 (0 - 17)	

Nd = non détecté

Pour les calculs de la moyenne, les valeurs ≤ LD ont été prises comme égale à 0, et la valeur de la LQ a été prise en compte pour les résultats ≤ LQ.

Facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers

Saisine « n° 2010-SA-0196 »

RAPPORT d'expertise collective

**CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens »
CES « Eaux »
Groupe de travail « Surmortalité des égoutiers »**

Décembre 2015

Mots clés

Égout, Égoutiers, Mortalité, Épidémiologie, Exposition professionnelle, Facteurs risque, Conditions de travail

Sewer, Sewage workers, Mortality, Epidemiology, Occupational exposure, Risk factors, Working condition

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts externes, 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

Mme Catherine CHUBILLEAU – Praticien hospitalier / Docteur en pharmacie, docteurs sciences – Centre hospitalier de Niort – Épidémiologie, évaluation de risques sanitaires, microbiologie de l'eau.

Membres

Mme Eve BOURGKARD – Responsable d'études épidémiologiques – INRS- Santé travail, risques professionnels, épidémiologie, risques chimiques

M. Luc FERRARI – Maître de Conférences - Nancy Universités - Faculté de Pharmacie Fonction habituelle - Pharmacien toxicologue

M. Ronan GARLANTEZEC – Professeur de l'EHESP/ médecin spécialiste en santé publique. Docteur en épidémiologie

M. Stéphane GARNAUD – Responsable technique eau et assainissement / Docteur en sciences – Mairie de Saint-Maur-des-Fossès – Assainissement, réutilisation d'eaux alternatives

Mme Agnès JEANJEAN - Enseignant chercheur - Université de Nice Sophia Antipolis Sociologie du travail - Ethnologie

Mme Laurence MARESCAUX – Médecin inspecteur régional du travail - Direccte Bretagne Médecin du travail

Mme Anne OPPLIGER – Chef de projets (Institut universitaire romand de santé au travail) – Spécialités : Santé travail, bioaérosols

M. Fabien SQUINAZI – Directeur du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris retraité - Microbiologie, atmosphères, pollution atmosphérique, hygiène, environnement intérieur

Mme Michèle TREMBLAY – MD conseil en santé au travail et en maladies infectieuses / MD spécialiste en santé communautaire – Direction de santé publique de Montréal / Institut de santé publique du Québec – Santé travail, microbiologie de l'eau.

RELECTEURS

Mme Véronique BOUVARD –Spécialiste scientifique / Docteur en sciences – CIRC / OMS, Lyon – Toxicologie (cancérogénèse), microbiologie et virologie.

Mme Colette LE BÂCLE – Conseiller médical en santé au travail, pilote de la thématique risques biologiques / médecin du travail – INRS, Paris – Santé travail, microbiologie de l'eau.

Mme Marie-Pierre SAUVANT ROCHAT – Chef de service / Professeur de santé publique – Université d'Auvergne / Faculté de pharmacie, Clermont-Ferrand – Santé publique, épidémiologie, évaluation de risques sanitaires.

COMITE D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

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

- CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens »

Président

M. Christophe PARIS – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Lorraine EA7298 INGRES, – Centre hospitalier universitaire de Nancy). Spécialités : épidémiologie des risques professionnels, pathologies professionnelles.

Vice-présidente

Mme Séverine KIRCHNER – Directrice adjointe de la Direction santé confort (Centre scientifique et technique du bâtiment), coordinatrice de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur – Spécialités : chimie et pollution de l'atmosphère, air intérieur, expologie.

M. Gille AYZOZ – Chef de service qualité de l'air (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) - Spécialités : physico-chimie de l'atmosphère, rejets atmosphériques.

Mme Armelle BAEZA – Professeur des universités (Université Paris Diderot) – Spécialité : toxicologie.

M. Claude BEAUBESTRE – Chef de département (Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris) - Spécialités : pollution de l'air intérieur, microbiologie.

M. Olivier BLANCHARD – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique) – Spécialités : évaluation des risques sanitaires, pollution atmosphérique, qualité de l'air intérieur.

Mme Nathalie BONVALLOT – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique) – Spécialités : toxicologie, évaluation des risques sanitaires.

M. Patrick BROCHARD – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université Bordeaux II – Centre hospitalier universitaire de Bordeaux) – Spécialités : médecine du travail, évaluation des risques sanitaires, agents polluants.

M. Denis CHARPIN – Professeur des universités, praticien hospitalier (Aix Marseille Université) – Spécialités : médecine, agents polluants et allergènes, épidémiologie des risques liés à l'environnement.

M. Jean-Dominique DEWITTE - Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Brest) – Spécialités : Santé travail, pneumologie.

Mme Emilie FREALLE – Praticien hospitalier (Centre hospitalier régional universitaire de Lille) – Spécialités : Ecologie microbienne de l'air, microbiologie analytique, évaluation et prévention du risque microbiologique, surveillance de l'environnement intérieur.

M. Philippe GLORENEC – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique – Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail, UMR Inserm 1085) – Spécialités : expologie, évaluation des risques sanitaires.

Mme Muriel ISMERT – Responsable unité impact sanitaire et exposition (Institut national de l'environnement industriel et des risques) – Spécialités : écotoxicologie, évaluation des risques sanitaires, qualité de l'air intérieur (Démission le 26 novembre 2014).

M. Eddy LANGLOIS – Ingénieur, responsable de laboratoire (Institut national de recherche et de sécurité) – Spécialités : métrologie des polluants, air des lieux de travail (santé travail), surveillance et méthodes d'analyse.

Mme Danièle LUCE – Directrice de recherche (Institut national de la santé et de la recherche médicale) – Spécialités : Epidémiologie, santé travail.

Mme Christelle MONTEIL – Enseignant-chercheur (Université de Rouen) – Spécialités : toxicologie.

Mme Anne OPPLIGER – Chef de projets (Institut universitaire romand de santé au travail) – Spécialités : Santé travail, bioaérosols.

M. Loïc PAILLAT – Ingénieur, responsable technique (Laboratoire central de la préfecture de police) – Spécialités : métrologie des polluants, air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail.

Mme Mathilde PASCAL – Chargée de projets (Institut de veille sanitaire) – Spécialités : épidémiologie, santé environnement, air et climat.

M. Emmanuel RIVIERE – Directeur adjoint (Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace) – Spécialités : Méthode d'analyse et de surveillance, modélisation des émissions, évaluation de l'exposition.

Mme Sandrine ROUSSEL – Ingénieur hospitalier (Centre hospitalier régional universitaire de Besançon) – Spécialités : microbiologie, pathologies respiratoires et allergiques, microorganisme de l'environnement.

M. Rémy SLAMA – Directeur de recherche (Institut national de la santé et de la recherche médicale) – Epidémiologie environnementale, reproduction et fertilité, santé des enfants, milieux aériens et environnement, perturbateurs endocriniens

■ CES « Eaux »

Président

M. Yves LÉVI – Professeur des universités – Université Paris 11 Sud – Santé publique, chimie de l'eau (émergents), évaluation de risques sanitaires, écologie microbienne.

Membres

Mme Claire ALBASI – Directrice de recherche / Docteur ingénieur – UMR 5503, Laboratoire de génie chimique (LGC), CNRS-INPT-UPS, Toulouse – Produits et procédés de traitement de l'eau (membranes), assainissement, chimie de l'eau, réutilisation d'eaux alternatives.

Mme Sophie AYRAULT – Chef d'équipe / Docteurhabilité à diriger des recherches – CEA, Gif-sur-Yvette – Géochimie, chimie de l'eau (chimie minérale).

M. Jean BARON – Responsable du département recherche et développement / Docteur en sciences - Eau de Paris - Matériaux au contact de l'eau (MCDE), produits et procédés de traitement de l'eau (filières de traitement), chimie de l'eau.

M. Jean-Luc BOUDENNE – Chef d'équipe développements métrologiques et chimie des milieux / Professeur d'université – Université Aix-Marseille – Produits et procédés de traitement de l'eau (UV, résines), chimie de l'eau.

Mme Véronique BOUVARD – Spécialiste scientifique / Docteur en sciences – CIRC / OMS, Lyon – Toxicologie (cancérogénèse), microbiologie et virologie.

Mme Corinne CABASSUD – Responsable d'axe de recherche / Professeure des universités – INSA, Toulouse – Produits et procédés de traitement de l'eau (membranes), chimie de l'eau.

M. Jean CARRÉ – Enseignant chercheur / Professeur – EHESP, Rennes – Hydrogéologie et ressources en eau (périmètres de protection des captages et expérience terrain).

Mme Catherine CHUBILLEAU – Praticien hospitalier / Docteur en pharmacie, docteurs sciences – Centre hospitalier de Niort – Épidémiologie, évaluation de risques sanitaires, microbiologie de l'eau.

M. Olivier CORREC – Ingénieur de recherche / Docteur en sciences – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) – MCDE (réseaux intérieurs).

M. Christophe DAGOT – Directeur adjoint / Professeur – ENSIL, Limoges – Assainissement, réutilisation d'eaux alternatives.

Mme Isabelle DUBLINEAU – Chargée de mission auprès du directeur de la radioprotection de l'homme / Docteurhabilité à diriger des recherches – IRSN, Fontenay-aux-Roses – Toxicologie (faibles doses), épidémiologie.

Mme Sylvie DUBROU – Directeur de laboratoire / Pharmacienne – Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP) – Microbiologie de l'eau (bactériologie, analyses).

M. Robert DURAN – Responsable d'équipe / Professeur des universités – Université de Pau et des Pays de l'Adour – Écotoxicologie, biodégradation et biotransformation.

M. Stéphane GARNAUD – Responsable technique eau et assainissement / Docteur en sciences – Mairie de Saint-Maur-des-Fossés – Assainissement, réutilisation d'eaux alternatives.

M. Jean-François HUMBERT – Directeur de recherche / Docteurhabilité à diriger des recherches – UMR BIOENCO, INRA, Paris – Microbiologie de l'eau (cyanobactéries), écologie microbienne.

M. Michel JOYEUX – Directeur recherche développement et qualité de l'eau / Docteur en médecine, docteur en sciences – Eau de Paris – Toxicologie, évaluation de risques sanitaires, santé publique.

Mme Colette LE BÂCLE – Conseiller médical en santé au travail, pilote de la thématique risques biologiques / médecin du travail – INRS, Paris – Santé travail, microbiologie de l'eau.

M. Benjamin LOPEZ – Chef de projet / Docteur en sciences – BRGM, Orléans – Hydrogéologie et ressources en eau (modélisation).

M. Jacques-Noël MUDRY – Professeur d'hydrogéologie – Université de Franche Comté, Besançon – Hydrogéologie et ressources en eaux (périmètres de protection des captages et expérience terrain).

M. Daniel PERDIZ – Maître de conférences / Pharmacien toxicologue – Université Paris 11 Sud – Toxicologie (génétoxicité et perturbateurs endocriniens dans l'eau), évaluation de risques sanitaires.

Mme Fabienne PETIT – Enseignant chercheur / Professeur des universités – Université de Rouen / UMR CNRS M2C – Écologie microbienne.

M. Mohamed SARAKHA – Professeur des universités – Université Blaise Pascal, Institut de chimie de Clermont-Ferrand – Produits et procédés de traitement de l'eau (photochimie, oxydation avancée), chimie de l'eau (chimie réactionnelle).

Mme Marie-Pierre SAUVANT ROCHAT – Chef de service / Professeur de santé publique – Université d'Auvergne / Faculté de pharmacie, Clermont-Ferrand – Santé publique, épidémiologie, évaluation de risques sanitaires.

Mme Michèle TREMBLAY – MD conseil en santé au travail et en maladies infectieuses / MD spécialiste en santé communautaire – Direction de santé publique de Montréal / Institut de santé publique du Québec – Santé travail, microbiologie de l'eau.

Mme Michèle VIALETTE – Chef de service / Docteurhabilité à diriger des recherches - Institut Pasteur de Lille – Microbiologie de l'eau (bactéries et virus hautement pathogènes).

Mme Bénédicte WELTÉ – Directrice adjointe de recherche du développement et de la qualité de l'eau / Docteur en sciences – Eau de Paris – Produits et procédés de traitement de l'eau (tous procédés, filières de traitement), chimie de l'eau.

PARTICIPATION ANSES

Contribution et coordination scientifique

Mme Amandine PAILLAT – Unité d'évaluation des risques liés à l'air

Mme Nathalie DUCLOVEL-PAME – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau

Contribution scientifique

Mme Emmanuelle DURAND – Unité d'évaluation des risques liés à l'air

Mme Marie TEYSSANDIER – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau

Secrétariat administratif

Mme Sophia SADDOKI

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Communauté urbaine de Lyon

Mme Claire GIBELLOT, responsable de l'exploitation assainissement du Grand Lyon

Mme Céline THABUIS - chargée de sécurité environnement

Conseil général de Seine Saint Denis (93)

Mme Carine ETIENNE - responsable du pôle Qualité Sécurité Environnement

Mme Ludivine FAVIEZ - Chargée de mission Hygiène et Sécurité

Conseil général du Val de Marne (94)

Mme Sophie GIACOMAZZI – Directrice des services de l'environnement et de l'assainissement

Communauté urbaine de Nantes

M. Bertrand RIOCHET – Directeur adjoint de la direction des opérateurs publics de l'eau et de l'assainissement (DOPEA) en charge du pôle assainissement

Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E)

M. Frédéric GOETZ – Président de la commission sécurité au travail

M. Jean-Michel LIGNEREUX – membre de la Commission Prévention Santé et Sécurité

Mme Elise LECORNET – Représentante de la fédération

Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne

M. Patrick FAUVET – Directeur des réseaux

M. Jean-Marc PICARD – Directeur santé et environnement

M. Laurent IZOARD – Mission hygiène et sécurité

Ville de Paris

Mme Nathalie BERGIER – Chef du bureau sécurité, santé, vie au travail

M. Vincent GAY – Medecin du travail en charge du suivi des égoutiers

Mme Florence GRAND – Conseillère en prévention

Mme Isabelle GUILLOTIN DE CORSON – Chef de la division administrative et financière

M. Marc LAEUFFER – Coordinateur sécurité, protection de la santé

Mme Annick MESNARD ROBBE – Chef du BRH

M. Denis PENOUEL – Chef du service technique de l'eau et de l'assainissement

M. Gaël PIERROT – Adjoint au chef de la section de l'assainissement de Paris

Personnalités indépendantes

M. Claude DANGLOT - Médecin biologiste, microbiologiste (retraité)

M. Gilles LEFEU – Adjoint au chef de la subdivision curage collecteurs et atelier de la section de l'assainissement de Paris

M. Aziz TIBERGUE – Ancien médecin du travail en charge du suivi des égoutiers lors de la réalisation de l'étude épidémiologique de l'INRS

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)

Mme Eve KARLSKIND - Responsable du Service Exploitation-Maintenance - Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement - Conseil général du Val de Marne (94) – mandatée pour la relecture critique du questionnaire établi par le groupe de travail en vue d'obtenir des informations concernant les réseaux de collecte visitables.

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	14
Liste des tableaux	16
Liste des figures	19
Glossaire	20
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine	22
1.1 Contexte	22
1.2 Objet de la saisine	22
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre (Anses, CES, GT, rapporteur(s)) et organisation	23
2 Démarche scientifique suivie	25
2.1 Premières pistes méthodologiques investiguées	25
2.1.1 Étude cas témoin nichée	25
2.1.1.1 Intérêts et limites	25
2.1.1.2 Conclusion	26
2.1.2 Recherche des facteurs de risques à partir des cancers professionnels	26
2.1.3 Pertinence et faisabilité de mener une Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)	26
2.2 Méthodologie adoptée	27
2.2.1 Conduite d'audition et diffusion d'un questionnaire	28
2.2.2 Revue de la littérature	29
2.2.3 Consultation des bases de données d'exposition professionnelle	29
2.2.4 Réalisation d'une campagne de mesures exploratoires	29
3 Description des égouts, des égoutiers et du travail en égouts	32
3.1 Description des égouts en France	32
3.1.1 Informations issues de la littérature et des bases de données	32
3.1.2 Informations issues des questionnaires et des auditions	33
3.2 Description de la population d'étude	34
3.2.1 Définition de la population d'étude	34
3.2.2 Données issues des questionnaires et auditions	35
3.3 Description des tâches effectuées / évolution du travail en égout	35
3.3.1 Organisation du travail	36
3.3.2 Entretien et exploitation du réseau	37
3.3.2.1 Cheminement	37
3.3.2.2 Curage	37
3.3.2.2.1 Curage des petites lignes ou des collecteurs primaires	37
3.3.2.2.2 Curage des collecteurs secondaires et principaux	38
3.3.2.2.3 Curage des bassins de dessablement	39
3.3.2.2.4 Permanence des égouts	39
3.3.2.2.5 Curage des émissaires	39
3.3.3 Maintenance des équipements du réseau d'assainissement	40
3.3.4 Lutte contre les pollutions	40
3.3.5 Activités secondaires	40

4	Principales dispositions réglementaires en matière de santé/sécurité	41
5	Sinistralité connue du métier d'égoutier.....	45
5.1	Identification des situations dangereuses chez les égoutiers.....	45
5.2	Pathologies professionnelles connues et accidents	47
5.2.1	Tableaux des maladies professionnelles.....	47
5.2.2	Sinistralité	48
5.2.3	Bases de données santé travail.....	50
5.2.3.1	Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (RNV3P)	50
5.2.3.2	Expro	52
5.2.3.3	Cosmop	52
5.2.3.4	Dispositifs de surveillances de la santé au travail MCP et Samotrace.....	52
5.2.4	Bilans médicaux.....	54
5.3	Perception des enjeux et des pratiques de sécurité.....	55
6	Mesures de prévention et moyens de protection	57
7	Dimensions symbolique et culturelle : approche ethnologique	59
7.1	Invisibilité des égoutiers, rareté des études.....	59
7.2	Difficultés à identifier ce que l'on entend par « égoutier ».....	60
7.3	Sociologie	60
7.4	Evolution des techniques	61
7.5	Travail réel / travail prescrit.....	61
7.6	Transmission, savoir-faire.....	62
7.7	Identité professionnelle, risques et santé.....	62
7.8	Un milieu complexe et méconnu.....	64
7.9	Souffrance psychique	65
7.10	Activités secondaires.....	65
8	Exposition des égoutiers aux agents chimiques et biologiques.....	67
8.1	Schéma conceptuel d'exposition.....	67
8.1.1	Origines des sources de pollution.....	67
8.1.2	Médias d'exposition et transfert des polluants.....	68
8.1.3	Voies d'expositions des égoutiers	69
8.2	Revue de la littérature scientifique	70
8.2.1	Agents chimiques	70
8.2.1.1	Agents chimiques dans l'eau	70
8.2.1.2	Agents chimiques dans l'air	73
8.2.1.1	Amiante dans l'air	79
8.2.2	Agents biologiques	81
8.2.2.1	Agents biologiques dans l'eau	81
8.2.2.1.1	<i>Bactéries</i>	81
8.2.2.1.2	<i>Virus</i>	82
8.2.2.1.3	<i>Parasites</i>	83
8.2.2.1.4	<i>Toxines</i>	85
8.2.2.1.5	<i>Agents transmissibles non conventionnels (ATNC)</i>	85
8.2.2.2	Agents biologiques dans l'air	86

8.3	Campagnes de mesures exploratoires initiées par l'Anses	92
8.3.1	Campagne de mesure de polluants chimiques	92
8.3.1.1	Description générale.....	92
8.3.1.1	Déroulement de la campagne de mesure.....	95
8.3.1.2	Résultats.....	96
8.3.1.2.1	Mesures de concentration en particules et métaux.....	96
8.3.1.2.2	Mesures de concentration en NO ₂	100
8.3.1.2.3	Mesures de concentrations en HAP.....	102
8.3.1.2.4	Mesures de concentrations en COV.....	103
8.3.1.2.5	Mesures de concentration en H ₂ S.....	107
8.3.1.2.6	Mesures de concentration en NH ₃	107
8.3.1.2.7	Mesures de concentration en CO.....	108
8.3.1.3	Mise en perspective.....	108
8.3.1.4	Conclusion.....	111
8.3.2	Campagne de mesures de polluants microbiologiques.....	111
9	Etudes épidémiologiques menées parmi le personnel des égoutiers de la Ville de Paris	113
9.1	Contexte	113
9.2	Etude de morbidité	113
9.2.1	Objectif.....	113
9.2.2	Méthode.....	113
9.2.3	Principaux résultats	113
9.3	Etude initiale de mortalité	115
9.3.1	Objectif.....	115
9.3.2	Méthode.....	115
9.3.3	Principaux résultats	115
9.4	Etude de mortalité complémentaire	118
9.4.1	Objectif.....	118
9.4.2	Méthode.....	118
9.4.3	Principaux résultats	118
9.5	Points de discussion soulevés par les auteurs	119
9.6	Analyse critique par les membres du GT	120
10	Effets sanitaires observés chez les égoutiers.....	122
10.1	Symptômes et atteintes fonctionnelles	122
10.1.1	Présentation générale des études disponibles	122
10.1.2	Synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers.....	123
10.1.3	Synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les travailleurs de STEU .	125
10.1.3.1	Etude de la prévalence de symptômes digestifs chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	125
10.1.3.2	Etude de la prévalence de symptômes respiratoires chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	127
10.1.3.3	Etude de la prévalence de symptômes ORL et troubles de l'olfaction et du goût.....	129
10.1.3.4	Etude de la prévalence des symptômes généraux et neurologiques chez les travailleurs exposés aux eaux usées	130
10.1.3.5	Etude de la prévalence d'autres symptômes chez les travailleurs exposés aux eaux usées	132
10.2	Marqueurs biologiques de dysfonctionnement de certaines fonctions	134
10.2.1	Marqueurs biologiques d'inflammation.....	134
10.2.2	Marqueurs biologiques d'atteinte hépatique	138
10.2.3	Marqueurs biologiques d'atteinte pulmonaire	139
10.2.4	Marqueurs biologiques d'exposition à des agents génotoxiques ou mutagènes	141

10.3 Mortalité et morbidité par cancers	144
10.4 Mortalité par autres causes	148
10.5 Morbidité et mortalité des maladies infectieuses et des endotoxines	155
10.5.1 Maladies virales.....	155
10.5.1.1 Hépatite A.....	155
10.5.1.2 Hépatite B.....	156
10.5.1.3 Hépatite C.....	157
10.5.1.4 Hépatite E.....	157
10.5.1.5 Infection par des virus entériques.....	158
10.5.1.1 Infection par adénovirus et parainfluenzae.....	159
10.5.1.2 Virus de l'immunodéficience humaine.....	159
10.5.2 Infections bactériennes.....	159
10.5.2.1 Tuberculose.....	159
10.5.2.2 Légionellose.....	160
10.5.2.3 Leptospirose.....	160
10.5.2.4 Infection par <i>Helicobacter pylori</i>	161
10.5.2.5 Maladie de Whipple.....	161
10.5.2.6 Autres infections bactériennes.....	161
10.5.3 Infections parasitaires.....	162
10.5.3.1 Giardiase et amibiase.....	162
10.5.3.2 Ascarirose.....	162
10.5.4 Effets sanitaires des toxines.....	163
10.5.4.1 Endotoxines.....	163
10.6 Troubles musculo-squelettiques	165
10.7 Risques psychosociaux	165
11 Constats et discussion d'hypothèses	167
11.1 Rappel des principales observations et données remarquables	167
11.1.1 Définition de la population d'étude et difficultés rencontrées.....	167
11.1.2 Données d'exposition aux agents chimiques et microbiologiques.....	168
11.1.3 Effets sanitaires.....	169
11.1.3.1 Morbidité.....	170
11.1.3.1 Morbidité par pathologies infectieuses.....	170
11.1.3.1 Marqueurs biologiques de dysfonctionnement de certaines fonctions.....	171
11.1.3.2 Mortalité par cancer.....	171
11.1.3.3 Mortalité par autres causes.....	172
11.1.3.4 Risques psycho-sociaux.....	173
11.2 Discussion d'hypothèses développées par le GT sur les facteurs de risques susceptibles d'expliquer les effets sanitaires observés (morbidité/mortalité)	173
11.2.1 Exposition à des agents chimiques.....	174
11.2.1.1 Exposition au sulfure d'hydrogène (H ₂ S).....	174
11.2.1.2 Exposition à des agents chimiques CMR (cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques) et/ou dangereux pour la santé.....	175
11.2.1.1 Exposition à l'amiante.....	175
11.2.2 Exposition à des agents biologiques.....	176
11.2.3 Facteurs de risques psychosociaux.....	177
11.2.4 Environnement de travail.....	177
11.2.5 Conditions de travail dans les égouts.....	178
11.2.5.1 Mesures de prévention / moyens de protection.....	178
11.2.5.2 Durée de travail dans les égouts.....	178
11.2.5.3 Tâches effectuées dans les égouts.....	178
11.2.6 facteurs de risque individuels.....	178

12	Conclusion.....	180
13	Recommandations	183
14	Bibliographie.....	187
14.1	Publications	187
14.2	Normes	199
14.3	Législation et réglementation.....	199
	ANNEXES.....	202
	Annexe 1: Lettre de saisine.....	203
	Annexe 2 : Trame du questionnaire adressé aux services en charges de l'assainissement des collectivités de plus de 100000 habitants	205
	Annexe 3 : Intérêts et limites d'une évaluation quantitative des risques sanitaires liés à l'exposition des égoutiers à des agents chimiques et/ou microbiologiques	215
	Annexe 4 : Données issues des auditions et du questionnaire	221
	Annexe 5: Données du réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (rnv3p).....	226
	Annexe 6: Composition chimique des eaux usées	231
	Annexe 7: Résultats de la campagne de mesure de polluants chimiques dans l'air des égouts parisiens	238
	Annexe 8 : Indices statistiques : Définition et interprétation.....	255
	Annexe 9 : Résultats de l'étude de morbidité chez les égoutiers de la Ville de Paris	257
	Annexe 12 : Résultats de la deuxième étude de mortalité chez les égoutiers de la Ville de Paris.....	273
	Annexe 13 : Données détaillées des causes de décès de la 2^{ème} étude de mortalité chez les égoutiers de la Ville de Paris.....	275
	Annexe 14 : Synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers et les travailleurs de STEU	281
	Annexe 15 : synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les travailleurs de STEU recensées dans la littérature	292
	Annexe 16 : Profil toxicologique de l'H₂S	299
	Annexe 17: Données générales sur les bactéries, virus, protistes et helminthes ayant infecté des travailleurs des eaux usées	318
	Annexe 18: Discussion sur la possibilité de souffrir de multiples hépatites E, sources de cancer hépatique.....	325

Sigles et abréviations

Amperes : Analyse des micropolluants prioritaires et émergents dans les eaux de surface

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ASN : Autorité de sûreté nucléaire

AT : Arrêt de Travail

ATNC : Agent transmissible non conventionnel

CES : Comité d'experts spécialisés

CIM : Classification Internationale des Maladies

CLP : Classification, Labelling, Packaging

CNRACL : Caisse nationale des retraites des agents des collectivités locales

COV : Composé organique volatil

CRAMIF : Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile de France

CRD : Convention de recherche et développement

CVF : Capacité Vitale Forcée

DCE : Directive cadre sur l'eau

DERU : Directive des eaux résiduaires urbaines

DOPEA : Direction des opérateurs publics de l'eau et de l'assainissement

DROM-COM : Départements et régions d'outre-mer – Collectivités d'outre-mer

EDCH : Eaux destinées à la consommation humaine

EFR : Exploration fonctionnelle respiratoire

EQRS : Evaluation quantitative des risques sanitaires

FDR : Facteur de risque

FP2E : Fédération professionnelle des entreprises de l'eau

GT : Groupe de travail

H₂S : Hydrogène sulfuré

HAP : Hydrocarbure aromatique polycyclique

HTA : Hypertension artérielle

IC : Intervalle de confiance

IC95% : Intervalle de confiance à 95%

IFEN : Institut français de l'environnement

INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

LCPP : Laboratoire central de la Préfecture de Police

LEPI : Laboratoire d'étude des particules inhalées

LHVP : Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris

MP : Maladies professionnelles

OR : Odds Ratio (Rapport de côtes)

ORL : oto-rhino-laryngologie

PBDE : Polybromodiphényléthers

PCR : Polymerase chain reaction

PDF : produits de dégradation de la fibrine ou du fibrinogène

REACH: Registration, evaluation, authorization and restriction of chemicals

RNV3P: Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles

RR : Risque relatif

SAP: Section de l'assainissement de Paris

SIAAP: Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne

SISPEA : Système d'information des services publics d'eau et d'assainissement

SMR : Standardized Mortality Ratio (Ratio standardisé de mortalité)

STEA : Service technique de l'eau et de l'assainissement

STEU : Station de traitement des eaux usées

VEMS : Volume expiratoire maximal par seconde

VLCT : Valeur limite de courte durée

VLEP : Valeur limite d'exposition professionnelle

VTR : Valeur toxicologique de référence

Liste des tableaux

Tableau 1 : Démarche scientifique suivie.....	28
Tableau 2 : Exemples de tableaux de maladies professionnelles pouvant concerner les activités des égoutiers	48
Tableau 3 : Répartition des accidents du travail suivant le risque à l'origine de l'accident, NAF 3700Z « collecte et traitement des eaux usées » (source Assurance Maladie Risques Professionnels 2014) .	49
Tableau 4 : Maladies professionnelles, NAF 3700Z « collecte et traitement des eaux usées » (source Assurance Maladie Risques Professionnels 2014)	50
Tableau 5 : Etat de santé des effectifs du personnel travaillant en égouts suivi dans le cadre de la Surveillance Médicale Renforcée sur la période 2008-2010	54
Tableau 6 : Plaintes et symptômes du personnel travaillant en égouts suivi dans le cadre de la Surveillance Médicale Renforcée sur la période 2008-2010.....	55
Tableau 7 : Mesures de prévention, consignes de sécurité et moyens de protection en 1984 et en 2011 (Veanjean, 1984, Ville de Paris, 2011)	58
Tableau 8 : Résultats des mesures de concentrations en COV dans l'air des égouts	75
Tableau 9 : Concentrations moyennes (min - max) en HAP mesurées dans différents environnements, dont l'air des égouts (ng.m^{-3}) (Al Zabadi <i>et al.</i> 2011).....	77
Tableau 10 : Résultats de l'étude d'exposition amiante.....	80
Tableau 11 :Liste non exhaustive de bactéries potentiellement pathogènes pouvant être présentes dans les eaux usées brutes (Anses 2012).....	82
Tableau 12 : Liste non exhaustive de virus potentiellement pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées brutes (Anses 2012).....	83
Tableau 13 : Liste non exhaustive de protozoaires et d'helminthes potentiellement pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées brutes (Anses 2012).....	84
Tableau 14 : Liste non exhaustive de champignons/moisissures potentiellement pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées brutes (Anses 2012).....	85
Tableau 15 : Concentrations en endotoxines mesurées dans l'air du réseau d'assainissement d'une des 10 villesfrançaises les plus peuplées (Duquenne <i>et al.</i> 2014)	87
Tableau 16 : Identification des bactéries et moisissures présentes dans l'air des égouts parisiens (INRS 2004).....	89
Tableau 17 : Résultats des mesures de bactéries et endotoxines dans l'air des égouts lors d'opérations de purge et vidange au niveau de rejets d'installations de production de vapeur (LHVP 2010a).....	91
Tableau 18 : Caractéristiques des méthodes de mesures mises en oeuvre	94
Tableau 19 : Dates et lieux des mesures réalisées	95
Tableau 20 : Concentrations en PM10, PM2,5 et métaux pour les différentes tâches ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	96
Tableau 21 : Concentrations moyennes en PM10, PM2,5 et métaux ($\mu\text{g.m}^{-3}$).....	97
Tableau 22 : Comparaison des concentrations moyennes (min et max) en HAP avec les concentrations retrouvées dans l'étude de Al Zabadi <i>et al.</i> 2011	103
Tableau 23 : Comparaison des concentrations moyennes en certains COV avec les concentrations retrouvées dans l'étude de Al Zabadi <i>et al.</i> 2011	105
Tableau 24 : Mise en perspective des concentrations en polluant quantifiés avec les VLEP-8h existantes.	110
Tableau 25 : Mise en persepective des concentrations en HAP quantifiés avec des VTR	111
Tableau 26 :Couverture vaccinale déclarée (en % de l'effectif) (Extrait de INRS 2004)	114
Tableau 27 : SMR par statut actif/non actif et motif de départ pour certaines causes (source INRS 2004 et Wild <i>et al.</i> 2006).....	117
Tableau 28 : SMR par durée d'emploi après exclusion des sujets sortis pour démissions et licenciement pour certaines causes (source INRS 2004 et Wild <i>et al.</i> 2006).....	118
Tableau 29 : Résumé des études de prévalence des symptômes digestifs chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	126

Tableau 30 : Résumé des études de prévalence des symptômes respiratoires chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	128
Tableau 31 : Résumé des études de prévalence des symptômes ORL chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	129
Tableau 32 : Résumé des études de prévalence de symptômes généraux et neurologiques chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	131
Tableau 33 : symptômes d'irritation chez les travailleurs exposés aux eaux usées.....	132
Tableau 34 : Synthèse des 4 études ayant analysé des marqueurs d'inflammation.....	137
Tableau 35 : Synthèse des études ayant analysé des marqueurs d'atteinte hépatique.....	139
Tableau 36 : Principaux résultats rapportés par les études de mortalité et d'incidence des cancers	150
Tableau 37 : Principaux résultats rapportés par les études de mortalité pour les maladies non malignes et les morts violentes.....	152
Tableau 38 : objectifs, intérêts et limites d'une EQRS	216
Tableau 39 : Concentrations en métaux dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en µg/L).....	231
Tableau 40 : Concentrations en HAP dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie.....	231
Tableau 41 : Concentrations en pesticides dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie	232
Tableau 42 : Concentrations en COV dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie	232
Tableau 43 : Concentrations en composés organoétains dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en ng.L ⁻¹)	233
Tableau 44 : Concentrations en alkylphénols dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie	233
Tableau 45 : Concentrations en phtalates dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie	233
Tableau 46 : Niveaux de concentrations des substances recherchées dans l'eau dans le projet AMPERES (d'après Martin Ruel <i>et al.</i> , 2011)	234
Tableau 47 : Concentrations en métaux dans les eaux usées en entrée de 30 STEU en Angleterre (valeurs en µg/L).....	236
Tableau 48 : Concentrations en HAP dans les eaux usées en entrée de 30 STEU en Angleterre	236
Tableau 49 : Concentrations en COV dans les eaux usées en entrée de 30 STEU en Angleterre.....	237
Tableau 50 : Concentrations en autres composés organiques en entrée de 30 STEU en Angleterre (valeurs en µg/L).....	237
Tableau 51 : résultats tâche collecte d'information – 1 ^{ère} série de mesures.....	238
Tableau 52 : résultats tâche collecte d'information – 2 ^{ème} série de mesures.....	239
Tableau 53 : résultats tâche collecte d'information – 3 ^{ème} série de mesures.....	239
Tableau 54 : résultats tâche nettoyage à haute pression des dégrilleurs– 1 ^{ère} série de mesures.....	240
Tableau 55 : résultats tâche nettoyage à haute pression des dégrilleurs– 2 ^{ème} série de mesures	241
Tableau 56 : résultats tâche nettoyage à haute pression des dégrilleurs– 3 ^{ème} série de mesures	242
Tableau 57 : résultats tâche curage avec engin – 1 ^{ère} série de mesures (wagon vanne)	243
Tableau 58 : résultats tâche curage avec engin – 2 ^{ème} série de mesures (bateau vanne).....	244
Tableau 59 : résultats tâche curage avec engin – 3 ^{ème} série de mesures (bateau vanne).....	245
Tableau 60 : résultats tâche nettoyage à haute pression des engins – 1 ^{ère} série de mesures.....	246
Tableau 61 : résultats tâche nettoyage à haute pression des engins – 2 ^{ème} série de mesures	247
Tableau 62 : résultats tâche nettoyage à haute pression des engins – 3 ^{ème} série de mesures	248
Tableau 63 : résultats tâche curage de bassin de dessablement – 1 ^{ère} série de mesures.....	249
Tableau 64 : résultats tâche curage de bassin de dessablement – 2 ^{ème} série de mesures.....	250
Tableau 65 : résultats tâche curage de bassin de dessablement – 3 ^{ème} série de mesures.....	251
Tableau 66 : résultats tâche curage à haute pression – 1 ^{ère} série de mesures	252
Tableau 67 : résultats tâche curage à haute pression – 2 ^{ème} série de mesures.....	253

Tableau 68 : Interprétation des SMR en fonction de l'indice de confiance à 95%.....	256
Tableau 69 : Prévalence des maladies et symptômes respiratoires et oto-rhino-laryngologiques (Extrait de INRS 2004).....	257
Tableau 70 : Prévalence des symptômes digestifs (Extrait de INRS 2004).....	258
Tableau 71 : Prévalence des symptômes cutanés et oculaires (Extrait de INRS 2004).....	258
Tableau 72 : Prévalence des phénomènes de douleurs, gêne ou inconfort au cours des 12 derniers mois (Extrait de INRS 2004).....	259
Tableau 73 : Nombres de décès observés et attendus et SMR par cause et groupes de causes. Population de référence : Seine St Denis (93). (Extrait de INRS 2004).....	259
Tableau 74: SMR par statut actif/non actif et motif de départ (taux de référence : Seine St Denis). (Extrait de INRS 2004).....	261
Tableau 75: SMR par durée d'emploi comme égoutier après exclusion des sujets sortis pour démission et licenciement. (Population de référence : Seine St Denis). (Extrait de INRS 2004).....	263
Tableau 76 : Données de la 1ère étude de mortalité (INRS 2004).....	265
Tableau 77 Mortalité par causes non cancéreuses. (Extrait de INRS 2009).....	273
Tableau 78 Mortalité par localisation de cancer (Extrait de INRS 2009).....	274
Tableau 79 : synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers et les travailleurs de STEU.....	281
Tableau 80 : Identification de la substance.....	299
Tableau 81 : Propriétés physico-chimiques de l'H ₂ S.....	299
Tableau 82 : recensement des VTR effets aigus de H ₂ S.....	300
Tableau 83 : recensement des VTR effets subchroniques à seuil de H ₂ S.....	301
Tableau 84 : recensement des VTR effets chroniques à seuil de H ₂ S.....	301
Tableau 85 : recensement des VLEP pour H ₂ S.....	302

Liste des figures

Figure 1 : Démarche scientifique suivie par le GT	31
Figure 2 : Schéma simplifié d'un réseau d'assainissement de collecte et de transport.....	34
Figure 3 : Schéma d'un collecteur primaire (a) et d'un collecteur secondaire (b).....	37
Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un camion hydrocureur (source : Alzeo Environnement).....	38
Figure 5 : Répartition des fiches de risques de niveau jugé substantiel en fonction de la nature du danger (document unique, Ville de Paris 2010).....	46
Figure 6 : Répartition des risques « Partie collecte et transport du processus EU/EP » du Grand Lyon (issu d'un document transmis lors de l'audition du Grand Lyon).	46
Figure 7 : Comparaison des taux de fréquence des accidents du travail (nationaux / Paris) (source Assurance Maladie Risques Professionnels 2014, Paris 2012a).....	50
Figure 8 : Schéma conceptuel d'exposition (d'après Desnoyers (2009)).....	69
Figure 9 : Concentrations en COV mesurées dans différents environnements, dont l'air des égouts (Al Zabadi <i>et al.</i> 2011).....	76
Figure 10 : Ratio des concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées en égouts (sans facteur de correction) avec les concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées par AirParif en station trafic.....	98
Figure 11 : Concentrations en métaux	99
Figure 12 : Ratio des concentrations en métaux sur les concentrations en PM10 par tâche	100
Figure 13 : Concentrations en NO ₂ par tâches	101
Figure 14 : Ratio des concentrations en NO ₂ mesurées dans les égouts et des concentrations en NO ₂ min et max mesurées dans les stations urbaines Airparif	101
Figure 15 : Concentration en HAP (ng.m ⁻³).....	102
Figure 16 : Concentrations en COV quantifiés par tâche (µg.m ⁻³).....	104
Figure 17 : Comparaison des concentrations en BTEX par tâche (µg.m ⁻³)	106
Figure 18 : Comparaison des concentrations en BTEX mesurées en égout et des concentrations en BTEX mesurées par Airparif en station trafic.....	106
Figure 19 : Concentrations en NH ₃ (µg.m ⁻³).....	107
Figure 20 : Voies de métabolisation de l'H ₂ S	303

Glossaire

Endotoxines : substances biologiques toxiques, composants de la paroi des bactéries gram négatif, libérées lors de la lyse de ces bactéries et, à un moindre degré, lors de leur multiplication.

Eaux usées : Toutes combinaisons d'eaux en provenance d'activités domestiques, industrielles ou commerciales, d'eaux de ruissellement, et accidentellement d'eaux d'infiltration.

Eaux usées brutes : eaux usées non traitées.

Eaux usées domestiques : eaux provenant des cuisines, buanderies, lavabos, salles de bain, toilettes et installations similaires.

Eaux non domestiques : eaux usées provenant de toute activité industrielle ou commerciale.

Eaux pluviales : eaux provenant du ruissellement des précipitations sur les chaussées, les toitures et toute autre surface imperméabilisée

Réseau d'assainissement : ensemble de canalisations et d'ouvrages annexes qui transporte l'eau usée depuis les branchements vers la station d'épuration ou tout autre site récepteur. NF EN 1085

Réseau unitaire : réseau d'assainissement constitué de canalisations où sont admises les eaux usées non diluées et les eaux de surface. NF EN 1085

Réseau séparatif : réseau d'assainissement comprenant habituellement deux canalisations, l'une véhiculant les eaux usées non diluées et l'autre les eaux de surface. NF EN 1085

Collecteurs : canalisation ou tout autre ouvrage habituellement en sous-sol, destiné à transporter l'eau usée issue de branchements d'immeubles. NF EN 1085

Il existe des collecteurs visitables dans lesquels le personnel peut cheminer et des collecteurs non visitables. D'après le règlement d'assainissement de la Ville de Paris (édition 2013), les collecteurs visitables ont une hauteur minimale de 1,80m et une largeur minimale de 1,20m.

Branchement : canalisation, en général enterrée, destinée à transporter les eaux usées depuis une source jusqu'au collecteur. (NF EN 1085)

Siphon : dispositif à amorçage permettant de transférer un liquide d'un niveau donné à un niveau inférieur, en passant par un niveau supérieur aux deux autres. (XP P 16-002)

Regard de visite : enceinte munie d'un tampon amovible, réalisée sur un branchement ou un collecteur afin de permettre l'entrée du personnel. (NF EN 752)

Station de pompage : bâtiment, structures et équipement utilisés pour transférer les eaux usées par une conduite de relèvement ou tout autre dispositif de relevage. (NF EN 752).

Conduite de relèvement : canalisation à l'aide de laquelle les eaux usées sont pompées. (NF EN 752)

Bassin de retenue : bassin ouvert ou réservoir fermé pour le stockage temporaire des eaux usées. (NF EN 1085)

Réservoir de chasse : cuve se remplissant automatiquement et se vidant dans la conduite d'eau usée lorsqu'elle est pleine. (NF EN 1085)

Déversoir d'orage : dispositif sur un réseau unitaire évacuant l'excès de débit. (NF EN 1085)

Régie : mode d'exploitation des services publics sous 3 formes : soit simple et directe (exploitation par la collectivité territoriale), soit dotée de la seule autonomie financière, soit dotée de la personnalité morale (Bourrier *et al.* 2010).

Concession : forme de gestion d'un service public après une procédure de mise en concurrence et application d'un contrat administratif qui charge une entreprise d'édifier, de financer les ouvrages et d'exécuter tous les travaux aux moyens desquels elle devra exploiter le service public (Bourrier *et al.* 2010).

Affermage : dans ce type de contrat de gestion du service public, la collectivité se réserve la maîtrise d'ouvrage et le financement des investissements. Le fermier est seulement un exploitant

tenu d'assurer le fonctionnement du service public, moyennant des redevances versées par les usagers en contrepartie des services rendus (Bourrier *et al.* 2010).

Curage : opération consistant à enlever les éléments solides accumulés. (XP P16-002)

Nettoyage au jet : recours à un équipement à jet d'eau à haute pression pour faciliter l'élimination des obstructions ou des sédiments dans les branchements ou les collecteurs. (NF EN 752)

Boule de nettoyage : dispositif de forme sphérique, à surface alvéolée, conçu pour être transporté par l'écoulement à travers un branchement ou un collecteur afin de faciliter l'élimination des sédiments. (NF EN 752)

Effet de chasse en réseau : important accroissement temporaire de l'écoulement pour faciliter l'élimination des obstructions ou des dépôts des branchements ou des collecteurs. (XP P16-002)

Espace confiné (recommandation CNAMTS R447) : Le terme espace confiné désigne un espace totalement ou partiellement fermé, qui n'a pas été conçu et construit pour être occupé de façon permanente par des personnes, ni destiné à l'être, mais qui, à l'occasion, peut être occupé temporairement pour l'exécution d'un travail comme l'inspection, l'entretien ou la réparation, et au sein duquel l'atmosphère peut présenter des risques pour la santé et la sécurité de quiconque y pénètre en raison :

- soit de la conception ou de l'emplacement de l'ouvrage,
- soit de l'insuffisance de ventilation naturelle,
- soit des matières, des substances ou des fluides qu'il contient,
- soit des équipements qui y sont mis en oeuvre,
- soit de la nature des travaux qui y sont effectués.

1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

1.1 Contexte

A la demande de la Ville de Paris, l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) a mené deux études épidémiologiques sur les égoutiers de la Ville de Paris. En 2004, la première étude, dite de mortalité a mis en évidence chez ces travailleurs une surmortalité toutes causes de 25% (SMR=1,25 ; IC 95% = [1,15 ; 1,36]), sur la période 1970-1999. Une mise à jour de cette étude, portant sur la période 2000-2007 a montré une surmortalité de 56% (SMR=1,56 ; IC 95% = [1,38 ; 1,77]). Elle conclut notamment à « une surmortalité particulièrement importante par maladies digestives, par cancers et par suicides ».

En complément des différentes actions mises en œuvre par le Service de médecine préventive et la Direction de la propreté de l'eau, la Ville de Paris souhaite renforcer sa lutte contre les facteurs de risque professionnels susceptibles de participer à la surmortalité observée chez les égoutiers.

C'est pourquoi la Ville de Paris a adressé à l'Anses, le 12 avril 2010, une demande d'expertise relative aux facteurs de risques professionnels éventuellement liés à la surmortalité des égoutiers de la Ville de Paris. Il était demandé en particulier une expertise de prévention des risques professionnels quant aux équipements de protection individuelle et une amélioration des connaissances des expositions professionnelles, liées à l'air des égouts.

Le code de la santé publique, dans son article L1336-1 ne prévoit pas qu'une municipalité puisse saisir directement l'Anses. Compte tenu de la pertinence du sujet, l'Agence a proposé à la Direction générale du travail, dans un courrier du 17 août 2010, d'instruire une autosaisine. Au regard des questions soulevées par les études précitées, la question a été élargie à l'évaluation des risques sanitaires, pour la profession d'égoutier, en vue d'identifier les causes de surmortalité décrites.

Le 9 mars 2011, l'audition des équipes de la Ville de Paris a confirmé l'orientation proposée.

Une autosaisine de l'Anses sur ce sujet a été incluse au programme de travail 2011 de l'Anses, et validé en l'état, sur le fondement qu'elle pourrait contribuer à alimenter les actions 5 et 15 du Plan Santé Travail II, dans la mesure où les travaux proposés traitaient à la fois les risques chimiques et biologiques.

1.2 Objet de la saisine

Compte tenu de la surmortalité observée dans les deux études menées par l'INRS chez les égoutiers de la Ville de Paris, l'Anses se propose de conduire une expertise visant à investiguer les déterminants associés à cette surmortalité.

L'expertise cherche notamment à répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les effets sanitaires à long terme des conditions de travail dans les égouts ?
- Quelles sont les expositions des égoutiers aux agents chimiques, microbiologiques, voire radiologiques, présents dans les eaux usées brutes et dans l'atmosphère des égouts ?

Seront notamment considérées :

- les dispositions applicables aux égoutiers en matière de santé et sécurité au travail,
- l'activité de travail,

- les expositions par les voies pulmonaire, cutanée et orale (suite au contact main-bouche par exemple),
- Quels sont les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers, au regard des dangers identifiés et des expositions professionnelles ?

Les travaux d'expertise pourront conduire, le cas échéant, à recommander des actions de prévention visant à limiter la surmortalité observée par l'INRS.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre (Anses, CES, GT, rapporteur(s)) et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « surmortalité des égoutiers », rattaché aux comités d'experts spécialisés (CES) « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » et « Eaux » l'instruction de cette saisine.

La réalisation des travaux pour ce rapport s'est également appuyée sur les compétences de différentes unités de l'Anses notamment en charge de l'évaluation des risques liés à l'air, l'évaluation des risques liés à l'eau ainsi que la mission du réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (RNV3P).

Dans le cadre de ces travaux, le groupe de travail a auditionné

- les représentants de :
 - La Direction des opérateurs publics de l'eau et de l'assainissement (DOPEA) de la communauté urbaine de Nantes (Nantes métropole), le 1^{er} octobre 2012 ;
 - Le service technique eau et assainissement (STEA) de la Mairie de Paris, le 1^{er} octobre 2012 ;
 - La Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E), le 15 novembre 2012 ;
 - Le Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP), le 15 novembre 2012 ;
 - La direction des services de l'environnement et de l'assainissement du conseil général du Val-de-Marne (94), le 14 janvier 2013 ;
 - La communauté urbaine de Lyon (Grand Lyon), le 14 janvier 2013 ;
 - Le conseil général de Seine-Saint-Denis (93), le 21 janvier 2013.
- Le médecin du travail de la Ville de Paris en charge du suivi des égoutiers, le 15 novembre 2012 ;
- Un médecin biologiste de la Ville de Paris le 21 janvier 2013 ;
- L'Adjoint au Chef de la Subdivision Curage collecteurs et Atelier du service assainissement de la Ville de Paris, le 22 avril 2013 ;
- Le médecin du travail de la Ville de Paris en charge du suivi des égoutiers lors de la réalisation de l'étude épidémiologique de l'INRS, le 15 mars 2013.

Deux conventions de recherche et de développement (CRD) ont respectivement été contractées avec le Laboratoire Central de la Prefecture de Police (LCPP) et la Caisse régionale d'assurance maladie (CRAMIF) afin d'acquérir des données d'exposition à différents agents chimiques et biologiques potentiellement présents dans l'air des égouts. Compte tenu des délais de réalisation de ces campagnes de mesures, les résultats de la campagne de mesure d'agents biologiques dans l'air des égouts fera l'objet d'un addendum au présent rapport d'expertise collective, lorsque celle-ci sera achevée.

Enfin, des informations relatives aux réseaux de collecte et aux personnels intervenant dans ces réseaux ont également été collectées par le biais d'un questionnaire élaboré par le GT et diffusé auprès des communes de plus de 100 000 habitants.

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

Ces travaux sont ainsi issus de collectifs 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) ».

Périmètres des travaux

L'évaluation des expositions des égoutiers aux agents radiologiques a été exclu de la présente expertise, l'ASN ayant saisi l'IRSN le 13 juin 2013¹ afin d'identifier les hypothèses nécessaires pour estimer l'impact des rejets d'eaux usées radioactives des établissements hospitaliers et assimilés (cliniques...) sur les personnels des réseaux d'assainissement. Le rapport relatif à cette saisine n'est pas disponible à ce jour.

¹ Lettre ASN CODEP-ASN-DIS-2013-033205 du 13 juin 2013.

2 Démarche scientifique suivie

2.1 Premières pistes méthodologiques investiguées.

2.1.1 Étude cas témoin nichée²

Pour répondre aux questions de l'autosaisine et afin d'identifier les facteurs de risques susceptibles d'expliquer les surmortalités observées dans la cohorte des égoutiers embauchés à la Ville de Paris entre 1970 et 1999, une étude cas-témoin nichée au sein de cette cohorte a été envisagée. En effet, une étude cas témoin nichée dans la cohorte de l'étude de mortalité permettrait de répondre à la question de l'auto-saisine sur les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers, mais également de répondre partiellement à la première question de l'autosaisine en précisant quels sont les effets sanitaires à long terme des conditions de travail dans les égouts.

Les intérêts et les limites de cette étude cas-témoin nichée ont été discutés avant de conclure sur la faisabilité de mener cet exercice. Certains éléments avancés dans l'argumentaire développé ci-dessous sont issus de l'expertise et sont détaillés plus loin dans le rapport.

2.1.1.1 Intérêts et limites

Définition des cas et des témoins

Les cas sont les égoutiers décédés au cours de la période de suivi de la cohorte et les témoins, un échantillon aléatoire d'égoutiers non décédés sur cette même période de cette cohorte.

Différents cas pourraient être définis et étudiés, selon la ou les cause(s) de décès observée(s) en excès (comparativement à la population de référence), notamment les cancers broncho-pulmonaires, les cancers du foie et les suicides rapportés en excès dans les deux études de l'INRS (INRS (2004), INRS (2009)).

Qualité des témoins

Les témoins sont recrutés au sein de la même population que les cas. Ces deux populations présentent des caractéristiques sociodémographiques proches.

Fréquence des effets sanitaires étudiés

Il semble, d'après les résultats de l'étude INRS, que plusieurs causes de décès présentant un effectif suffisant pourraient faire l'objet de plusieurs études cas-témoins.

Facteurs de risque et déterminants multiples

L'intérêt de l'étude cas-témoin nichée serait d'étudier des expositions (facteurs de risques professionnels : expositions aux agents microbiologiques, chimiques, physiques – y compris radiologiques –, présents dans les eaux usées brutes et l'atmosphère des égouts) et des déterminants multiples (facteurs de risques individuels – et de confusion – tels que tabagisme, alcoolisme notamment). Toutefois, les informations relatives à ces facteurs de risques ne sont pas disponibles.

- *Expositions à des facteurs de risque professionnels :*

² Une étude cas-témoin nichée est une étude cas témoin pour laquelle, les cas et les témoins sont sélectionnés à partir d'un cohorte qui a déjà été suivie sur une période de temps.

La description des tâches effectuées pourrait permettre de tenter d'élaborer des budgets espace-temps professionnels mais les tâches réalisées par les égoutiers et les concentrations dans les eaux brutes et dans l'atmosphère des égouts des polluants considérés ne sont pas connues.

En effet, il semble impossible de reconstituer le déroulement des carrières des égoutiers. De plus, les équipements de protection individuelle des égoutiers ont évolué au cours du temps. Les dossiers de médecine du travail des égoutiers ne contiennent pas d'informations sur les tâches effectuées et les expositions possibles [Cf. audition du Dr Gay]. Ces informations ne sont raisonnablement pas récupérables par un interrogatoire des égoutiers encore vivants ou des proches des égoutiers décédés. Les informations recueillies seraient alors de qualité différente entre les cas et les témoins.

De plus, aucune mesure environnementale n'a été effectuée régulièrement et à des lieux variés susceptibles de représenter les différentes ambiances de travail auxquelles ont été confrontés les égoutiers de la cohorte tout au long de leur carrière [Cf. auditions de la Ville de Paris et du SIAAP].

- Expositions à des facteurs de risque individuels

Les principaux facteurs de risque individuels susceptibles d'expliquer la surmortalité observée seraient notamment les consommations de tabac et d'alcool. Ces consommations ne sont pas connues même si quelques données fragmentaires apportent cependant un éclairage sur les possibles surconsommations d'alcool et de tabac des égoutiers [étude de morbidité de l'INRS ; Al Zabadi *et al.* 2011].

Les dossiers médicaux des salariés de la Ville de Paris (non informatisés) contiennent rarement ces informations [Audition du Dr Gay]. Le recueil de données de comportements individuels, auprès de participants à une étude, est connu pour être biaisé. Ainsi, l'interrogatoire des égoutiers vivants ou des proches des égoutiers décédés ne permettra pas d'obtenir des données d'une validité satisfaisante.

2.1.1.2 Conclusion

Une étude cas-témoin nichée dans une cohorte professionnelle présente l'avantage de pouvoir obtenir, sur un effectif plus restreint, des données professionnelles et individuelles plus complètes. Ceci permet de rechercher les facteurs étiologiques d'un effet sanitaire en prenant en compte les facteurs de confusion. Cependant, les tâches effectuées par les égoutiers, les expositions professionnelles et les données de comportement individuel n'existent pas ou ne sont pas accessibles. Les informations nécessaires pour mener cette étude ne sont donc pas disponibles.

Ainsi, il n'est pas envisagé de mener une étude cas-témoin nichée dans la cohorte ayant permis de suivre la mortalité des égoutiers de la Ville de Paris entre 1970 et 1999.

2.1.2 Recherche des facteurs de risques à partir des cancers professionnels

Le GT a envisagé de croiser les données d'exposition et de compositions des eaux usées avec une liste des agents chimiques à l'origine de cancers professionnels. Cette liste a été établie à partir notamment des informations présentées dans le chapitre « XXIV : Cancers d'origine professionnelle » de l'ouvrage « Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles » Lauwers *et al.* 2007.

Toutefois, au regard des cocktails de substances potentiellement présentes dans les eaux usées brutes, du manque de données d'exposition, et du fait qu'un cancer peut être induit par plusieurs agents chimiques, cette réflexion n'a pu aboutir à associer les cancers observés dans les études de mortalité avec un ou plusieurs agents déterminés.

2.1.3 Pertinence et faisabilité de mener une Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)

Du fait que seules des hypothèses sur les facteurs susceptibles d'induire les effets sanitaires observés ont pu être émises, et que les conditions de travail ont évolué ces dernières années, le GT a souhaité orienter les travaux d'expertise sur les conditions actuelles de travail et d'exposition à des agents chimiques et/ou microbiologiques dans les égouts. L'objectif était de déterminer s'il

était pertinent et faisable de conduire une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) sur la base des données disponibles. Dans cette optique, les intérêts et limites d'une EQRS ont été discutés par le GT qui a considéré que :

- les données actuellement disponibles sont insuffisantes pour conduire une EQRS.
- la principale limite de l'exercice réside dans la difficulté de construire des scénarios d'exposition représentatifs de l'exposition chronique des égoutiers, en lien avec la qualité des données d'exposition disponibles et l'importante variabilité spatio-temporelle des rejets dans le réseau.

De plus, l'approche substance par substance présenterait des limites importantes dans le cas présent car les égoutiers sont exposés à un cocktail de substances chimiques et d'agents biologiques pour la plupart non identifiés.

De la même façon, l'acquisition de données d'exposition représentatives de l'exposition à long terme des égoutiers pour pallier les principales limites identifiées et conduire une EQRS a été discutée. La réalisation de telles mesures n'est pas apparue réaliste dans le cadre de ces travaux d'expertise.

Compte tenu de tous ces éléments, il n'a pas été jugé pertinent et faisable de conduire une EQRS dans le cadre de ces travaux d'expertise.

L'argumentaire détaillé est présenté en Annexe 3.

2.2 Méthodologie adoptée

Compte tenu des premières pistes investiguées, des constats qui s'en dégagent et afin d'apporter des éléments de réponse à l'autosaisine, le GT a structuré sa réflexion autour des questions répertoriées dans le tableau ci-dessous. Les méthodes et outils développés pour y répondre sont également présentés.

Les principaux outils déployés sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Tableau 1 : Démarche scientifique suivie

Questions	Méthode et outils déployés
Quelle est la population d'étude ? → caractéristiques (nombre, statut, ancienneté dans le poste, réglementation associée)	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'auditions - Élaboration et diffusion d'un questionnaire destiné aux communes de plus de 100000 habitants, et exploitation des réponses reçues - Recherches bibliographiques
Quelles sont les modalités de travail de cette population ? → modalités de travail et leur évolution dans le temps (tâches, temps passé, mesures et moyens de prévention/protection)	
Les réseaux d'assainissement visitables sont-ils très présents ?	
Quels sont les effets sanitaires observés chez les égoutiers ?	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse critique des études épidémiologiques réalisées par l'INRS - Revue de la littérature : → <i>recherche systématique des informations épidémiologiques dans les bases de données de référence</i> - Exploitation des bases de données santé travail : → <i>recherche de cas</i>
Quelles sont les données d'exposition dans l'air et dans l'eau ? → Recherche de données d'exposition et de contamination des eaux usées dans les réseaux d'assainissement et dans l'air des réseaux	<ul style="list-style-type: none"> - Recherches bibliographiques : → <i>recherche systématique des informations dans les bases de données de référence</i> - Exploitation des résultats de campagnes de mesures transmises lors des auditions et /ou par le biais du questionnaire - Acquisition et exploitation de données via deux campagnes de mesure exploratoires : → <i>Documentation de l'exposition aérienne des égoutiers au cours de certaines tâches à certains contaminants</i> → <i>Informations sur les tâches réalisées et sur les activités de surface reliées au réseau</i>
Est-il possible d'identifier les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers ?	<ul style="list-style-type: none"> - Élaboration / discussion d'hypothèses par les experts sur la base des informations disponibles
Quels sont les principaux risques sanitaires actuels concernant les égoutiers ?	<ul style="list-style-type: none"> - Auditions - Exploitation des données issues de la campagne de mesure - Mise en perspective
Quels sont les recommandations à émettre ?	<ul style="list-style-type: none"> - Élaboration de recommandations de prévention pour les travailleurs - Identification de travaux complémentaires à mener pour améliorer les connaissances (études complémentaires et/ou travaux de recherche)

2.2.1 Conduite d'audition et diffusion d'un questionnaire

Dans un premier temps, le groupe de travail a tout d'abord cherché à cerner la population d'étude et à mieux appréhender les tâches réalisées, les conditions de travail et les conditions d'exposition des égoutiers et leurs évolutions dans le temps. Pour ce faire, et dans l'objectif également d'élargir la problématique à d'autres égoutiers que les égoutiers parisiens ayant fait l'objet de l'étude épidémiologique à l'origine de cette autosaisine, le groupe de travail a mené différentes auditions dont des gestionnaires d'égoutiers du service public et privé, de médecins du travail, et d'un égoutier (Cf. 0).

Le groupe de travail a également souhaité recueillir le maximum d'informations sur les réseaux d'assainissement de collecte et de transport visitables. Pour ce faire, différentes auditions ont été réalisées et un questionnaire visant à recueillir diverses informations relatives aux caractéristiques des réseaux d'assainissement ainsi qu'aux tâches exercées par les agents d'assainissement a été

élaboré. Ce questionnaire a été dans un premier temps transmis à l'Association des Maires de France pour diffusion auprès de ses adhérents, puis sans réponse de leur part, aux services assainissement des 41 communes de plus de 100000 habitants. Le taux de réponse a été de 25% environ. Les éléments obtenus par le biais de ce questionnaire ont été intégrés dans les différentes parties concernées du présent rapport. La trame de ce questionnaire est présentée en Annexe 2.

Une consultation internationale des agences ou autorités nationales dans les domaines de la sécurité sanitaire et/ou du travail (Europe et Amérique du Nord) a été conduite pour recueillir des informations relatives aux activités des égoutiers : identification des risques, évaluation des expositions, mesures de polluants (dans l'air, dans l'eau), mesures de prévention, de gestion des risques....Une enquête auprès des membres de l'Union européenne transmise *via* le réseau Endware³ a également été réalisée afin de recueillir d'éventuelles informations sur l'existence de réseaux visitables, de réglementations dédiées ou de telles réflexions à l'étranger. Même s'il est fortement probable qu'il existe d'autres réseaux visitables en Europe, les réponses reçues n'ont pas permis de recueillir des informations en ce sens et donc de confirmer cette hypothèse.

2.2.2 Revue de la littérature

La recherche bibliographique a été réalisée grâce aux bases de données Scopus et Pubmed, à partir des mots clefs suivants et combinaisons scientifiques (revue des données disponibles jusqu'en juin 2015, sans limite antérieure de date) : Sewer workers , sewage workers , Sewer et workers / occupational diseases / occupational exposure / mortality, Sewer and air, Sewer and gas, Sewer and atmosphere, Sewer and exposure, Sewer ou sewage ou sewerage mixés avec composition/ pollution/ microbial (ou microbiology), chemical, raw wastewater ou urban wastewater ou municipal wastewater ou municipal sewage mixés avec composition/pollution/microbial (ou microbiology)/chemical, Sewer / Sewerage and suicide / confined, Sewer combiné avec les différents symptômes/maladies déclarés dans l'étude de morbidité de l'INRS (2004), « work related symptoms » et sewer / sewage, Health effects , symptoms , health risk, disease. Aucune limite de date de publication n'a été appliquée.

Cette revue a été complétée par une recherche de la littérature grise sur internet et via le réseau d'experts de l'Anses .

2.2.3 Consultation des bases de données d'exposition professionnelle

Les programmes de surveillance des maladies à caractère professionnel (MCP), Cosmop, Samotrace et les bases de données d'exposition professionnelles (Evalutil, Carex, Exppro) ont été consultées pour recueillir des données sur les éventuels agents auxquels sont exposés les égoutiers et les effets sanitaires enregistrés.

2.2.4 Réalisation d'une campagne de mesures exploratoires

Bien qu'une campagne de mesures visant à acquérir les données nécessaires à une EQRS ne soit pas envisageable, devant le peu de données relatives à l'exposition aérienne des égoutiers disponibles dans la littérature, le GT a souhaité que soient réalisées par le biais de deux CRD des

³ European network of drinking water regulator

campagnes de mesures de polluants chimiques et microbiologiques dans l'air des égouts, réalistes d'un point de vue calendrier, faisabilité technique et coût.

Ces mesures exploratoires, bien que non exhaustives, ont pour objectif d'apporter des éléments informatifs sur les expositions des égoutiers (exposition à des CMR, identification de tâches plus particulièrement exposantes...) et de permettre l'élaboration de certaines recommandations.

L'élaboration du protocole de mesure, ainsi que les résultats de cette campagne sont présentés dans la partie 8.3 du présent rapport.

In fine, sur la base de l'ensemble des éléments collectés, le GT a terminé par une discussion sur les éventuels facteurs de risques responsables des surmortalités observées puis par des recommandations en termes de limitation de l'exposition des égoutiers, de prévention et de protection, et de besoins de recherches.

La Figure 1 présentée ci-après récapitule l'ensemble de la démarche scientifique suivie par le GT pour la conduite de ces travaux d'expertise.

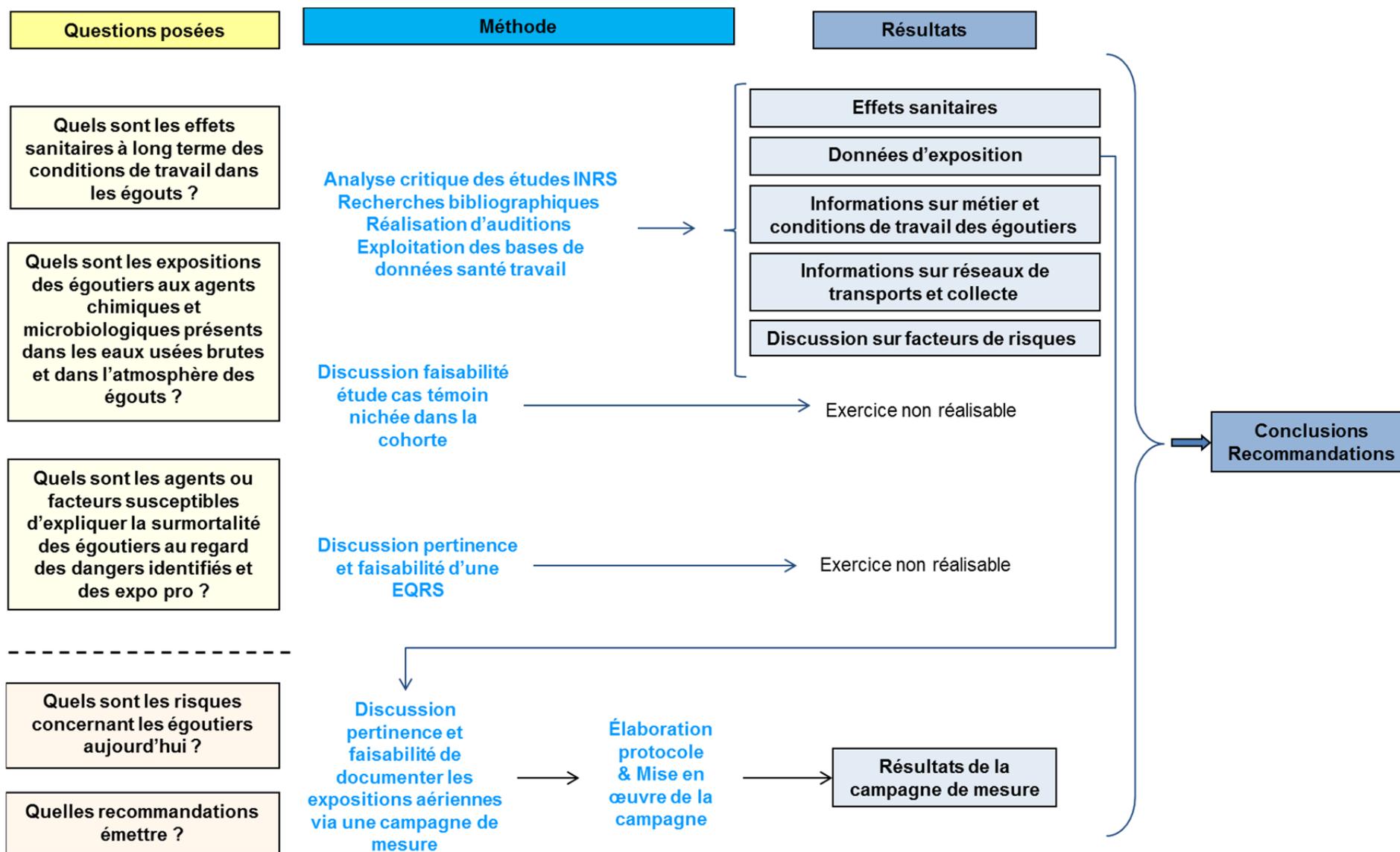


Figure 1 : Démarche scientifique suivie par le GT

3 Description des égouts, des égoutiers et du travail en égouts

3.1 Description des égouts en France

Les éléments décrits dans cette partie sont essentiellement issus des informations disponibles dans la base de données Eaux résiduelles urbaines (ERU) gérée par le Ministère en charge de l'écologie (<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/recueil.php>) et dans le guide technique de l'assainissement de Bourrier *et al.* (Bourrier *et al.* 2010).

Les réseaux d'assainissement sont distingués en fonction de la nature des eaux qu'ils transportent. Ainsi, trois configurations classiques se rencontrent :

- le réseau d'assainissement dit « unitaire » rassemblant dans une unique canalisation les eaux usées domestiques, non-domestiques (ou industrielles) et pluviales ;
- le réseau d'assainissement dit « séparatif » collectant séparément les eaux usées domestiques et non-domestiques distinctement des eaux pluviales ;
- et enfin, le réseau d'assainissement dit « mixte » regroupant les deux types de réseau précédents en fonction des zones desservies.

En fonction des spécificités liées au terrain, la conception des réseaux (datant du début du XIX^{ème} siècle pour les linéaires les plus importants) est soit totalement gravitaire, soit accompagnée d'ouvrages permettant le relèvement des eaux (station de pompage). Le rôle de ces réseaux est d'acheminer les eaux vers la station de traitement des eaux usées (STEU) et de diriger les eaux pluviales vers le milieu récepteur (rivière) quand elles sont collectées séparément.

3.1.1 Informations issues de la littérature et des bases de données

Selon l'Institut français de l'environnement (IFEN), en 2004, le réseau d'assainissement national s'étendait sur environ 385 000 km (réseau pluvial compris). Ce linéaire est sans doute en forte progression depuis cette étude, notamment avec des rythmes annuels de construction de l'ordre de 6 500 km.

Les réseaux unitaires se situent notamment dans les grandes agglomérations (Paris, Lyon, Toulouse, Nantes, ...), dans des zones urbaines denses (Ile-de-France notamment) ou encore dans les quartiers historiques de moyennes et petites agglomérations.

Les réseaux séparatifs équipent un grand nombre de petites et moyennes agglomérations et se rencontrent également dans le cadre des extensions de ville. Certaines agglomérations mettent également une partie de leur réseau en séparatif afin d'éviter les rejets directement dans le milieu naturel *via* des déversoirs d'orages et afin de limiter les volumes entrant dans la STEU par temps de pluie.

Selon la base de données « eaux résiduaires urbaines » du Ministère en charge de l'Écologie (année de référence 2011), la répartition nationale en nombre de ces réseaux est (n = 19 531) :

- réseau unitaire : 15 % (concernant 10 % de la population raccordée) ;
- réseau séparatif : 50 % (concernant 21 % de la population raccordée) ;
- réseau mixte : 15 % (concernant 66 % de la population raccordée) ;
- réseau de type « inconnu » : 20 % (concernant 3 % de la population raccordée).

Les égouts visitables sont les moins nombreux, hormis le cas spécifique de Paris et les gros ouvrages départementaux ou inter-départementaux. Leur quantification précise n'est pas

envisageable avec les données actuellement disponibles. En effet, la connaissance du patrimoine « réseau » est très difficilement accessible avec des données peu mises à disposition. La réalisation ou la mise à jour de schéma directeur d'assainissement par les collectivités permet d'améliorer cette connaissance, mais la consultation de ces documents n'a pas été possible dans le cadre de ce travail.

Concernant le mode de gestion des réseaux, celui-ci peut être apprécié à partir de la base de données SISPEA⁴ qui est l'observatoire national des services d'eau et d'assainissement. Cette base est notamment renseignée à partir des données du RPQS (rapport prix et qualité du service). Au 13/11/2012, 17 639 services (uniquement la partie « assainissement ») avaient renseigné leurs données pour une population concernée d'environ 60 millions de personnes. La répartition des modes de gestion était la suivante :

- régies : 76,5 % ;
- affermage : 21,3 % ;
- concession : 0,3 % ;
- gérance : 0,4 % ;
- autres : 1,5 %.

La régie est le mode de gestion par la collectivité elle-même avec ses propres moyens financiers et en matériel, avec ses propres agents.

L'affermage, la concession et la gérance sont des modes de gestion déléguée c'est à dire de gestion assurée par une personne autre que la collectivité. Cette personne est le plus souvent de droit privé (entreprise notamment) mais peut aussi être une personne publique.

Dans le cadre de l'affermage, le fermier se rémunère directement sur l'usager du service public en contrepartie de la prestation fournie, mais doit verser une « surtaxe » à la collectivité publique correspondant au droit de gérer le service public et à la jouissance des installations. Dans cette formule, c'est la collectivité publique qui remet au fermier les équipements et installations nécessaires au fonctionnement du service. Le fermier exploite à ses risques et périls le service et les équipements.

La concession se distingue de l'affermage car c'est au concessionnaire qu'il appartient de construire l'ouvrage ou les équipements nécessaires. A la fin de la concession le concessionnaire remet gratuitement, à la personne publique concédant, les ouvrages et équipements nécessaires au bon fonctionnement du service.

Dans le cadre d'une gérance, le gérant verse une rémunération forfaitaire sans intéressement au résultat à la collectivité.

3.1.2 Informations issues des questionnaires et des auditions

Les informations relatives aux caractéristiques des réseaux d'assainissement de la Ville de Paris, des communautés urbaines de Nantes et de Lyon et des conseils généraux du Val de Marne (CG 94) et de Seine Saint Denis (CG 93) ont été obtenues lors des auditions.

Celles des réseaux du Mans, de Limoges métropole, de Nancy, de l'agglomération Orléans – Val de Loire, de Rennes et de la Communauté urbaine de Strasbourg sont tirées d'un questionnaire élaboré par le GT et adressé aux communes de plus de 100 000 habitants (Insee, 2010). Sur les 35 communes contactées, 9 ont répondu au questionnaire, parmi lesquelles 7 disposent d'égouts visitables. L'ensemble des informations recueillies est disponible en Annexe 4.

⁴SISPEA : Système d'Information sur les Services Public d'Eau et d'Assainissement

A l'exception de quelques opérations sous-traitées, tous les réseaux des villes ayant transmis des informations sont exploités en régie.

La proportion de réseau visitable est variable d'une ville à l'autre. Globalement elle correspond à 30% de la longueur du réseau excepté pour Paris où l'ensemble du réseau est visitable, les longueurs de réseaux visitables variant de 25 à 2484 km.

Aucune définition consensuelle relative au diamètre de la canalisation visitable n'a été retrouvée dans la littérature ou *via* les auditions. Celui-ci varie de 1 à plus de 2,5 m.

Certains réseaux, par exemple celui géré par le SIAAP, comportent des canalisations de diamètres beaucoup plus élevés (jusqu'à 6 m). En effet, les émissaires du SIAAP transportent les eaux usées de la sortie des égouts communaux et départementaux, jusqu'aux STEU. Ce réseau particulier est situé à une profondeur comprise entre 10 et 100 m sur une distance totale de 440 km.

D'une manière générale le taux d'humidité est très élevé (entre 80 et 100%) et les températures relativement stables quelle que soit la saison. Les collectivités ont mentionné la mise en place de ventilations forcées dans le réseau lors de travaux importants, alors qu'en temps normal la ventilation est naturelle et se fait *via* l'ouverture, au minimum, de 2 regards d'accès généralement 20 minutes avant la descente des égoutiers dans le réseau.

La figure suivante présente le schéma simplifié d'un réseau d'assainissement de collecte et de transport.

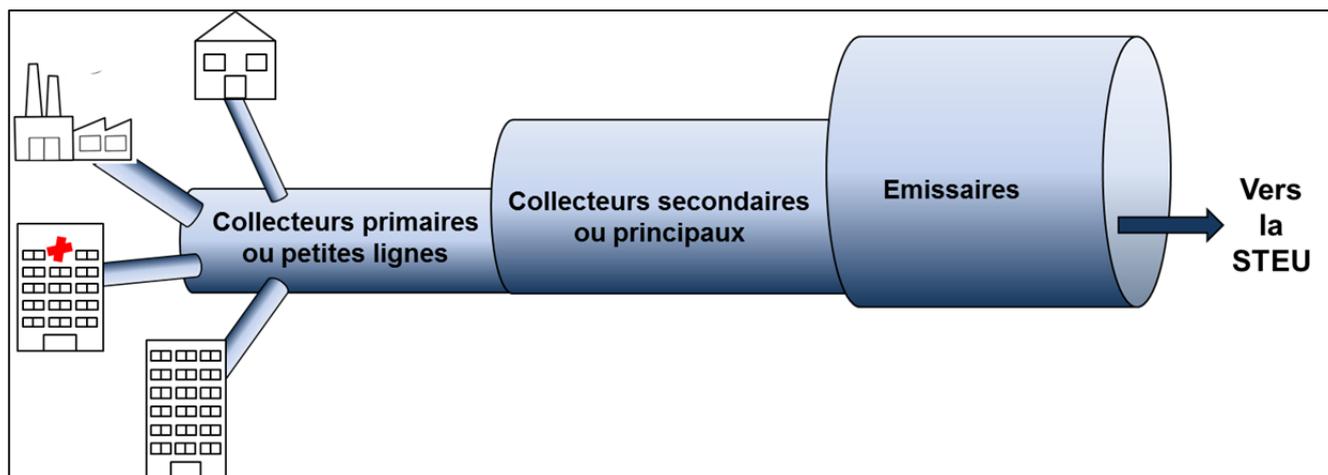


Figure 2 : Schéma simplifié d'un réseau d'assainissement de collecte et de transport

3.2 Description de la population d'étude

3.2.1 Définition de la population d'étude

Identifier clairement ce que le terme « égoutier » recouvre n'est pas si simple qu'il y paraît. Selon les villes, les travailleurs qui descendent dans les égouts peuvent relever de la fonction publique territoriale (FPT) ou être salariés du secteur privé. Parmi les agents de la fonction publique territoriale, certains bénéficient du statut d'insalubrité qui est attribué en fonction de critères précis et qui leur accorde notamment un départ anticipé à la retraite ainsi qu'une bonification. Ainsi, au sein d'une même collectivité, certains agents peuvent ou non bénéficier de ce statut. A la Ville de Paris, le terme « égoutier » est réservé au personnel bénéficiant de ce statut. D'autre part, les salariés du secteur privé relèvent de contrats très divers : CDI, CDD, intérimaires. Les entreprises délégataires sont en général spécialisées dans le domaine de l'assainissement, mais du fait de sous-traitances en cascade, des entreprises de travaux publics peuvent parfois mobiliser, le temps d'un chantier, des salariés n'étant jamais intervenus dans un collecteur d'eaux usées Jeanjean

2006.

Les réseaux d'assainissement peuvent également héberger des réseaux concessionnaires, comme c'est le cas à Paris : des canalisations d'eaux destinées à la consommation humaine (EDCH), des câbles électriques privés, des réseaux de communication électronique, *etc.* L'entretien de ces différents réseaux est effectué par des opérateurs privés ou publics, dont le personnel intervenant n'est pas considéré comme étant « égoutier » au sens du statut. Lors de travaux de réfection des réseaux d'assainissement différents corps de métiers du bâtiment (peintres, maçons, *etc.*) sont amenés à intervenir dans le réseau visitable. Certaines opérations très spécifiques et ponctuelles peuvent nécessiter l'intervention d'ouvriers spécialisés, comme par exemple des plongeurs pour désobstruer un collecteur colmaté par une coulée de béton suite à des travaux de maçonnerie en surface.

Ce personnel, réalisant des tâches autres que destinées à maintenir le réseau d'assainissement en bon état de fonctionnement ou bien très ponctuelles et spécifiques, n'est pas pris en compte dans ces travaux d'expertise.

Pour le GT, indépendamment de leur affiliation ou de leur statut, le terme « égoutiers » rassemble une catégorie de personnel dont la fonction est de réaliser des tâches diversifiées au sein d'un réseau d'assainissement, appelé encore système d'évacuation, et des ouvrages qui s'y rapportent (regards de branchements, siphons, *etc.*) et dans les stations de relèvement et de pompage afin de maintenir leur bon état de fonctionnement.

Dans ce rapport, le terme égoutier peut renvoyer à différentes dénominations : agent de curage, agent de salubrité, ouvrier d'entretien sur réseau, agent d'assainissement, agent territorial, agent des réseaux, *etc.*

3.2.2 Données issues des questionnaires et auditions

De même que pour les caractéristiques des réseaux de collecte, des informations relatives au personnel intervenant en égouts ont été demandées par le biais du questionnaire élaboré par le GT et des auditions réalisées. Le niveau d'information est très hétérogène d'une collectivité à l'autre.

Il a été ainsi impossible de déterminer précisément le nombre d'égoutiers en France à partir de ces renseignements. Cette difficulté est également confirmée dans le rapport d'information du Sénateur M. Delattre sur la retraite des agents de catégorie active dans la fonction publique Delattre 2014 qui mentionne l'effectif de titulaires occupant un emploi d'« Agents de réseaux souterrains des égouts » comme étant « non déterminé » en 2000 et 2011.

Par ailleurs, les données obtenues sur la moyenne d'âge, la durée de la carrière ou encore les horaires sont très variables d'une ville à une autre. Ainsi, selon les villes, la moyenne d'âge varie de 35 à 54 ans avec une durée de carrière oscillant entre 10 et 35 ans. Enfin s'agissant du nombre d'heures passées dans le réseau, celui-ci varie d'après les informations recueillies entre 4 et 7 heures par jour.

Par ailleurs il n'a pas été possible non plus de déterminer le nombre de salariés affiliés à d'autres régimes que la FPT (sous-traitants, prestataires, *etc.*)

3.3 Description des tâches effectuées / évolution du travail en égout

Selon la conception du réseau d'assainissement, les tâches effectuées par les égoutiers peuvent sensiblement varier d'une ville à l'autre. Les paragraphes suivant reprennent l'ensemble des tâches qui ont été rapportées au cours des auditions réalisées par le GT ou dans le questionnaire élaboré par le GT.

L'égoutier est amené à intervenir directement dans le réseau d'assainissement y compris dans les postes de relèvement ou à assurer la fonction de garde orifice (surveillance en surface) pour les activités suivantes :

- cheminement : contrôle et vérification de l'état du réseau (voir détails § 3.3.2.1) ;
- travaux de curage du réseau d'assainissement de tous types (voir détails § 3.3.2.2) ;
- maintenance des équipements du réseau d'assainissement, des ouvrages spéciaux (ouvrages électromécaniques par exemple), consignation d'équipements, enlèvement de bennes, relevé de compteurs électriques (voir détails § 3.3.3);
- lutte contre les pollutions (voir détails § 3.3.4) ;
- visites préalables pour pose et entretien de réseaux concessionnaires tels que réseaux de télécommunication ou de canalisations. Vérification du respect des préconisations lors de visite après travaux ;
- permanence des égouts : intervention en urgence.

Ainsi, à l'intérieur du réseau deux grands types d'activités peuvent être différenciés :

- activités au contact des eaux usées : cheminement, curage, entretien des équipements de travail (véhicule et matériel), prélèvements, *etc.* ;
- activités de déplacement en galerie sans contact direct avec les effluents : visite de surveillance des ouvrages, inspection télévisée du réseau, *etc.*

3.3.1 Organisation du travail

Les équipes d'égoutiers, hors équipes de permanence pour les interventions en urgence, interviennent généralement en poste du matin, de 6 à 13 heures (heures variables selon les régies). Certaines régies disposent également d'équipes intervenant en poste l'après-midi.

La journée de travail se déroule de la façon suivante :

- prise de poste dans un lieu d'appel, où les égoutiers s'équipent ;
- déplacement vers un chantier ;
- descente en égout et intervention ;
- retour au lieu d'appel où les égoutiers nettoient leur équipement, se douchent, se changent,

En fonction du niveau des eaux usées dans les collecteurs, les égoutiers peuvent être amenés à modifier leur activité et se rabattre sur des activités de repli comme la dératisation en surface par exemple.

Les égoutiers au sens du statut passent officiellement au moins la moitié de leur temps de travail dans le réseau de collecte. Ce temps varie en fonction des chantiers entre 3h et 5h. Le travail peut être réalisé « à la quitte »⁵ dans certains services d'assainissement.

Les phases d'habillage et de déshabillage sont généralement au nombre de 2 et durent chacune entre 20 et 30 minutes. Une pause de 20 minutes à 1 heure selon la régie peut être accordée en milieu de poste. Certaines régies imposent aux égoutiers de se changer avant de prendre leur pause.

Dans les années 1980, la durée du temps passé en réseau visitable était beaucoup plus longue mais ne devait pas excéder 6h Venjean 1984.

⁵ Le travail « à la quitte » consiste à quitter son lieu de travail une fois les tâches réalisées.

3.3.2 Entretien et exploitation du réseau

3.3.2.1 Cheminement

Le cheminement dans le réseau, également appelé collecte d'information, est l'une des activités principales des égoutiers. Généralement par équipe de 4 (2 dans le réseau et 2 en surface) ils descendent dans le réseau pour :

- recenser les caractéristiques d'état du réseau, du niveau d'ensablement ;
- réaliser des visites de surveillance des ouvrages et/ou équipements du réseau ;
- suivre l'évolution hydraulique et physique du réseau ;
- modifier les positions d'ouvrages (vannes par exemple) ;
- réaliser des inspections télévisées du réseau.

Le cheminement s'effectue le long des banquettes pour les collecteurs qui en sont munies, ou bien à même le radier pour les petites lignes, c'est-à-dire dans les eaux usées (Cf. Figure 3).

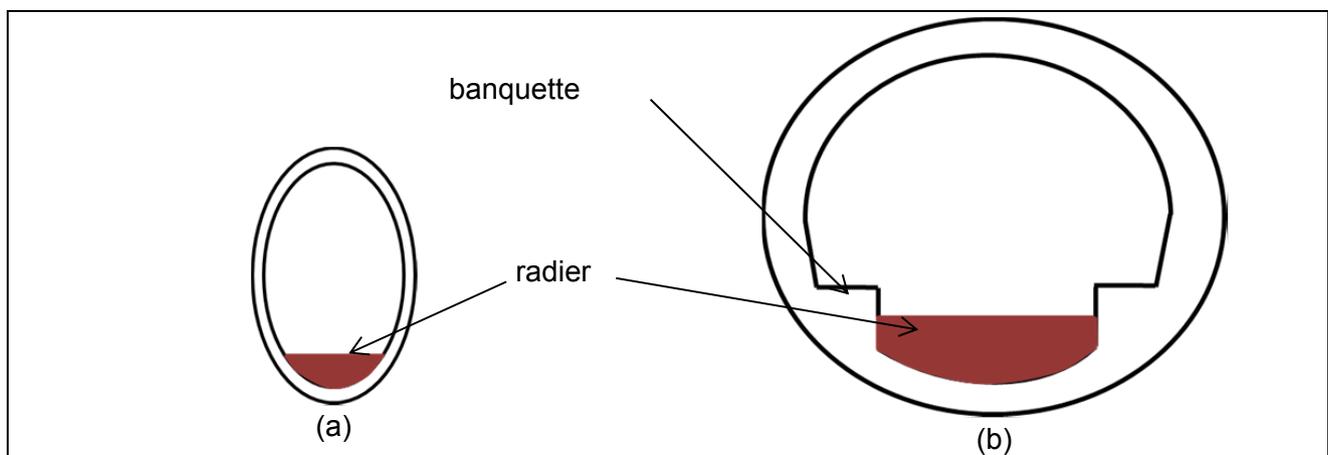


Figure 3 : Schéma d'un collecteur primaire (a) et d'un collecteur secondaire (b)

3.3.2.2 Curage

Les méthodes de curage utilisent la force hydraulique. Le principe d'une opération de curage consiste à pousser progressivement les sables accumulés soit vers un collecteur de plus grande dimension soit vers un bassin de dessablement d'où ils pourront être extraits puis acheminés dans des centres spécialisés pour y être traités.

En fonction de la configuration du collecteur, différentes techniques peuvent être mises en œuvre :

- petits chantiers d'extraction manuelle ;
- curage et extraction au camion hydrocureur et aspiratrice ;
- curage de collecteurs à l'aide d'engins particuliers tels qu'un wagon vanne ou un bateau vanne ;
- curage de bassin de dessablement.

En fonction des collectivités, certaines tâches peuvent être soustraitées.

3.3.2.2.1 Curage des petites lignes ou des collecteurs primaires

Les collecteurs primaires recueillent les effluents des branchements des particuliers situés en tête de bassin versant (amont du réseau). Ce sont des collecteurs simples où le cheminement est effectué dans l'effluent (Cf (a)).

Des réservoirs de chasse ou des jets haute pression manœuvrés par les égoutiers sont utilisés afin de pousser les dépôts accumulés au fond du collecteur vers un collecteur plus important ou un

bassin de dessablement. Puis ils sont évacués à l'extérieur du réseau soit manuellement à l'aide de pelles ou de rabots⁶ soit au moyen d'un camion de pompage qui réalise l'extraction par aspiration (Figure 4).

Lors de cette opération, les égoutiers interviennent par équipe de 4 en général (2 dans le réseau et 2 en surface).

Des outils sont également développés par certaines collectivités afin d'améliorer l'efficacité du curage et limiter les interventions manuelles, par exemple la mise en place de vannes mobiles Riochet 2008.

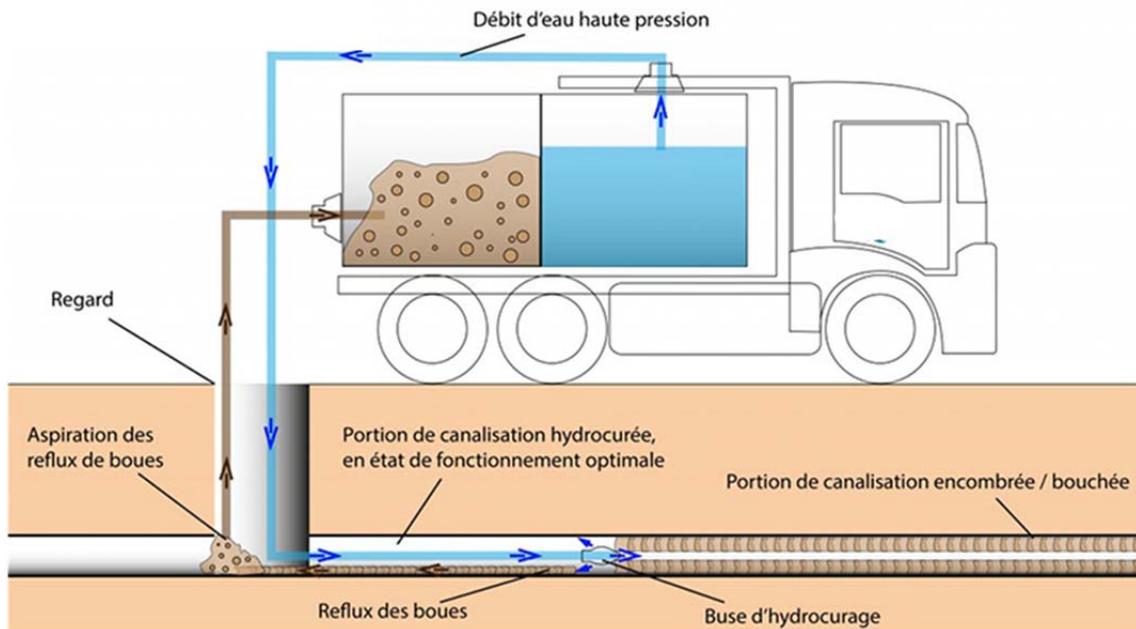


Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un camion hydrocureur (source : Alzeo Environnement)

3.3.2.2.2 Curage des collecteurs secondaires et principaux

Ce type de collecteur est de taille plus importante que les petites lignes ou les collecteurs primaires, et le déplacement s'effectue sur des banquettes de largeur variable équipées d'une main courante (Cf (b)).

Divers engins ont été développés à la fin du 19^{ème} siècle pour effectuer le curage de ces collecteurs et sont encore utilisés aujourd'hui : le bateau vanne pour les collecteurs principaux et le wagon vanne pour les collecteurs secondaires.

Sur ces types d'engin, une vanne mobile située à l'avant, permet de créer une retenue d'eau en amont. L'espace laissé entre la vanne et le fond du collecteur permet d'augmenter le débit de l'eau et provoquer le déplacement des sables situés en aval. Ces engins sont manœuvrés manuellement.

Le bateau-vanne mesure de 7 à 10 mètres de long et pèse de 3 à 7 tonnes Venjean 1984. Afin d'éviter sa dérive, il est retenu par des chaînes ancrées à la structure de l'égout. Cet engin est une spécificité de certains réseaux comme ceux de Paris ou Marseille.

Une équipe de 7 égoutiers présents dans le collecteur et 2 présents en surface pour l'aération est nécessaire pour la manœuvre du bateau vanne : 2 égoutiers sont chargés de manœuvrer la vanne

⁶ Outil ressemblant à une binette munie d'un long manche

à l'avant du bateau, 2 égoutiers sont chargés de manier des crocs afin de dégager les déchets les plus encombrants gênant l'avancée du bateau et 2 égoutiers s'occupent des chaînes pour que le bateau avance. Un égoutier assure la coordination de la manoeuvre. Le wagon-vanne, plus petit, nécessite seulement l'intervention de 4 égoutiers (2 en surface et 2 dans le collecteur).

La manoeuvre de ces engins est très physique et génère beaucoup d'éclaboussures.

Tandis que le wagon-vanne peut être utilisé toute l'année, le bateau-vanne n'est utilisé à Paris que du 1^{er} octobre au 30 avril pour des raisons de sécurité, les périodes printanières et estivales étant propices aux orages.

Mettant en œuvre le même principe de chasse des sables par augmentation du débit d'eau, une boule de curage peut également être utilisée pour curer les égouts circulaires, les émissaires et les siphons. Celle-ci est d'un diamètre légèrement inférieur à celui de l'ouvrage de façon à laisser un faible passage pour l'eau.

3.3.2.2.3 Curage des bassins de dessablement

Ces bassins permettent de recueillir les sables. Par le passé, cette activité était réalisée manuellement par les égoutiers au moyen de brouettes et pelles et d'une aspiratrice qui extrayait les sables. La mécanisation s'est développée dans les années 1980 avec l'utilisation de camions hydrocureurs. Un flexible muni d'une tête de curage est introduit dans le réseau par la bouche d'égout par des égoutiers restés en surface. De l'eau à haute pression est envoyée dans la tête de curage qui pousse les sables sous l'effet de la pression vers un système d'aspiration (Cf. Figure 4). Cette eau à haute pression peut être de l'eau potable, ou bien de l'eau « brute » non potable comme à Paris⁷. Un égoutier peut être amené à intervenir au sein du bassin pour aider à pousser les sables. Cette opération génère beaucoup d'aérosols.

Il existe également des camions hydrocureurs à recyclage qui pompent un mélange d'eau et de dépôts dans le collecteur et recyclent l'eau pour l'envoyer à haute pression dans une tête de curage qui pousse le dépôt vers le conduit d'aspiration.

Sur Paris, cette activité est réalisée environ 2 fois par an et peut durer jusqu'à 6 jours pour chaque bassin selon leur état d'ensablement.

3.3.2.2.4 Permanence des égouts

Afin de réaliser des interventions en urgence, comme par exemple le curage de branchements de particulier sur le réseau, certains égoutiers assurent une permanence 24h/24h. Les équipes assurent le débouchage des branchements de particuliers à l'aide de "tringles" ou à l'aide de lances haute-pression, effectuent des traçages à la fluorescéine, participent à la dératisation. Elles interviennent parfois sous Appareil Respiratoire Isolant (ARI).

3.3.2.2.5 Curage des émissaires

Les émissaires sont des ouvrages de très grande taille (plusieurs mètres de diamètre). Ils recueillent les effluents des collecteurs principaux.

Avant la mise en œuvre des opérations de curage des émissaires, ceux-ci sont mis à sec.

Le curage de ce type d'ouvrage nécessite des moyens techniques et des procédures de curage particuliers. Certains engins sont développés spécifiquement et peuvent être à moteur thermique, comme par exemple la machine de curage conçue pour le curage du collecteur Sèvres-Achères-branche de Rueil (SAR), géré par le SIAAP. Cet engin motorisé peut s'adapter aux différents diamètres d'émissaires (3,15 et 3,75 m). Une lame de curage extrait les sables qui sont acheminés vers le convoyeur par une vis transversale puis déchargés dans une trémie de stockage tirée par l'engin motorisé Soletanche-Blachy 2008.

⁷ L'eau « brute » de Paris est produite à partir de trois usines prélevant l'eau de la Seine et du canal de l'Ourcq.

3.3.3 Maintenance des équipements du réseau d'assainissement

Le nettoyage des systèmes mécaniques présents dans les stations de relevage est réalisé au jet d'eau à haute pression manœuvré par l'égoutier, l'eau pouvant être potable ou non potable selon la collectivité concernée.

Suivant les collectivités, les électromécaniciens en charge de la maintenance des systèmes mécaniques peuvent également être amenés à procéder aux opérations de nettoyage.

Il est à noter que depuis quelques années, les égoutiers parisiens portent des masques à ventilation assistée lors de la réalisation de cette opération (Paris 2012b).

3.3.4 Lutte contre les pollutions

Afin de lutter contre les pollutions des eaux usées, l'égoutier est amené à réaliser les tâches suivantes :

- enquêtes et interventions sur les incidents liés au réseau d'assainissement comme les inondations de chaussée et de sous-sol ;
- prélèvements destinés au contrôle de la conformité de la qualité des rejets d'industriels, vérification approfondie de l'état des ouvrages et de certaines installations (équipements de prétraitement) ;
- enquête sur la conformité des branchements (contrôles, recensement des caractéristiques) sur le dégorgement de branchements de particuliers.

3.3.5 Activités secondaires

Outre les activités mentionnées dans les paragraphes précédents, l'égoutier est également amené à effectuer les tâches secondaires suivantes :

- nettoyage de son équipement : bottes, casques, gants, cuissardes, *etc.*. Le nettoyage des vêtements de travail est réalisé par une société extérieure ;
- nettoyage des engins au jet haute pression (eau potable ou non selon la collectivité) ;
- relevé d'ouvrages pour mise à jour des plans ;
- participation à des opérations de dératisation ;
- conduite de véhicule poids lourds et manipulation d'engins de levage pour les activités de curage ;
- accompagnement dans les égouts de personnes du service ou extérieures au service, pour en assurer la sécurité.

4 Principales dispositions réglementaires en matière de santé/sécurité

Les Directives européennes transposées puis codifiées s'appliquent aux travailleurs du privé et du public.

Les « égoutiers », selon le terme générique repris dans ce rapport, peuvent être concernés en fonction de leur statut par des dispositifs réglementaires différents :

- les salariés du régime général au sein d'entreprises privées sont soumis à l'ensemble des dispositions du Titre IV (Santé et sécurité au travail) du Code du Travail ;
- les agents de la fonction publique territoriale (FPT) sont soumis à certaines dispositions du Code du Travail (Titre IV, livre 1 à 5) et à des dispositions propres définies dans le décret n°85-603 du 10 juin 1985 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale, modifié par les décrets n°2000-542 du 16 juin 2000, n°2008-339 du 14 avril 2008 et n°2012-170 du 3 février 2012. La circulaire du 12 octobre 2012 précise la déclinaison de ce dernier décret.

Cette dernière catégorie de travailleurs est ainsi soumise à un dispositif juridique mixte, ce qui ne facilite ni la compréhension des réglementations ni leurs déclinaisons.

Ainsi, les dispositions communes à ces deux catégories de travailleurs concernent essentiellement :

- les principes de prévention, comme l'aération des locaux,
- la démarche d'évaluation des risques,
- la prévention de certains risques professionnels (risque chimique, biologique, bruit, manutention rayonnements ionisants, etc.),
- la prise en compte du facteur humain dans l'organisation,
- les dispositions particulières relatives à la prévention de la pénibilité.

En tout état de causes, le dispositif réglementaire impose la recherche d'amélioration permanente des conditions de travail et la réduction des expositions.

La responsabilité de la mise en œuvre de ces dispositions incombe aux représentants des autorités territoriales ainsi qu'aux chefs ou directeurs d'établissements en tant qu'employeurs publics comme pour les chefs d'entreprise en tant qu'employeurs privés. L'accord paritaire sur la santé et sécurité dans la fonction publique du 20 novembre 2009 précise que « s'agissant d'activités couvertes, dans le secteur privé, par des règles de sécurité spécifiques, ces dernières s'appliquent aux activités identiques organisées sous la responsabilité des employeurs publics ». Cela concerne notamment la coordination entre entreprises extérieures et collectivités utilisatrices, dans le respect des règles de prévention (loi 91-1414 du 31 dec 1991), qui a toute son importance dans les activités décrites dans le présent rapport d'expertise collective.

A ces dispositions communes, le décret de 1985 définit directement et hors Code du travail, certaines règles propres à la FPT concernant, entre autres :

- l'organisation de la prévention dans les collectivités et établissements : notamment attributions et moyens des différentes fonctions de prévention propres à la FPT ;
- la formation à la sécurité des agents ;
- le CHSCT ;
- la médecine de prévention ;
- la surveillance médicale des agents ;

- la tenue d'un registre de santé et sécurité au travail ;
- l'exercice du droit de retrait.

Législation particulière au « travail en égout » et principes de suivi médical par médecin du travail ou de prévention :

Il existe une législation propre au travail en égout, ancienne et récemment modifiée.

Le décret du 21 novembre 1942 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures particulières d'hygiène applicables au personnel travaillant d'une façon habituelle dans les égouts est toujours en vigueur.

Ce décret dans ses articles 2 à 5 préconise des obligations relatives à l'organisation du travail (durée quotidienne de travail dans les égouts de 6 heures maximum) ou à l'hygiène (article 3 à 5) avec mise à disposition de vêtement de travail, obligation d'entretien, mise à disposition de vestiaires avec lavabos, douches.

La réforme récente de la médecine du travail et des services de santé au travail a revu et reprecisé, entre autres, les dispositifs de surveillance médicale renforcée (dispositifs anciens et parfois obsolètes)⁸. Ainsi, les articles 6 à 8 du décret du 21 novembre 1942, relatifs à la surveillance médicale à mettre en place pour les travailleurs en égouts, ont été abrogés par le décret n°2012-135 du 30 janvier 2012. De même l'arrêté du 2 mai 2012 a abrogé celui du 11 juillet 1977 qui fixait la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale, et qui mentionnait explicitement les « travaux effectués en égouts » comme devant faire l'objet l'une surveillance médicale « spéciale ». Les égoutiers ne bénéficient plus donc d'office d'une surveillance médicale renforcée.

Cependant, en raison des conditions d'expositions pour les travailleurs en égouts, ce classement en surveillance médicale renforcée, qui est de la responsabilité de l'employeur, est possible à plusieurs titres (bruit, vibrations, agents cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR) de catégorie 1 et 2, Agents biologiques). Cette proposition de classement peut être faite sur proposition du Médecin Du Travail ou du médecin de prévention,

Dans la fonction publique territoriale, les agents nécessitant une surveillance médicale particulière sont différents des salariés en droit commun (handicapés, femmes enceintes, agents réintégrés après un congé de longue maladie ou de longue durée, agents occupant des postes dans des services comportant des risques spéciaux et agents souffrant de pathologies particulières déterminées par le médecin de prévention). Ils doivent faire l'objet de visites médicales obligatoires dont la nature et la fréquence seront appréciées par le médecin du service de médecine préventive (article 21 du décret n°85-603 du 10 juin 1985).

Régime applicable en milieu insalubre (Statut d'insalubrité) :

La particularité pour certains égoutiers de la fonction publique travaillant de façon continue en réseau souterrain est la possibilité de bénéficier du régime applicable en milieu insalubre (décret n°2006-1691 du 22 décembre 2006 portant sur le statut particulier du cadre d'emploi des adjoints techniques territoriaux, article 4 II⁹).

⁸ (Loi n°2011-867 du 20 juillet 2011 relative à l'organisation de la médecine du travail)

⁹ « Les adjoints techniques territoriaux de 1^{re} classe sont appelés à exécuter des travaux ouvriers ou techniques nécessitant une qualification professionnelle. Ils peuvent, en outre, exercer l'emploi d'égoutier, visé au 1° de l'article 3, travaillant de façon continue en réseau souterrain et bénéficiant de ce fait du régime applicable en milieu insalubre ».

Ce statut permet, sous certaines conditions, un départ anticipé à la retraite ainsi qu'une bonification.

Les conditions sont les suivantes :

- Le réseau d'assainissement doit avoir été homologué par la Caisse Nationale de Retraite des Agents des Collectivités Locales (CNRACL). Les critères d'homologation sont les suivants (site internet de la CNRACL, https://www.cdc.retraites.fr/portail/spip.php?page=article&id_article=10901&cible=employeur, consulté le 24/11/2015) :
 - o le réseau doit être en partie visitable,
 - o son entretien nécessite la présence, sous terre, de personnels spécialisés pour une durée minimale déterminée par le Conseil d'administration de la CNRACL. Ce critère, appelé critère de permanence sous terre, a évolué :
 - Avant le 1er mars 2003, la durée retenue est fixée à la moitié du temps de travail.
 - Du 1er mars 2003 au 31 mars 2015, la durée retenue par le Conseil d'administration est la moitié de la durée légale de travail applicable aux fonctionnaires de l'Etat soit 800 heures annuelles (délibération du 28 mars 2003)
 - A compter du 1er avril 2015, la durée retenue est égale au quart de la durée légale de travail applicable aux fonctionnaires de l'Etat soit 400 heures annuelles (délibération n°2014-36 du 18 décembre 2014)
- Conditions relatives au départ anticipé :
 - o Avoir l'âge légal de départ anticipé à la retraite : 50 à 52 ans selon l'année de naissance
 - o Satisfaire aux deux conditions de durée de services : services valables pour la retraite (30 à 32 ans selon l'année de naissance et en fonction de la date à laquelle les agents totalisent 30 ans de services valables pour la retraite) et services dans les réseaux souterrains (10 à 12 ans selon l'année de naissance et en fonction de la date à laquelle les agents totalisent 10 ans dans les réseaux souterrains).
- Conditions relatives à la bonification :
 - o Mêmes conditions que pour le départ anticipé, excepté une condition supplémentaire sur la durée de service dans les réseaux souterrains : la moitié de cette durée doit avoir été accomplie de manière consécutive en qualité de titulaire après homologation du réseau.

Dispositif Pénibilité et traçabilité

Le dispositif pénibilité est issu de la loi du 9 novembre 2010 portant sur la réforme des retraites et ses décrets d'application du 30 mars 2011 et du 30 janvier 2012.

Ces dispositions ont été transposées dans le code du travail, partie IV livre 1^{er} et concernent donc tous les employeurs privés et publics sauf dispositions spécifiques.

La loi a généralisé l'obligation de prévention de la pénibilité. Les volets prévention et compensation s'appliquent aux salariés du privé et de la fonction publique et le volet traçabilité des expositions s'applique en partie pour la fonction publique.

Dans le cadre de la prise en compte de la pénibilité des parcours professionnels, l'article 60 de la loi n° 2010-1330 du 9 novembre 2010, portant réforme des retraites, a inséré dans le code du travail un article L. 4121-3-1 qui est directement applicable y compris à la fonction publique territoriale. La fiche de prévention des expositions est donc applicable.

Si l'obligation de prévention est générale et vise tous les facteurs de risques professionnels, l'obligation de traçabilité et sa formalisation dans la fiche de prévention des expositions sont

limitées aux facteurs de risque liés à la pénibilité. Dans la fonction publique territoriale, il faut se référer à la liste des postes à risques et des effectifs exposés élaborée par le médecin de prévention avec le concours du conseiller ou de l'assistant de prévention prévue à l'article 14-1 du décret du 10 juin 1985.

La loi n° 2014-40 du 20 janvier 2014 relative aux retraites instaure dans le code du travail un « compte personnel de prévention de la pénibilité » à compter du 1er janvier 2015.

Les 6 décrets d'application ont été publiés au Journal Officiel le 10 octobre 2014¹⁰ et fixent notamment les dix facteurs de risques liés à la pénibilité, leurs seuils d'exposition, les modalités d'évaluation et celles de sa déclaration qui devront pris en compte par les employeurs.

Les facteurs de risques professionnels liés à la pénibilité fixés sont les suivants :

- Au titre des contraintes physiques marquées
 - o Manutentions manuelles de charges définies à l'article R. 4541-2
 - o Postures pénibles définies comme positions forcées des articulations
 - o Vibrations mécaniques mentionnées à l'article R. 4441-1
- Au titre de l'environnement physique agressif :
 - o Agents chimiques dangereux mentionnés aux articles R. 4412-3 et R. 4412-60, y compris les poussières et les fumées
 - o Activités exercées en milieu hyperbare définies à l'article R. 4461-1
 - o Températures extrêmes
 - o Bruit mentionné à l'article R. 4431-1
- Au titre de certains rythmes de travail
 - o Travail de nuit dans les conditions fixées aux articles L. 3122-29 à L. 3122-31
 - o Travail en équipes successives alternantes
 - o Travail répétitif caractérisé par la répétition d'un même geste, à une cadence contrainte, imposée ou non par le déplacement automatique d'une pièce ou par la rémunération à la pièce, avec un temps de cycle défini.

En ce qui concerne l'exposition aux agents chimiques dangereux, « le seuil est déterminé, pour chacun des agents chimiques dangereux, par application d'une grille d'évaluation prenant en compte le type de pénétration, la classe d'émission ou de contact de l'agent chimique concerné, le procédé d'utilisation ou de fabrication, les mesures de protection collective ou individuelle mises en œuvre et la durée d'exposition, qui est définie par arrêté du ministre chargé du travail et du ministre chargé de la santé.

Lorsque la durée minimale d'exposition est décomptée en nombre d'heures par an, le dépassement du seuil est apprécié en cumulant les durées pendant lesquelles se déroulent chacune des actions ou pendant lesquelles chacune des situations sont constatées ».

¹⁰ Décret n° 2014-1159 du 9 octobre 2014 relatif à l'exposition des travailleurs à certains facteurs de risque professionnel au-delà de certains seuils de pénibilité et à sa traçabilité, Décret n° 2014-1158 du 9 octobre 2014 relatif au document unique d'évaluation des risques et aux accords en faveur de la prévention de la pénibilité, Décret n° 2014-1156 du 9 octobre 2014 relatif à l'acquisition et à l'utilisation des points acquis au titre du compte personnel de prévention de la pénibilité, Décret n° 2014-1155 du 9 octobre 2014 relatif à la gestion du compte personnel de prévention de la pénibilité, aux modalités de contrôle et de traitement des réclamations, Décret n° 2014-1157 du 9 octobre 2014 relatif au fonds de financement des droits liés au compte personnel de prévention de la pénibilité, Décret n° 2014-1160 du 9 octobre 2014 relatif aux accords en faveur de la prévention de la pénibilité.

5 Sinistralité connue du métier d'égoutier

5.1 Identification des situations dangereuses chez les égoutiers

Les employeurs (privés ou publics) sont tenus de réaliser une évaluation des risques professionnels. Cette évaluation consiste à identifier les risques auxquels sont soumis les salariés d'un établissement, en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes.

Ses résultats sont obligatoirement consignés dans un document unique.

Les égouts et les ouvrages d'assainissement sont des espaces confinés et font donc l'objet de risques particuliers qui s'ajoutent aux risques propres aux activités de travail. Ils font également l'objet de recommandations d'interventions particulières.

Deux recommandations de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS¹¹) concernent spécifiquement ces espaces : la recommandation R447 relative à la prévention des accidents lors des travaux en espaces confinés complétée CNAMTS 2010 par la recommandation R472 relative à la mise en œuvre du dispositif CATEC® : Certificat d'aptitude à travailler en espaces confinés dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement¹² CNAMTS 2012.

Les principaux risques spécifiques liés aux interventions dans les égouts identifiés au travers de ces recommandations CNAMTS, de la brochure ED6026 de l'INRS relative aux interventions en espaces confinés dans les ouvrages d'assainissement INRS 2010, et des documents uniques transmis lors des auditions, sont les suivants¹³ :

- Asphyxie / Intoxication / explosion ;
- Chute ;
- Noyade ;
- Brûlure, électrocution/électrisation ;
- Risques biologiques liés à l'exposition aux agents biologiques ou leurs constituants et produits (endotoxines, β -glucanes, mycotoxines...) ;
- Manutention manuelle.

Le risque chimique, hormis le risque immédiat d'intoxication à l'H₂S, ou lié au manque d'oxygène, est peu appréhendé.

Les égoutiers sont également exposés à des risques liés à la présence d'animaux dans les égouts (rats, araignées, divers insectes) : morsures, piqures, contact avec urines infectées. Ils sont également exposés au risque de piqures par des seringues contaminées.

Par ailleurs, de nombreuses activités en égout sont génératrices de troubles musculo-squelettiques (TMS) :

¹¹ Les recommandations de la CNAMTS sont des sortes de "règles de l'art" proposées aux professionnels pour prévenir les risques liés à leur activité. Elles possèdent une certaine valeur juridique car leur non application peut, en cas d'accident, être reconnue comme un élément constitutif d'une faute inexcusable

¹² Il s'agit d'un dispositif de formation à destination des entreprises et des collectivités locales, appelé CATEC, concerne environ 35 000 salariés et enseigne les bonnes pratiques de prévention des risques pour la santé lors des interventions dans les réseaux d'eau

¹³ ED6026, R447, documents uniques transmis lors des auditions

- Progression courbée dans des petites lignes encombrées de tuyaux ;
- Manipulation des plaques d'égouts de 80 kg ;
- Manoeuvre des bateaux-vanne et des wagons-vanne pour les faire avancer avec des crocs de 4 mètres ;
- Pose et dépose de barrages de 15/20 kg soumis à la pression de l'eau
- etc.

A titre d'exemple, la Figure 5 présente la répartition des risques de niveau jugé substantiel en fonction de la nature du danger dans le document unique de la Section Assainissement de Paris (SAP). Les chutes de hauteur constituent la plus grande part des fiches de risques de niveau substantiel. A Lyon, les risques principaux concernent le risque biologique, les TMS et le risque d'intoxication (Figure 6).

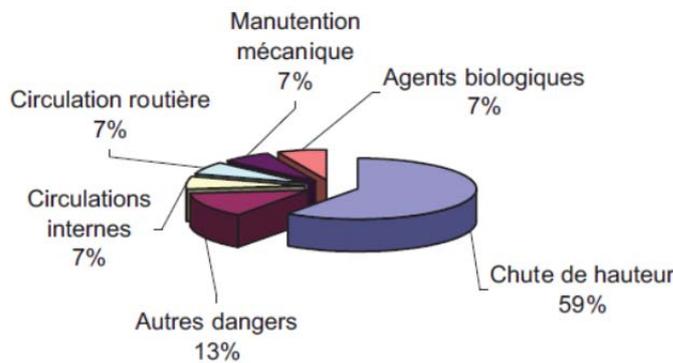


Figure 5 : Répartition des fiches de risques de niveau jugé substantiel en fonction de la nature du danger (document unique, Ville de Paris 2010)

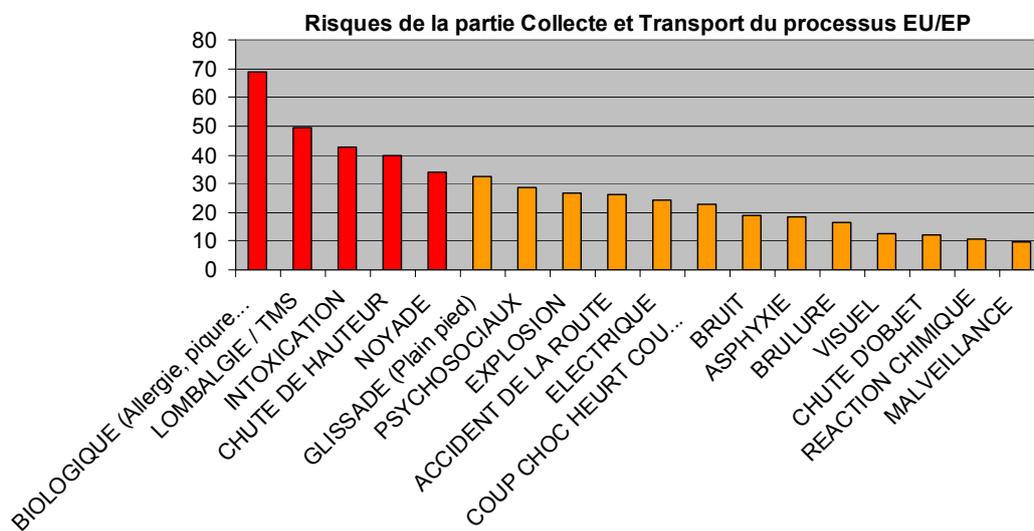


Figure 6 : Répartition des risques « Partie collecte et transport du processus EU/EP » du Grand Lyon (issu d'un document transmis lors de l'audition du Grand Lyon).

5.2 Pathologies professionnelles connues et accidents

5.2.1 Tableaux des maladies professionnelles

Pour pouvoir être reconnue comme « maladie professionnelle », une maladie doit figurer sur l'un des tableaux annexés au Code de la Sécurité sociale. Les tableaux de maladies professionnelles sont créés et modifiés par décret, après avis du Conseil d'orientation des conditions de travail.

Une maladie peut être reconnue en maladie professionnelle si elle est la conséquence directe de l'exposition d'un travailleur à un risque physique, chimique ou biologique, ou résulte des conditions dans lesquelles s'exerçait l'activité professionnelle mise en cause. Etablir une relation directe de cause à effet entre la maladie d'un travailleur et son exposition professionnelle peut s'avérer difficile. La loi prévoit que cette reconnaissance résulte :

- soit d'une présomption d'origine si toutes les conditions inscrites au tableau sont remplies,
- soit de la reconnaissance d'un lien entre activité professionnelle et maladie, reconnaissance prononcée par un comité spécialement chargé de ces questions.

Pour remplir les critères exigés par un tableau et bénéficier de la présomption d'origine, 3 conditions doivent être remplies :

- la maladie est inscrite dans un tableau de maladie professionnelle, parfois dans le titre du tableau, toujours en 1^{ère} colonne (nom de la maladie ou liste des symptômes reconnus) ;
- le délai de prise en charge¹⁴ (2^{ème} colonne) est respecté ;
- la profession exercée par la victime ou l'exposition professionnelle à la nuisance incriminée est clairement inscrite dans la 3^{ème} colonne du tableau (liste limitative) ou cette 3^{ème} colonne est constituée d'une liste indicative donnant la possibilité d'un rapprochement entre cette liste et l'activité professionnelle incriminée.

Certains tableaux prévoient également une durée minimum d'exposition.

Néanmoins, sous certaines conditions, des maladies n'y figurant pas peuvent également être prises en charge¹⁵. Le dossier doit alors être présenté au Comité régional de reconnaissance des maladies professionnelles (CRRMP).

D'autres maladies pouvant concerner les égoutiers peuvent être mentionnées dans des tableaux de maladies professionnelles, par exemple les tableaux n°98 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes, n°79 Lésions chroniques du ménisque, et n°46 Mycoses cutanées. Mais ces tableaux 98, 79, et 46 sont des tableaux avec une liste limitative des professions permettant de prétendre à une reconnaissance en maladie professionnelle. Dans chacune de ces listes, il n'existe aucun mot ou groupe de mots pouvant permettre à un égoutier ou ses ayant-droits de demander la reconnaissance et l'indemnisation d'une de ces affections au titre des maladies professionnelles en s'appuyant sur un de ces tableaux.

Le Tableau 2 mentionne les principaux tableaux de maladies professionnelles où sont mentionnées les activités des égoutiers ou l'exposition aux eaux usées.

D'autres maladies pouvant concerner les égoutiers peuvent être mentionnées dans des tableaux de maladies professionnelles, par exemple les tableaux n°98 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes, n°79 Lésions chroniques du ménisque, et n°46 Mycoses cutanées. Mais ces tableaux 98, 79, et 46 sont des tableaux avec

¹⁴ Délai de prise en charge : délai écoulé entre la fin de l'exposition au risque mis en cause dans l'origine de la maladie et la date de constatation de la dite maladie

¹⁵ Pour de plus de renseignements, consulter le Guide des maladies professionnelles ou l'Aide-mémoire juridique TJ 19 mis en ligne sur le site de l'INRS (www.inrs.fr). La version électronique du guide permet une interrogation de cette base par un très large choix de mots clés.

une liste limitative des professions permettant de prétendre à une reconnaissance en maladie professionnelle. Dans chacune de ces listes, il n'existe aucun mot ou groupe de mots pouvant permettre à un égoutier ou ses ayants-droits de demander la reconnaissance et l'indemnisation d'une de ces affections au titre des maladies professionnelles en s'appuyant sur un de ces tableaux.

Tableau 2 : Exemples de tableaux de maladies professionnelles pouvant concerner les activités des égoutiers

Tableau	Travaux
Tableau n°7 : Tétanos professionnel	Tableau spécifique aux « Travaux effectués dans les égouts ». Pour toute autre profession, un tétanos ne pourrait être reconnu et indemnisé comme maladie professionnelle que comme complication d'un accident du travail dûment déclaré.
Tableau n°19 : Spirochétoses (à l'exception des tréponématoses) 19A = leptospirose	Travaux suivants exposant à des animaux susceptibles d'être porteurs de germe et effectués notamment au contact d'eau ou dans des lieux humides, susceptibles d'être souillés par les déjections de ces animaux : [...] b) Travaux effectués dans les égouts , les caves, les chais ;
Tableau n°45 : Infections d'origine professionnelle par les virus des hépatites A, B, C, D et E 45A = Hépatite A et E	La liste des professions pouvant ouvrir droit à réparation est une liste limitative dans laquelle sont mentionnés les : Travaux exposant au contact d'eaux usées lors de l'installation, l'exploitation et l'entretien des réseaux d'assainissement , de stations d'épuration.
Tableau n°64 : Intoxication professionnelle par l'oxyde de carbone	La liste des professions pouvant ouvrir droit à réparation est une « liste indicative », la seule présence d'un engin susceptible de dégager du monoxyde de carbone suffit donc. Travaux exposant aux émanations d'oxyde de carbone provenant d'origines diverses, notamment de foyers industriels, de gazogènes, d'appareils de chauffage ou de moteurs à allumage commandé.
Tableau n°66 bis : Pneumopathies d'hypersensibilité	La liste des professions pouvant ouvrir droit à réparation est une liste limitative dans laquelle est mentionné le mot « égouts » Travaux en milieux contaminés par des micro-organismes aéroportés (bactéries, moisissures, algues): saunas, piscines, égouts , filières de traitement des déchets (compostage et fabrication de composte), ateliers pollués par des aérosols d'huile de coupe contaminée.

5.2.2 Sinistralité

Les données de sinistralité sont les statistiques des accidents du travail (AT) et maladies professionnelles (MP). Ces indices permettent d'analyser les AT/MP par secteur d'activité, et de fixer le montant des cotisations AT/MP des entreprises. Ils peuvent aussi être utilisés par l'institution Prévention pour définir des programmes d'actions prioritaires pour certains secteurs particulièrement accidentogènes ou responsables d'un certain type de maladie. Ils permettent également de comparer la situation d'une entreprise par rapport à la situation nationale dans le même secteur d'activité.

Les données nationales de sinistralité sont établies pour le régime général sur la base des renseignements mentionnés par les entreprises sur chaque déclaration d'accident du travail. Elles sont disponibles sur le site de l'assurance maladie.

Il n'a pas été possible de retrouver des données propres au métier d'égoutiers. Les données disponibles cernent l'activité de « collecte et traitement des eaux usées » et englobent donc les égoutiers ainsi que les activités relatives au traitement des eaux usées.

Par ailleurs les données de sinistralité ne concernent que les travailleurs du régime général de l'assurance maladie. Il n'existe pas de statistiques nationales de maladies imputables à un service en particulier au sein de la fonction publique territoriale CNRACL 2013.

De ce fait les données de sinistralité disponibles ne sont ni spécifiques des égoutiers ni exhaustives.

La répartition des accidents du travail suivant le risque à l'origine de l'accident est présentée dans le Tableau 3).

Tableau 3 : Répartition des accidents du travail suivant le risque à l'origine de l'accident, NAF 3700Z « collecte et traitement des eaux usées » (source Assurance Maladie Risques Professionnels 2014)

Origine de l'accident ¹⁶	2009	2010	2011	2012	2013
Objets en cours de manipulation	32	32	32	38	50
accidents de plain-pied	28	24	26	23	13
chute avec dénivellation	13	15	11	13	20
objets en mouvement accidentel	5	5	6	5	6
objets en cours de transport	4	4	5	4	3
autre	18	20	20	17	7

Les données transmises par le Service technique de l'eau et de l'assainissement de la Ville de Paris montrent que les taux de fréquence pour l'ensemble du service sont comparables aux données nationales. Cependant des taux de fréquence très élevés sont constatés pour les activités de curage (facteur 3) et de collecte (plus d'un facteur 2) (Cf. Figure 7).

En ce qui concerne les maladies professionnelles, les données disponibles auprès de l'Assurance Maladie sont résumées dans le Tableau 4. Il est à noter un décès sans plus de précision disponible.

¹⁶ Depuis 2013, les intitulés ont été modifiés : manutention manuelle, chute de plain-pied, chute de hauteur, outillage à main, risque routier. Pour faciliter la lecture, les données 2013 apparaissent avec la précédente dénomination.

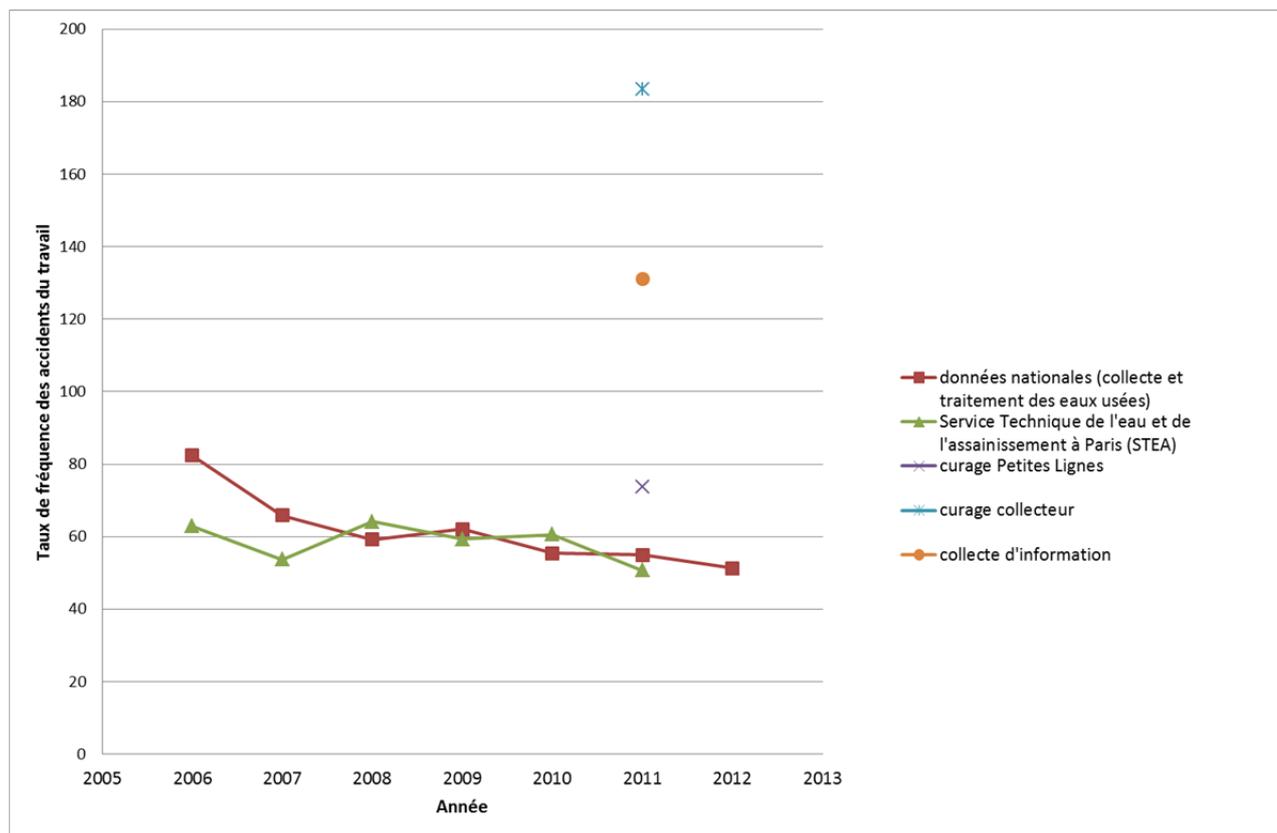


Figure 7 : Comparaison des taux de fréquence des accidents du travail (nationaux / Paris) (source Assurance Maladie Risques Professionnels 2014, Paris 2012a)

Tableau 4 : Maladies professionnelles, NAF 3700Z « collecte et traitement des eaux usées » (source Assurance Maladie Risques Professionnels 2014)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nombre de MP en 1 ^{er} règlement	18	20	20	25	25	37	29	24
Nombre de nouvelles incapacités permanentes	8	4	14	12	11	25	19	9
Nombre de décès	0	0	0	0	0	1	0	0

5.2.3 Bases de données santé travail

5.2.3.1 Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (RNV3P)

Le Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (rnv3p) réunit l'ensemble des 31 centres de consultation de pathologie professionnelle (CCPP) français, ainsi que plusieurs services de santé au travail (SST) rattachés au réseau. Il enregistre de façon standardisée l'ensemble des consultations réalisées dans les CCPP d'une part, et l'ensemble des problèmes de santé au travail incidents diagnostiqués par les SST participants au RNV3P, d'autre part. Les informations suivantes sont collectées : données démographiques du patient, pathologies, expositions, secteur d'activité, profession, imputabilité entre pathologie et exposition.

Le RNV3P n'est pas un système de surveillance sanitaire permettant d'avoir une image représentative des fréquences réelles de pathologies dans un secteur donné. Cependant, l'intérêt

de ces données réside dans le fait qu'elles sont ouvertes sur l'ensemble du champ des pathologies suspectées d'être professionnelles (indépendamment des considérations médico-légales d'indemnisation) et qu'elles reposent sur des dossiers bien documentés.

Au sein du réseau, les données recueillies sont analysées sous forme de « Problème de santé au travail » (PST). Ces PST sont constitués principalement de diagnostics sur l'origine professionnelle d'une pathologie et de conseils pour aptitude, orientation ou reclassement. Lors de l'investigation, le médecin expert cherche le lien entre les expositions professionnelles et la pathologie diagnostiquée chez le patient venu consulter. Ce lien, se présente sous la forme d'un niveau d'imputabilité (noté de 0 à 3 selon le degré de certitude) attribué pour chaque couple (pathologie-« nuisance »).

Au sein de la base du RNV3P, les données sont codées avec les référentiels suivants :

- Pour les pathologies : la classification internationale des maladies (CIM-10).
- Pour les nuisances : le thésaurus des nuisances (ou thésaurus des expositions professionnelles).
- Pour les secteurs d'activité : la Nomenclature Française des Activités (NAF-93)

Il n'existe pas de code assez restrictif pour une identification simple par le poste de travail ou le secteur d'activité de la population des travailleurs égoutiers : Absence de codes NAF ou de codes issus de la Classification Internationale Type des Profession (CITP) spécifiques. La population d'intérêt a donc été recherchée via le secteur d'activité « NAF-93 : 90.0A - Épuration des eaux usées » et en ciblant le terme « égout » ou d'autres termes d'intérêt dans les observations cliniques des dossiers des patients. La méthodologie de recherche de cas est détaillée en Annexe 5.

Au total, une centaine de PST a été trouvée au sein de la base de données nationale du RNV3P sur la période 2001-2012 dont 4 PST appartenant à la fois au secteur d'activité responsable déclaré 90.0A « Épuration des eaux usées » et ayant un mémo clinique contenant l'expression « égout ».

Une quarantaine de postes de travail responsables différents ont été relevés, ce qui illustre bien la difficulté de codage et d'identification du travail lié aux égouts et à l'assainissement de l'eau. Parmi ces PST, il n'est pas certain que les cas relevés soient des égoutiers, mais il est probable que les cas concernaient des travailleurs au contact des eaux usées.

Peu d'expositions biologiques ont été enregistrées. Les expositions rencontrées sont principalement des expositions :

- aux agents chimiques (hydrogène sulfuré, amiante, methylmercaptan, amoniac etc.),
- aux facteurs biomécaniques (port de charge, posture debout etc.),
- aux facteurs organisationnels relationnels et éthiques,
- au bruit,
- aux eaux usées et aux agents biologiques.

Les principales pathologies observées sont en lien avec ces expositions : maladies de l'appareil respiratoire, troubles musculo-squelettiques, perte de l'audition, troubles dermatologiques.

Ces résultats confirment l'existence de certaines expositions et pathologies retrouvées dans la littérature (Cf. § 8.2 et §10).

D'autres situations professionnelles moins attendues ont été vues et montrent des expositions similaires à la population des travailleurs égoutiers : commercial présentant ses produits dans les réseaux d'égouts, inspecteurs de police, ingénieur en génie civil intervenant dans les réseaux d'égout, etc.

5.2.3.2 Exppro

Le portail Exp-Pro géré par l'InVS permet de consulter les matrices emplois-expositions issues des programmes Matgéné, Sumex 2 et Ev@lutil.

Le programme Matgéné, a pour objectif la réalisation de « matrices emplois-expositions » adaptées à la population générale française, prenant en compte tous les secteurs d'activité et toutes les professions. Il est ainsi possible de connaître depuis les années 50 jusqu'à nos jours, l'exposition à une nuisance quel que soit l'emploi exercé. Les nuisances actuellement évaluées concernent : des poussières minérales (Ciment, Silice) et organiques (Cuir, Farine), des solvants (Solvants pétroliers et chlorés) et des fibres (Amiante, Laines minérales).

Sumex2 est une matrice emplois-expositions élaborée par l'InVS en collaboration avec l'Inserm à partir des données de l'enquête Sumer 2003. Cette enquête copilotée par la DGT et la Dares, a permis de recueillir auprès d'environ 50 000 salariés français, des informations sur les expositions professionnelles. Sumex2 documente l'exposition professionnelle des salariés en 2003 pour 71 agents chimiques, 18 familles de nuisances chimiques et 3 nuisances physiques.

Ev@lutil est une base de données sur les expositions professionnelles à l'amiante et aux fibres minérales artificielles (FMA). La matrice emplois-exposition fournit, pour un emploi donné, des informations sur l'exposition à l'amiante évaluée par des experts.

Dans ces matrices, chaque emploi se présente sous forme de code. Les nomenclatures de professions et d'activités susceptibles d'être utilisées pour l'élaboration des matrices sont diverses :

- pour les professions : la Classification des professions et catégories professionnelles (PCS, édition de 1994) et la Classification internationale type des professions (CITP, édition de 1968)
- pour les secteurs d'activités : la Nomenclature d'activités française (NAF, édition de 1993 mise à jour en 2000) et la Classification internationale type des industries (CITI, édition de 1975) éditée par le Bureau de statistiques des Nations-Unies

Toutefois, il n'existe pas de codes NAF ou de codes issus de la Classification Internationale Type des Profession (CITP) spécifiques au métier d'égoutier. Il n'a donc pas été possible de recueillir des informations concernant les égoutiers par le biais de ces bases de données.

5.2.3.3 Cosmop

Le programme Cosmop, mis en place par l'Institut de Veille Sanitaire (France), a pour objectif de décrire de façon systématique et régulière la mortalité, par cause, d'un échantillon représentatif au 1/100^e de la population française, en fonction de la profession et du secteur d'activité économique (<http://www.invs.sante.fr/applications/cosmop/index.asp>, date de consultation novembre 2014). Ainsi, l'interrogation de la base e-Cosmop indique que les travailleurs ayant déclaré le secteur « Assainissement, voirie et gestion des déchets » comme dernier secteur d'activité montrent un léger excès de décès par cancer statistiquement non significatif par rapport aux travailleurs des autres secteurs (98 décès par cancer : RR=1,17 ; IC95%=0,96-1,43). Il est à noter cependant que ce secteur regroupe les « égoutiers » mais également les autres métiers de l'« épuration des eaux usées », de l'« enlèvement et traitement des ordures ménagères » et de l'« élimination et traitement des autres déchets ».

5.2.3.4 Dispositifs de surveillances de la santé au travail MCP et Samotrace

Le département santé travail de l'institut de veille sanitaire a mis en place plusieurs dispositifs de surveillance de la santé au travail. Deux dispositifs particuliers concernent notamment les maladies à caractère professionnel (MCP) et la santé mentale au travail (Samotrace).

Le programme Samotrace (Santé mentale observatoire du travail Rhône-Alpes et Centre), mis en place par le département santé travail de l'InVS, associé à l'origine à l'Institut de médecine du

travail et à l'université François Rabelais de Tours, permet de décrire les prévalences de différents troubles de santé mentale et d'analyser les liens entre ces troubles et les expositions professionnelles pour un large ensemble de professions et de secteurs d'activité. Samotrace a été implanté dans deux zones géographiques pilotes : en 2006, en régions Centre, Poitou-Charentes et Pays de la Loire puis, en 2007, en région Rhône-Alpes (départements du Rhône et de l'Isère).

Le dispositif comprend trois volets indépendants :

- un volet de veille épidémiologique en entreprises, qui permet d'obtenir des prévalences de différents problèmes de santé mentale selon la profession et le secteur d'activité, et des descriptions des expositions professionnelles associées. Il s'appuie sur la participation volontaire des médecins du travail ;
- un volet médico-administratif, qui a pour objectif de décrire les mises en invalidité pour troubles psychiatriques selon les catégories socioprofessionnelles et les secteurs d'activité. Les données sont recueillies auprès du salarié par les médecins-conseils de l'assurance maladie (régime général et MSA) lors de la visite concluant à l'attribution de la pension d'invalidité ;
- un volet de recueil monographique, facultatif, qui consiste en une analyse qualitative détaillée de situations de souffrance mentale ou de décompensation psychopathologique par un réseau de médecins du travail expérimentés dans le domaine de la santé mentale et dans la rédaction de monographies basées sur la clinique médicale du travail.

Le programme de surveillance des maladies à caractère professionnel complète le dispositif réglementaire de déclaration des maladies professionnelles. Au cours d'une quinzaine de jours de surveillance chaque année, les médecins du travail volontaires de plusieurs régions complètent des fiches de surveillance lorsqu'ils sont confrontés à un salariés présentant une maladie à caractère professionnel. Ces observations permettent d'estimer les prévalences et les incidences des affections jugées par les médecins du travail comme en lien avec le travail. Des descriptions selon certaines caractéristiques professionnelles sont réalisées. Elles contribuent à une estimation de l'ampleur de la sous-déclaration des pathologies susceptibles d'être déclarées et reconnues au titre des tableaux de maladies professionnelles (MP). Après une première expérimentation dans la région des Pays de la Loire en 2003, le programme de surveillance des MCP s'est étendu progressivement à quatorze autres régions métropolitaines jusqu'en 2012

Le programme national d'actions contre le suicide 2011-2014 insiste sur le besoin "d'améliorer la qualité des données et le suivi de la mortalité par suicide en population générale et au sein de populations ou dans des lieux de vie spécifiques". Dans ce cadre, l'InVS a exploré la possibilité de mettre en place un dispositif de surveillance multi-sources afin de quantifier et décrire les suicides en lien avec le travail chez les actifs en France.

Les données recueillies dans le cadre des surveillances MCP et Samotrace notamment ne permettent pas de repérer les professionnels travaillant dans les égouts, les stations de traitement des eaux usées ou l'assainissement.

Certains éléments généraux ont toutefois pu être relevés en ce qui concerne la souffrance psychique liée au travail et les suicides.

En France, la souffrance psychique liée au travail varie selon la catégorie sociale : la différence des taux de prévalence par catégorie sociale de la souffrance psychique liée au travail est statistiquement significative, cette souffrance étant moins élevée ($p < 0,05$) chez les ouvriers que chez les employés, professions intermédiaires et cadres, chez les hommes comme chez les femmes (Khireddine *et al.* (2015); Cohidon *et al.* (2012)).

L'analyse de la mortalité et des causes de décès de 1968 à 1999 par secteur d'activité à partir de l'échantillon démographique permanent montre que le risque relatif de décès par suicide ajusté sur l'âge et la période d'observation, est de manière statistiquement significative plus élevé chez les

ouvriers que chez les cadres INVS 2006. De même, les résultats de l'étude Samotrace menée en Rhône-Alpes entre 2006 et 2008 indiquent que le risque suicidaire est statistiquement significativement plus élevé, chez les hommes ouvriers que chez les hommes cadres ($p < 0,01$).

5.2.4 Bilans médicaux

Les données présentées dans ce chapitre sont issues des bilans médicaux du personnel de la Ville de Paris bénéficiant d'une surveillance médicale renforcée sur la période 2008-2010 (N = 299) transmises par la Ville de Paris lors de son audition.

Ces données concernent :

- les égoutiers (86,3%) (activités : collecte, curage petites lignes, curage collecteur, prélèvement, permanence, visite publique des égouts, réhabilitation)
- le personnel d'entretien et de maintenance (7%) (activités : maintenance des équipements)
- les agents de maîtrise (6,7%) (activités : organisation du travail, planning, management des équipes, coordination).

L'âge moyen du personnel suivi est de 41,7 ans et l'ancienneté moyenne de 13,1 ans. Le pourcentage des effectifs pratiquant au moins un sport (fréquence non renseignée) est de 52,3.

L'état de santé des effectifs suivis est présenté dans le Tableau 5. La fréquence des symptômes observés a été comparée aux données de suivi pour la période 2006-2007. Bien qu'elles soient en baisse par rapport à la précédente période de suivi, les pathologies les plus fréquemment observées sont les affections ostéo-articulaires.

Tableau 5 : Etat de santé des effectifs du personnel travaillant en égouts suivi dans le cadre de la Surveillance Médicale Renforcée sur la période 2008-2010

Maladies	Fréquence	Observations	Comparaison 2006-2007 / 2008-2010
Affections ostéo-articulaires	23,4 %	TMS, lombalgies chroniques, arthrose et hernie discale	- 16,5%
Maladies endocriniennes et métaboliques	16,1%	Diabète, obésité, IMC moyen = 31,6	+ 0,6 %
Maladies cardio-vasculaires	14,4%	HTA, cholestérol	- 6,6 %
Affections respiratoires	8,4%	Asthme	+ 2,5%
Maladies neuropsychiques	7,7 %	Dépressions	---
Maladies ORL	7%	Rhinites allergiques et sinusites	+1,4%
Maladies hépato-digestives	6%	Ulcère, gastrite...	- 2,8%

Les plaintes et symptômes déclarés par le personnel suivi sur la période 2008-2010 sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Plaintes et symptômes du personnel travaillant en égouts suivi dans le cadre de la Surveillance Médicale Renforcée sur la période 2008-2010

Plaintes et symptômes	Nombre	Observations
TMS, respiratoires, digestives, symptômes généraux	299 agents ont évoqué des symptômes et des plaintes	TMS, lombalgies, diarrhées et troubles digestifs, troubles respiratoires, symptômes généraux
Risques psychosociaux (RPS)	15 agents ont évoqué des plaintes	Souffrance au travail en lien avec les RPS : conflit relationnel avec la hiérarchie (2 cas) et avec des collègues (2 cas), harcèlement psychologique (2 cas), surcharge de travail et burn out (4 cas), stress au travail (3 cas), agression interne (2 cas)

5.3 Perception des enjeux et des pratiques de sécurité

Une étude visant à évaluer la perception des enjeux et des pratiques de sécurité par les agents de la section d'assainissement de la Ville de Paris a été réalisée en 2011 CNPP 2011. Cette étude s'est déroulée en deux temps :

- Une première étape : réalisation de 8 groupes de prises de parole de 6-12 personnes soit 38 opérateurs et 12 cadres et agent de maîtrise entendus.
- Une seconde étape : conception et diffusion d'un questionnaire auquel 170 opérateurs et 44 cadres, techniciens et agents de maîtrises ont répondu.

La conclusion de cette étude est que la sécurité et la santé sont des préoccupations partagées par les agents et les encadrants. Actuellement, les risques sanitaires supplantent les risques d'accidents dans l'ordre d'importance pour les opérateurs comme pour l'encadrement.

La plupart des agents trouvent que les conditions de travail se sont globalement améliorées ces dernières années (pour 80% des encadrants et 50% des opérateurs).

Toutefois, cette étude met en lumière des décalages de perception sur la gestion du risque et ses moyens.

Si le manque de vigilance (68%) et d'expérience (53%) constituent « souvent à très souvent » les premières causes de survenue des accidents pour les opérateurs, pour les cadres il s'agit plutôt à 80% du non respect des règles (60% pour la maîtrise et 30% pour les opérateurs) et du manque d'organisation (65%). Ces décalages de perception entre « sécurité réglée » et « gérée » sont également sensibles sur les moyens en matière de sécurité. Perçus comme satisfaisants à 76% de l'encadrement et pour la maintenance, ils le sont moins pour les opérateurs allant de 58% de satisfaction pour la surveillance, à 45% pour le curage collecteurs et 17% pour la subdivision contrôle des eaux (pose de préleveurs, enquêtes).

Les règles, les formations ou encore de l'analyse par l'arbre des causes ne sont pas exclus d'un point de vue « intérêt », mais ils peinent à faire l'unanimité car en décalage avec la réalité perçue des opérateurs. Pour 30 % de l'encadrement et 50 % des opérateurs la survenue des accidents est favorisée « souvent à très souvent » par l'urgence, les opérations dangereuses inévitables, ou encore « la faute à pas de chance ». Cela suggère une certaine vision fataliste d'une part

importante de la population interrogée quant à la capacité de l'organisation à pouvoir éviter les accidents.

Pour les opérateurs, l'utilité des échanges diminue au fur et à mesure que l'interlocuteur est éloigné du terrain (100% utile entre opérateurs, 40% utile avec les cadres). Si les cadres et agents de maîtrise disent être écoutés par l'encadrement supérieur (92%), c'est moins le cas pour les opérateurs qui se sentent rarement à jamais écoutés à 45% par l'encadrement supérieur.

6 Mesures de prévention et moyens de protection

Les mesures de prévention et les moyens de protections actuels font l'objet de consignes écrites. La protection collective est assurée par la ventilation des égouts par ouverture de 2 ou 3 regards, 10 à 20 min avant la descente et pendant la descente. Chaque égoutier dispose d'un équipement de protection individuelle conséquent et encombrant. De manière générale cet équipement est composé d'un casque de chantier muni de lunettes de sécurité intégrées, d'une jugulaire et d'une lampe frontale, d'un vêtement de travail couvrant l'ensemble du corps, d'une combinaison jetable de type Tyveck, de bottes étanches à semelles antidérapantes (pantalon bottes, cuissardes ou petites bottes « égoutiers » suivant le niveau d'eau), de gants d'égoutiers (gants nitrile et gants caoutchouc), d'un masque de fuite, d'un détecteur 4 gaz (CO, H₂S, CH₄, O₂).

Certains agents, notamment ceux de la permanence et du service de contrôle des eaux peuvent également utiliser un appareil respiratoire isolant (ARI).

Toutefois, certaines de ces mesures sont récentes comme par exemple la mise à disposition de combinaisons jetables en 2011 par la Ville de Paris en remplacement des bleus de travail, le déploiement des détecteurs 4 gaz individuels plutôt que 1 par équipe depuis 2011, etc.

Par le passé les seules informations disponibles sont issues d'une thèse pour le doctorat en médecine du travail sur le métier d'égoutiers et la prévention des risques professionnels (Veanjean 1984) qui décrit le travail des égoutiers de la Ville de Paris en 1984. Les égoutiers descendaient quotidiennement sans contrôle préalable d'atmosphère et ajournaient leur descente en cas d'odeur suspecte Veanjean 1984. Les contrôles d'atmosphère n'étaient réalisés qu'en cas de suspicion d'un danger (Cf. Tableau 7).

La ventilation avant descente n'était pas systématique. Les vêtements de travail étaient nettoyés une fois par semaine.

Il n'y a aucune obligation de vaccination pour les égoutiers.

La vaccination anti-leptospirose était obligatoire à l'embauche chez les égoutiers parisiens depuis 1979 (Extrait du registre des délibérations du Conseil de Paris, séance du 22/01/1979) jusqu'en 2012. Une décision du Tribunal administratif de Paris, en date du 27/12/2012, a enjoint à la Ville de Paris d'abroger cette disposition. Aujourd'hui, la vaccination anti-leptospirose n'est plus obligatoire mais est toujours recommandée par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) dans sa recommandations du 18 mars 2005 et par la la Ville de Paris. En 2004, 98% des égoutiers parisiens étaient vaccinés contre la leptospirose (INRS 2004)

La vaccination anti-hepatite A est également recommandée pour les égoutiers. En 2004, 51% des égoutiers parisiens étaient vaccinés contre l'hépatite A (INRS 2004).

Tableau 7 : Mesures de prévention, consignes de sécurité et moyens de protection en 1984 et en 2011 (Veanjean, 1984, Ville de Paris, 2011)

	1984	2011
Contrôles périodiques rejets	Prélèvements rejets industries + prélèvements atmosphère : une équipe dédiée	
Prélèvements atmosphère avant intervention	Pas de mesure systématique avant descente. Ajourner la descente si odeur suspecte.	Un détecteur 4 gaz par équipe jusqu'à 2011. Déploiement d'un détecteur par agent à partir de 2011.
Prélèvements d'atmosphère lors de travaux particuliers	-	des prélèvements d'atmosphères sont réalisés lorsqu'une pollution est suspectée
Ventilation	Non systématique Préconisation : Ouverture de 2 tampons, ventilation naturelle 10 min avant la descente.	Assainir l'air de l'égout durant 20 mn par deux regards d'accès ouverts avant d'engager la descente : cette disposition est insérée dans les consignes générales et expliquée lors des formations. Ouverture de trois regards au départ de la collecte Ventilation mécanique 20 mn avant le début d'une opération d'extraction des bassins de dessablement et au cours de l'opération.
En surface	Un égoutier doit rester en surface	1 ou 2 égoutiers en surface (pour la collecte)
Équipement individuel	Casque Lampe individuelle de sécurité - Bottes ou cuissardes Ceinture ou harnais de sécurité - Gants Vêtement de travail	casque de chantier muni de lunettes de sécurité intégrées, d'une jugulaire et d'une lampe frontale masque type FFP2 - détecteurs 4 gaz (CO, H ₂ S, CH ₄ , O ₂) masque de fuite appareil respiratoire isolant (ARI) pour certains agents (permanence et SCE) - Bottes étanches à semelles antidérapantes (pantalon bottes, cuissardes ou petites bottes « égoutiers » suivant le niveau d'eau) - gants d'égoutiers (gants nitrile et gants caoutchoucs gants manutentions - vêtement de travail couvrant l'ensemble du corps + combinaisons jetables (depuis 2011) - pour le garde orifice : gilet haute visibilité, chaussure de sécurité
Équipement pour l'équipe	Préconisation : Matériel de secourisme : trousse de soins, corde de sauvetage, harnais, masques autonomes, une couverture	lève tampons, col de cygne, talkie walkie
Consignes d'hygiène individuelle	Interdiction de porter des vêtements de travail en dehors des lieux où ils sont nécessaires. Nettoyage et désinfection des vêtements de travail : lavage au minimum hebdomadaire conseillé.	Pré-laver gants, bottes et matériel souillé grâce à une bouche de lavage avant de les ranger à l'arrière du véhicule. Mettre des gants pour charger le véhicule. Porter les chaussures de sécurité dans le véhicule (et non les bottes qui sont réservées à l'égout). Sur site, se laver les mains. Si le véhicule ne dispose pas d'une réserve d'eau et de savon, utiliser des lingettes désinfectantes. Ne pas fumer, ni manger, ni boire sans avoir les mains propres.

7 Dimensions symbolique et culturelle : approche ethnologique

Il est proposé, dans cette partie, une étude ethnologique des matériaux recueillis par le GT. Cette approche permet plus particulièrement de prendre en considération les dimensions culturelle et symbolique des faits observés. Du point de vue de la méthode, il s'est agi d'analyser les entretiens (enregistrés) tout en prenant appui sur une revue de la littérature. Les études en sciences humaines et sociales ayant pour objet les égoutiers sont rares, mais de nombreuses récurrences ont pu être relevées entre les données recueillies par le GT et celles recueillies en d'autres lieux. Quelques notions issues de la sociologie et de la psychologie du travail ont également été utilisées. Les propos développés par les interlocuteurs sont parfois contradictoires. Cela est fonction de la position sociale de chacun, de son histoire, de ses conditions de vie. L'objectif est de restituer « l'espace des points de vue » tout en faisant reposer l'analyse sur les récurrences (Bourdieu 1993).

Ces dernières années, les conditions de travail des égoutiers ainsi que les modes de recrutement et les cultures professionnelles ont connu des transformations conséquentes. Les données recueillies par les études INRS sont antérieures à ces transformations, elles n'en mesurent pas les effets sur la santé des égoutiers qui exercent aujourd'hui. Ces évolutions sur les cultures et pratiques professionnelles sont ici prises en compte, tout en prêtant attention aux pratiques et représentations héritées du passé.

7.1 Invisibilité des égoutiers, rareté des études

Les égouts de Paris participent à l'histoire de la ville, ils sont présents dans la littérature classique (V. Hugo) et sont environnés d'un grand nombre de fantasmes. Le musée des égouts de la Ville de Paris connaît un franc succès (100.000 visiteurs par an), il n'en demeure pas moins que la réalité du travail et de ce qui circule au fond des collecteurs est peu connue. Pour ce qui est des autres villes, la situation est encore plus nette. Les eaux usées sont socialement refoulées, repoussées sous terre dans le silence des sous-sols. Ce traitement social va de pair avec une absence de prise en considération concrète des conditions de travail. Tout comme les eaux usées, les égoutiers, leurs gestes, les effets de leurs activités sur leur santé, sont longtemps demeurés impensés par la société environnante.

La situation a toutefois évolué dans les années 1990. Les questions relatives à l'assainissement urbain, à la propreté urbaine et au respect de l'environnement ont agité la scène politique : elles ont pu parfois constituer un argument électoral et suscité des intérêts économiques. Les préoccupations portent toutefois essentiellement sur le confort des citadins, le respect de l'environnement et la propreté des rues. Les travailleurs des égouts ne sont pas au premier rang des problématiques soulevées. Les concernant, quelques recherches éparses ont été menées en matière de santé, quelques mesures ont été faites parfois, mais le GT a relevé un manque de systématicité évident, tout comme un manque de communication et de mise en commun des informations au niveau national.

D'une ville à l'autre, l'histoire des égouts diffère, tout comme les effluents et la configuration des collecteurs. Il est, en ce qui concerne le curage, des techniques différentes selon les villes et les dispositifs mis en œuvre à Paris (réseau large et vaste) ne sont pas forcément appliqués ailleurs. Adaptées, voire inventées par des acteurs locaux, qu'il s'agisse d'ingénieurs, de chefs de service ou d'ouvriers, les techniques les plus anciennes, peu publicisées, n'ont pas forcément été diffusées nationalement. Il est par ailleurs des réseaux plus sophistiqués que d'autres sur le plan technique et ce pour des raisons historiques mais également techniques liées à la nature même du

réseau et des ouvrages. C'est le cas du SIAAP (débits particulièrement importants, ouvrages de grande profondeur). L'état des techniques est par conséquent lié au statut socialement accordé aux eaux usées. Il est également déterminé par l'histoire de chaque réseau et sa localisation.

Les services des différentes villes ou régions agissent souvent de façon isolée et les tentatives de mises en commun (médecine du travail, services urbains d'assainissement, direction des services) échouent par manque de temps, de personnel, de stabilité de ce personnel. Le GT s'est ainsi confronté à une absence de données et d'études systématiques sur la population des égoutiers et ses activités professionnelles. Les interlocuteurs du GT, notamment les médecins du travail ou les responsables de services, qui ont tenté d'effectuer des études ou de recouper de façon systématique des informations concernant la santé et les conditions de travail des égoutiers, expriment souvent le sentiment d'en être « au stade du bricolage ». Ils attendent beaucoup de ces travaux d'expertise. Notamment en ce qui concerne la mise en commun des informations au niveau national et leur exploitation systématique.

7.2 Difficultés à identifier ce que l'on entend par « égoutier »

Identifier clairement ce que le terme « égoutier » recouvre n'est pas si simple qu'il y paraît. Selon les villes, les travailleurs qui descendent dans les égouts peuvent relever de la fonction publique territoriale et/ou être salariés du secteur privé. Les agents de la fonction publique territoriale n'ont pas toujours le statut d'égoutier. Ce statut est attribué aux agents territoriaux en fonction de critères précis (Cf. partie 4). Parmi les salariés du secteur privé on relève une diversité des contrats : CDI, CDD, intérimaires ... Les entreprises délégataires sont spécialisées dans le domaine de l'assainissement, mais il peut s'agir parfois, du fait de sous-traitances en cascade, d'entreprises de travaux publics qui mobilisent, le temps d'un chantier, des salariés n'étant jamais intervenus dans un collecteur d'égouts (Jeanjean 2006). Les agents employés par la Ville de Paris ont le statut d'égoutier, il est toutefois à Paris des agents de maintenance qui descendent en égouts mais ne sont pas « égoutiers ». Certaines tâches sont par ailleurs effectuées par des entreprises sous-traitantes. Ce sont dès lors des salariés du secteur privé qui interviennent dans les collecteurs d'égouts pour effectuer ces tâches. Il est de ce fait difficile d'évaluer précisément les tâches et leurs conditions d'exécution. Ce mécanisme n'est pas propre au secteur de l'assainissement, il contribue toutefois à « invisibiliser » le travail réel.

7.3 Sociologie

A Paris et dans le département de la Seine-Saint-Denis, les recrutements ont longtemps été familiaux. On était égoutier de père en fils, d'oncle en neveux, sans concours. Le recrutement avait également une orientation sociale. En province il avait tout à la fois un caractère social et clientéliste (régie). La dimension familiale n'est pas absente, elle semble toutefois moins présente qu'à Paris. A Paris jusqu'au début des années 2000, les égoutiers le devenaient à partir de 18 ans et prenaient leur retraite à 50 ans. Les interlocuteurs interrogés évoquent des carrières d'égoutiers. Ces derniers acceptaient un travail difficile et dévalorisé, ils avaient en contrepartie l'avantage de pouvoir faire embaucher leurs fils ou leurs neveux si ces derniers échouaient à l'école ou rencontraient des difficultés professionnelles. La population des égoutiers est qualifiée de « spéciale » par les personnes auditionnées tout au moins pour ce qui concerne les recrutements effectués avant les années 2000. Elle est essentiellement masculine. Les femmes longtemps absentes sont à l'heure actuelle extrêmement rares.

A propos des collectifs de travail parisiens, le terme « corporation » est parfois employé. Ces collectifs sont également dits « archaïques » par certains. A Montpellier dans les années 1990 les égoutiers considéraient que les égouts étaient un domaine d'activité qui pouvait accueillir des hommes comme eux (Jeanjean 2006). Ils se définissaient comme récalcitrants, archaïques, illettrés ou tout au moins hostiles à l'écrit, bruts. Sur le plan de la santé, ils se disaient immunisés comme les rats (Jeanjean 2006). Le GT a retrouvé quelques unes de ces représentations lors des entretiens menés. Elles concernent les anciens égoutiers, les retraités et ceux qui s'approchent de la retraite « *Je suis brut, je dis les choses comme je les pense, je ne mesure pas toujours les*

conséquences derrière », « mon surnom est Gaspard (...) on est les rats de Paris ». D'autres représentations ainsi que des valeurs professionnelles ont cours au sein des collectifs égoutiers. Ces derniers considèrent qu'ils sont utiles à la société, indispensables même, courageux puisqu'ils acceptent ce que beaucoup d'autres ne sont pas capables de faire ni de supporter. L'identité professionnelle est forte. Ils évoquent régulièrement le fait qu'ils aiment leur travail même s'ils ne l'ont pas choisi. Ils sont confrontés au dégoût et si leur activité fascine parfois ceux qui ne l'exercent pas, les savoirs égoutiers demeurent toutefois dévalorisés. Ces savoirs se sont longtemps transmis sur le tas, certes comme pour d'autres métiers, mais dans l'opacité des sous-sols ou en des lieux retranchés.

Cet état de fait semble se transformer. Il apparaît que depuis une dizaine d'années (difficile à évaluer précisément car variable) les modes de recrutement ont changé. Les égoutiers sont de plus en plus diplômés (CAP, BEP). Les recrutements se font de façon plus « administrative » et moins par cooptation ou transmission familiale. Les formations sont plus fréquentes ; et d'après les personnes auditionnées, elles sont appréciées et demandées par les égoutiers. Le turn-over semble par ailleurs plus élevé. Il semblerait que les nouvelles recrues ne fassent pas systématiquement une carrière d'égoutiers (cela demeure toutefois à vérifier dans quelques années).

7.4 Evolution des techniques

Depuis les années 1990, les techniques évoluent (inspections caméra, camion hydrocureur) mais les techniques de curage demeurent souvent identiques à celles mises en œuvre aux siècles derniers. Les acteurs les qualifient d'archaïques. Certains estiment que les dispositifs techniques ont été très peu remis en cause, très rarement réexaminés en vue de l'amélioration des conditions de travail. « Ils ne se sont finalement pas posé la question de savoir si on pouvait faire autrement ». Les égoutiers montpelliérains déclaraient dans les années 1990 « Moins on parle de nous, plus c'est meilleur signe » Jeanjean 2006. Dans les entretiens menés par le GT, il est parfois question de « hiérarchie distante ». L'important, dans ce secteur d'activité, a longtemps été précisément de ne pas faire parler de soi, de maintenir le silence et l'invisibilité qui environnent les produits d'égouts. Cette position sociale a inévitablement des effets sur la technique et son évolution. Les travailleurs ont longtemps développé leurs modes opératoires à l'abri des regards et des contrôles. Les techniques mises en œuvre sont restées longtemps identiques avec des dispositifs anciens datant parfois du 19^{ème} siècle. La débrouillardise et l'inventivité étaient fortement sollicitées en l'absence de matériel spécialisé. A Paris, mais également à Montpellier (Jeanjean 2006) les égoutiers disposaient d'ateliers (forgerons, menuisiers, cordonniers, etc.) et il était possible d'inventer et de produire sur place des outils adaptés : crochets, outils aux manches rallongés. A Paris, ces ateliers n'existent plus depuis la fin des années 1980. Dans d'autres villes, ces pratiques ont disparu sous l'effet de la délégation de service public et des normalisations.

7.5 Travail réel / travail prescrit

Actuellement, les cahiers des charges, les modes opératoires sont précis. Il existe des procédures normalisées, mais la confrontation des divers entretiens réalisés laisse entrevoir des écarts entre le travail tel qu'il est prescrit et le travail tel qu'il est effectivement réalisé. Le travail réel est à distinguer de la prescription. Comme le montre amplement la psychopathologie du travail, cette distinction classique n'est pas propre aux égouts (Clot (2008), Desjours (1980)). Dans le secteur de l'assainissement l'écart est toutefois particulièrement manifeste. Quelques mécanismes sociaux qui contribuent à opacifier le travail dans les égouts sont soulignés ci-dessus. Les travailleurs ont longtemps développé leurs modes opératoires à l'abri des regards et des contrôles. En 1998, les égoutiers montpelliérains déclaraient « la pensée s'arrête avant nous, nous on est en dessous ». Ces travailleurs, parce que leur embauche n'est pas forcément liée à la détention de diplômes scolaires relevant d'une culture de l'écrit, mais également parce qu'ils considèrent que les égouts ont une dimension secrète et sont des lieux humides et obscurs Datchary *et al.* 2008, expriment parfois l'idée selon laquelle dans les égouts l'écriture, les documents et savoirs « officiels » ne peuvent dire la vérité (Jeanjean 2006).

7.6 Transmission, savoir-faire

Les technologues montrent combien les savoir-faire professionnels, avant d'être purement techniques, sont principalement porteurs de sens, de valeurs et d'identité (Sigaut (1988), 1991). Les savoirs égoutiers ont longtemps été transmis entre pairs et sur le tas, il a été souligné plus haut l'importance de la transmission familiale, plus particulièrement à Paris. La répartition des tâches se faisait au sein des collectifs de travail et sans que la hiérarchie soit informée dans le détail (le médecin du travail auditionné explique qu'il a beaucoup de mal à savoir qui faisait quoi). La tradition orale dominait en matière de transmission, d'apprentissage et d'organisation au sein des équipes. Les collectifs et les valeurs qu'ils transmettent permettent de « tenir » dans l'activité, de « s'y voir » et de l'accepter (Delbos *et al.* (1990)). Il en va de même de la division du travail et de l'attribution des tâches lorsqu'elle se fait au sein des collectifs, notamment lorsque ceux-ci sont confrontés à des affects pénibles. Dans les égouts, les « anciens » prennent soin de ceux qu'ils forment : « *Quand on arrive, on est protégé. On nous appelle le même, on commence d'abord par soulever les tampons et puis on nous montre le reste. On vous dit « fais attention », on vous explique et puis après ça va* ». La notion de métier semble importante pour les égoutiers parisiens, davantage que dans d'autres villes. Les anciens considèrent que cette notion se perd et que pour les plus jeunes, égoutier n'est plus un métier. Selon les plus anciens, les plus jeunes ne s'investissent pas. Les plus jeunes considèrent quant à eux que les anciens étaient trop archaïques, peu soucieux d'hygiène (cet aspect est abordé plus loin). La solidarité semble être une notion importante dans ce milieu professionnel et ceci est confirmé par tous les interlocuteurs auditionnés y compris ceux qui ne sont pas égoutiers. Cette solidarité, ou tout au moins son évocation et son importance dans les représentations collectives, permet de faire face au risque et à la dévalorisation. Les collectifs permettent également de faire face à ce qui dans les égouts inquiète. Cette inquiétude est liée notamment à l'opacité du milieu, à la complexité des effluents qui recueillent « un peu tout et n'importe quoi ». La connaissance en matière de risques professionnels est présentée comme faible par les égoutiers. Ces derniers mettent en place collectivement des dispositifs de protection et des modes de connaissance dont la dimension symbolique n'est pas à négliger.

La transmission des savoir-faire, ainsi que les savoir-faire et les valeurs qui les accompagnent, se transforment. Les collectifs de travail, les liens entre les travailleurs et les modes d'engagement dans l'activité changent également. Les nouveaux modes de recrutement, l'augmentation de la prescription, entraînent une diminution de ces élaborations collectives, une diminution des savoir-faire transmis sur le tas, une diminution également de la place qu'occupe la tradition orale.

7.7 Identité professionnelle, risques et santé

Les égoutiers les plus âgés, comme noté plus haut, considèrent que les plus jeunes recrues ont moins l'esprit d'équipe et sont moins solidaires. Ils signalent parmi les jeunes une consommation de cannabis et un individualisme fort qui se traduit notamment par l'usage de casques audio individuels diffusant de la musique et des jeux sur les téléphones portables. Les plus anciens considèrent que dans le milieu hostile que constituent les égouts ou la voirie, l'absence de solidarité qui selon eux caractérise les plus jeunes est source de danger « *ils s'occupent pas de l'autre* ». Toutefois, la majorité des entretiens laisse penser que les égoutiers se contrôlent et se surveillent mutuellement encore aujourd'hui. Les anciens évoquent des pratiques alimentaires collectives traditionnelles, lesquelles, selon eux, non seulement soudaient le collectif mais également conduisaient les chefs d'équipe à s'assurer que les égoutiers ne « *descendaient pas le ventre vide* ». Les repas étaient pris le matin dans les lieux d'appel. Ils étaient constitués essentiellement de charcuterie, de pain et de beurre. Ils s'accompagnaient d'une consommation d'alcool assez conséquente et collective. Depuis 2005 ces pratiques ont cessé à Paris. La consommation d'alcool est interdite et les casses croûtes collectifs n'ont plus lieu. Un égoutier confie au GT « *Les jeunes ne font plus comme avant, ils n'arrosent plus rien* ». Les médecins du travail ne relèvent pas plus d'alcoolisme parmi les égoutiers qu'au sein d'autres groupes professionnels ouvriers. Il en va de même pour la consommation de tabac. Quelques ateliers semblent toutefois être encore concernés par de fortes consommations d'alcool.

A Montpellier Jeanjean 2006 mais également dans d'autres villes et à Paris, les égoutiers, lorsqu'ils évoquaient les décès de leurs collègues de travail ou d'égoutiers retraités, ne savaient si ils devaient en attribuer la cause aux égouts et à ce qu'on y respire, ou à la consommation d'alcool. Certains déclaraient que l'alcool leur permettait de trouver le courage de travailler dans les égouts et de lutter contre les maladies qu'on pouvait y contracter. Ils disaient « *soigner le mal par le mal* » (Jeanjean (2006) et Jeanjean 2014). Les témoignages d'égoutiers sont formels, jusque dans les années 2000 la consommation d'alcool était abondante. Elle avait par ailleurs une fonction intégrative.

Les anciens utilisaient moins de protections, étaient moins à distance physiquement et symboliquement des eaux usées, certains travaillaient sans gants (c'est parfois encore le cas), d'autres se méfiaient des vaccins. Le fait d'être exposé faisait parti du métier, de la condition d'égoutier et revêtait pour ces derniers un caractère « normal ». Les risques de chute, les rats et l'H₂S étaient connus. En revanche les risques liés aux aérosols, à la composition de l'eau, à l'air étaient mentionnés mais pas investigués précisément. La vision du risque était générale « *va savoir ce qui circule là dedans. On peut peut-être attraper le sida ou des maladies bizarres. Mais il faut bien gagner sa croûte* », « *A force de respirer tout ça on est immunisés, comme les rats* » (égoutiers montpelliérain, Jeanjean 2006), Les égoutiers faisaient peu la part des choses entre les maladies professionnelles et les autres, ils ne distinguaient pas. A Montpellier, dans les années 90 ils avaient le sentiment de connaître le réseau d'égouts par cœur. Ils avaient identifié des lieux qu'ils estimaient plus dangereux que d'autres. En particulier ceux qui pouvaient accueillir des rejets hospitaliers, les centres de recherche pharmaceutique. Ils les évitaient ou prenaient des protections particulières. Certains collecteurs étaient également considérés comme plus sales, plus dégoûtants ou encore plus menaçants que d'autres. Il apparaissait très vite que cette identification du danger ou de la saleté s'articulait à des points de vue sur le monde, des prises de position vis-à-vis de populations estimées plus ou moins souhaitables, ou encore d'activités estimées plus ou moins désirables (Jeanjean 2006). Ces acteurs symboliques négatifs focalisaient le danger, débarrassant ainsi symboliquement de tout danger les autres points du réseau. Ce mécanisme symbolique de protection face au risque est bien identifié par les sciences humaines et ce dans bien d'autres domaines que celui des égouts. Les égoutiers développaient ce que Dejours (Desjours 1980) qualifie « *d'idéologies de métier* » et qui permettent de faire face psychologiquement à l'angoisse et au risque, de les supporter. Ces idéologies peuvent passer par le déploiement de valeurs morales (courage, etc.) et la mise en œuvre d'identités viriles. C'est le cas dans les égouts. Tout ceci est produit par les collectifs de travail ; lorsque ceux-ci sont affaiblis tous ces mécanismes de défense ont du mal à se mettre en place.

Depuis la fin des années 90 la distance entre les égoutiers et les eaux usées s'est accrue du fait des évolutions sociétales évoquées plus haut. Aujourd'hui les gants sont systématiquement utilisés, l'usage des combinaisons jetables se développe et la couverture vaccinale est à jour pour la quasi totalité des égoutiers. A Paris, les vêtements de travail sont pris en charge par une entreprise de nettoyage. Il fut un temps où les égoutiers lavaient eux mêmes leurs vêtements sur place et à la main ou chez eux en les mêlant au linge familial. La prescription et la normalisation en matière d'hygiène sont beaucoup plus présentes sur les lieux d'appel.

Le souci d'identification des risques s'est accru ou tout au moins transformé. Un de nos interlocuteurs nous dit à ce propos « Avant, ils avaient une conscience diffuse du danger. Ils considéraient qu'ils effectuaient un métier à risque, dans lequel on mourrait précocement. Maintenant ils parlent de triclo, d'amiante, de composants chimiques. Ça c'est amélioré... ». Les modes de détection des gaz ont évolué, les savoir médicaux, les résultats d'études scientifiques ont été diffusés et orientent les modalités selon lesquelles les égoutiers appréhendent aujourd'hui leur milieu de travail. D'autres savoirs viennent s'adjoindre aux savoirs égoutiers traditionnels. Il est toutefois des non coïncidences, des écarts entre ces différents points de vue.

Les égoutiers, aujourd'hui, sont demandeurs de coloscopies, de scanner, de contrôles médicaux. Les médecins du travail, quant à eux, ne sont pas convaincus de la nécessité de multiplier ce type d'examen de façon systématique. Les dispositifs de protection se sont multipliés depuis le début des années 2000, ils sont parfois peu adaptés au milieu égouts. Il n'est pas toujours facile de revêtir les combinaisons jetables ou de les ôter lorsque l'on se trouve sur la chaussée, pas facile

non plus de porter ces combinaisons à l'intérieur des égouts lorsqu'on y effectue des travaux pénibles, il fait chaud et elles augmentent la transpiration. Les masques auto-sauveteurs à porter en cas d'alerte posent également quelques difficultés. Ils sont parfois lourds et leur manipulation avec des gants souillés n'est pas toujours aisée pour les égoutiers qui par ailleurs estiment que cela n'est pas forcément hygiénique « Moi je dis à mes hommes lorsque l'alarme sonne, de bloquer leur respiration et de sortir. Mettre le masque avec les gants pleins de merde, il faut les retirer... ça ne marche pas » (entretien égoutier).

Les hommes réadaptent les dispositifs de protection, ils en développent d'autres qui ne font pas partie des prescriptions.

Certains par exemple crachent pensant que cela leur permet d'évacuer les produits inhalés. Les anciens, nous l'avons signalé plus haut, déclaraient que l'alcool les désinfectait ou tout au moins les aidait à lutter contre les microbes éventuellement présents dans les égouts. Ces pratiques ont une forte dimension symbolique dans la mesure notamment où les effets du travail sur la santé demeurent flous et méconnus.

7.8 Un milieu complexe et méconnu

Dans les propos des égoutiers, mais également des responsables de service, il est fait mention de toux, de problèmes digestifs, de malaises. Ces altérations de la santé sont souvent présentées comme floues, difficilement identifiables au même titre que leurs causes souvent inconnues. « *On ne sait pas ce que l'on peut attraper là-dedans* », « *on ne sait pas ce qui circule, tout se mélange* »... Ceci conduit à prendre en considération d'une part le caractère anxiogène des égouts en tant qu'environnement de travail mais aussi la complexité de ce milieu. Dans les égouts, des substances rejetées par une multitude d'individus, une multitude de gestes plus ou moins licites, plus ou moins conformes à la réglementation, se mélangent. Les égoutiers de Montpellier déclaraient dans les années 90 « *ce qui est sale ce n'est pas la merde, ce qui est sale c'est le mélange, c'est les gens* », « *c'est un mélange* », « *il y a tout* » et ce tout provient de la ville, d'un territoire tout entier. Ils exprimaient leurs inquiétudes face aux propriétés de ce mélange, à cet état d'indistinction Jeanjean 2006. Les interlocuteurs auditionnés (y compris les médecins du travail) ont évoqué « *un bouillon* », « *une bouillabaisse* », « *une cuisine chimique* ». Du point de vue de la chimie, comme cela est mentionné dans le rapport, le mélange de tous ces produits est extrêmement complexe, les réactions sont peu identifiables (cf partie 8) et il est difficile d'en mesurer les effets sur la santé. D'un point de vue symbolique, le mélange et l'indistinction constituent des menaces. Ils mettent en péril l'ordre. L'anthropologue Mary Douglas (Douglas 1992) incontournable dès qu'il s'agit de penser la souillure, la saleté, la pollution, analyse la souillure en tant que menace contre l'ordre. La saleté est, selon cet auteur, ce qui n'est pas à sa place, ce qui brouille les limites, perturbe les catégories culturelles. Par ailleurs les produits d'égouts sont inscrits dans un processus de décomposition, de pourrissement lequel n'est pas sans évoquer les aspects redoutés de la mort (Jeanjean 2006). Non seulement le mélange est craint, mais il est dans les égouts particulièrement difficile d'en maîtriser la composition. Un grand nombre de gestes à l'origine des rejets échappent aux contrôles : qu'il s'agisse des pressings ou d'autres activités polluantes pas toujours identifiées ni aisément contrôlées, des rejets d'hydrocarbures dont l'origine est souvent difficile à identifier ou des innombrables rejets effectués par des particuliers au cœur de leur vie privée. Pour des réseaux qui recueillent les rejets de plusieurs communes (c'est le cas du SIAAP) s'ajoutent les disparités entre les politiques développées en matière d'assainissement (contrôles des rejets plus ou moins poussés et systématiques, entretiens et modes de gestion des réseaux...). La composition des eaux usées et par conséquent complexe et changeante d'un quartier à l'autre, d'une ville à l'autre, d'un moment de la journée à l'autre. Elle semble avoir également évolué dans le temps. Les personnes auditionnées considèrent que les effluents se sont transformés ces dix dernières années. Ils seraient plus concentrés, plus nocifs, plus « chargés ». Certains les disent « *moins naturels* ». Ils distinguent différentes causes, parmi lesquelles : un changement dans les pratiques de consommation des citoyens et une augmentation des rejets de produits chimiques nocifs : white-spirit, huiles, perchloroéthylène, une présence accrue de rejets graisseux du fait de la multiplication des restaurants, une diminution de la

présence d'eau dans le réseau, liée à des choix politiques visant à éviter les apports d'eau claire (adoption du modèle séparatif, suppression des réservoirs de chasse et diminution des infiltrations (accentuée lorsque la pluviométrie est basse). Certains de nos interlocuteurs évoquent de nouveaux risques : le « risque méthane », un risque d'explosivité auquel ils ne pensaient pas il y a 15 ans. Ces changements inquiètent les égoutiers qui ont le sentiment d'avoir de moins en moins de maîtrise sur le milieu physique au sein duquel ils évoluent. Leurs savoirs traditionnels moins présents, en partie discrédités sont moins « efficaces ». La science n'est toutefois pas en mesure de leur fournir des explications ou des solutions rassurantes et adaptées.

Les personnes interrogées, et plus particulièrement les médecins du travail, disent avoir des difficultés à les rassurer tant le milieu égout est complexe et difficile à analyser. Il est aussi difficile, voire impossible, à transformer. Ils estiment également qu'un discours rationnel médical n'est pas à la hauteur des inquiétudes dont les dimensions politiques et symboliques ne sont pas à négliger. Ces inquiétudes peuvent être vectrices de risques psycho-sociaux.

La santé des égoutiers, leurs conditions de travail mais également leurs attitudes face aux risques sont intimement liées aux transformations de la société au sein de laquelle ils vivent. L'approche anthropologique ne peut qu'insister sur les dimensions politiques et symboliques des déchets. Entre soi et non soi, public et privé, les déchets et plus particulièrement les substances excrémentielles ne cessent de contribuer à la constitution de territoires et de frontières physiques. Il est des lieux propres, des lieux sales, des lieux hiérarchisés. Les dispositifs techniques d'assainissement, les tas d'ordures, distinguent des espaces et les individus qui les pratiquent. Dans le même mouvement, comme tout dispositif frontalier, ils articulent des entités et participent de leur définition. La diversité historique et culturelle des techniques met en lumière toutes les subtilités à l'œuvre, de même que la dimension politique forte de ce domaine de la vie sociale. Cette mise en ordre des territoires est en permanence retravaillée et reliée au corps social ainsi qu'aux mouvements qui le traversent.

Par exemple, la modification des règles de circulation, les préoccupations en matière d'environnement ont des effets sur la santé des égoutiers, leurs conditions de travail. Parfois ils en augmentent la pénibilité. C'est le cas des interdictions de stationnement à Paris qui conduisent les égoutiers à se garer loin des bouches d'égout et à effectuer des déplacements à pieds. Ces derniers augmentent les risques d'accident, ils accroissent également la fatigue voir la honte dans la mesure où les égoutiers doivent dès lors transporter à pied leurs outils et leurs équipements de protection sur de longues distances à la vue de tous.

7.9 Souffrance psychique

La dévalorisation, l'affaiblissement des collectifs de travail, la dimension anxiogène du travail en égouts sont parfois présentés par les auditionnés comme sources de souffrance psychique. Mais les auditions conduites par le GT, pas plus que la littérature ne permettent de pousser plus avant l'analyse en ce qui concerne la surmortalité par suicides observée dans les études épidémiologiques menées par l'INRS dans la population des égoutiers de la Ville de Paris (Cf. partie 9). Il ne peut pas être établi de lien de cause à effet.

7.10 Activités secondaires

Les horaires de travail des égoutiers leur laissent la possibilité de développer des activités secondaires, voire dans certains cas d'effectuer une double journée de travail. Ces activités sont fréquemment évoquées. Elles permettent d'augmenter les revenus mais aussi dans certains cas de revaloriser les égoutiers, leurs gestes, leurs savoir-faire (Béguin (2013), Jeanjean *et al.* (2013)). Leurs effets sur la santé des égoutiers sont difficilement mesurables. Ils ne sont toutefois pas à négliger.

Pour conclure cette approche ethnologique, deux aspects sont à retenir :

- **Le premier concerne l'importance des dimensions symbolique, culturelle et politique des eaux usées. Ces dimensions peuvent avoir des effets sur les conditions de travail, les gestes techniques, les savoir-faire, les émotions, les représentations et les mécanismes identitaires que développent les égoutiers.**
- **Le second concerne les écarts entre travail réel et travail prescrit qu'il ne faut pas négliger. Non seulement pour prendre en considération les risques réels mais également parce que le travail réel contient les savoir-faire des travailleurs et ces savoir-faire, transmis sur la base de valeurs partagées, sont vecteurs d'identité, de savoirs, de valeurs et de sens.**

8 Exposition des égoutiers aux agents chimiques et biologiques

8.1 Schéma conceptuel d'exposition

8.1.1 Origines des sources de pollution

Les eaux usées collectées sont le vecteur principal de transfert de polluants dans le réseau des égouts. Celles-ci peuvent provenir de différentes origines :

Origines domestiques, avec les eaux usées domestiques, qui proviennent des sanitaires (WC, douches, évier, etc.) et des équipements électroménagers. Les « eaux noires » (issues des WC), véhiculent principalement des matières fécales susceptibles de contenir des pathogènes ou des toxiques (i.e. résidus de médicaments). Les « eaux grises » (douches, évier, etc.) véhiculent principalement des détergents (savon, lessives, etc.). Remarque : Les « eaux noires » et les « eaux grises » peuvent aussi contenir d'autres polluants chimiques liés aux rejets des particuliers (i.e. solvants).

- Origines non domestiques, avec les eaux usées industrielles, qui proviennent des rejets des industries, des commerces, des hôpitaux, etc.. La nature des polluants rejetés dans ce cas dépend des activités des industries reliées au réseau et du respect des seuils en vigueur concernant les rejets non domestiques (cf. encart ci-dessous).
- Autres origines, avec les eaux pluviales, qui véhiculent des polluants liés aux retombées atmosphériques et aux lessivages des dépôts présents sur les différentes surfaces urbaines.

L'air extérieur est également une source de pollution des égouts de par leur aération naturelle. La contamination des égouts par ces apports atmosphériques peut être particulièrement importante lorsque les regards sont situés à proximité d'axes routiers importants ou de zones de stationnements.

Enfin, les matériaux utilisés dans les égouts sont également susceptibles de relarguer des polluants au cours du temps.

Réglementation applicable aux rejets d'eaux usées domestiques

Le code général des collectivités territoriales encadre les obligations des collectivités en matière de collecte et de traitement des eaux usées. Ainsi, les communes doivent être équipées d'un système de collecte des eaux usées (article R2224-10) et les eaux entrant dans un système de collecte des eaux usées doivent être soumises à un traitement avant d'être rejetées dans le milieu naturel (article R2224-11).

L'ensemble des prescriptions techniques applicables aux ouvrages d'assainissement est regroupé au sein de l'arrêté du 21 juillet 2015¹⁷ (conception, dimensionnement, exploitation, performances épuratoire, autosurveillance, contrôle par les services de l'Etat, etc.). En revanche, il n'existe aucun texte réglementaire national encadrant ce que les particuliers peuvent ou non rejeter dans le réseau.

¹⁷ Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.

Les déversements interdits dans les réseaux de collecte d'eaux usées sont définis dans les règlements d'assainissement de chaque service public d'assainissement (déchets ménagers, hydrocarbures, liquides corrosifs, peintures et restes de désherbant utilisés pour le jardinage, graisse, etc.). De même chaque règlement peut définir ce que les effluents ne doivent pas contenir (produits susceptibles de dégager directement ou indirectement après mélange avec d'autres effluents, des gaz ou des vapeurs toxiques ou inflammables, des substances nuisant au bon fonctionnement du système de traitement, des substances susceptibles d'entraîner la destruction de la vie aquatique en aval du rejet, des rejets autres que domestiques non autorisés, etc.).

Réglementation applicable aux rejets d'eaux usées non domestiques :

Selon l'article L. 1331-10 du Code de la Santé Publique, « tout déversement d'eaux usées, autres que domestiques, dans les égouts publics, doit être préalablement autorisé par la collectivité à laquelle appartiennent les ouvrages qui seront empruntés par ces eaux usées avant de rejoindre le milieu naturel. L'autorisation fixe, suivant la nature du réseau à emprunter ou des traitements mis en œuvre, les caractéristiques que doivent présenter ces eaux usées pour être reçues. Cette autorisation peut être subordonnée à la participation de l'auteur du déversement aux dépenses d'entretien et d'exploitation entraînées par la réception de ces eaux. ».

Avant tout déversement dans le réseau de collecte, une entreprise doit donc disposer d'une autorisation préalable. Cette autorisation, délivrée sous la forme d'un arrêté d'autorisation de déversement, est obligatoire et indépendante des régimes d'autorisation préfectorale au titre des réglementations ICPE et Police de l'eau. Elle peut être accompagnée d'une convention de déversement établie entre l'établissement, la ou les collectivité(s) concernée(s) et l'exploitant du service d'assainissement qui définit les modalités juridiques, financières et techniques du raccordement de l'industriel ainsi que le partage des responsabilités entre tous les acteurs.

Tout déversement dans le réseau collectif sans autorisation ou en violation de l'autorisation délivrée est désormais passible d'une amende de 10 000 euros.

La collectivité est en charge du contrôle des déversements non domestiques dans les réseaux et de l'instruction des autorisations de déversements. Le règlement du service d'assainissement, définit les conditions de raccordement des usagers au réseau d'assainissement et les relations entre l'exploitant de ce service et les usagers domestiques et industriels.

Pour les raccordements non domestiques, sont ainsi fixées : les valeurs-limites de flux et de concentrations des composés acceptables, la liste des composés indésirables, la procédure d'instruction des dossiers, etc. L'article 6 de l'arrêté ministériel du 22 juin 2007 établit des prescriptions sur les conditions de délivrance et le contenu des autorisations de déversement.

L'autorisation de déversement doit être délivrée, après instruction, par le maire de la commune, et le cas échéant, par le responsable du groupement de communes compétent pour la collecte des effluents. Le cas échéant, celui-ci consulte au préalable pour avis la (ou les) collectivité(s) compétente(s) pour ce qui concerne le transport et le traitement.

La collectivité a toujours le droit de refuser le déversement d'eaux industrielles car le raccordement des effluents non domestiques non traités au réseau public n'est pas obligatoire, conformément à l'article L. 1331-10 du Code de la Santé Publique.

8.1.2 Médias d'exposition et transfert des polluants

Après avoir été introduits dans le réseau, les composés présents dans les eaux usées, peuvent se retrouver dans les sédiments et dans l'air. Leur répartition entre ces trois médias dépend entre autres de leurs propriétés physico-chimiques (pression de vapeur, solubilité) et des conditions physiques rencontrées dans les égouts (température, humidité, luminosité). Les composés volatils se retrouvent préférentiellement dans l'air (apports extérieurs directs, volatilisation depuis les eaux usées, émission dans l'air lors de la dégradation de matières organiques) et les composés semi-volatils et non volatils dans l'eau ou les sédiments. Les composés semi-volatils et non volatils peuvent aussi être retrouvés dans l'air par la mise en suspension de gouttelettes ou de particules lors de certaines tâches ou en s'adsorbant à des particules déjà présentes dans l'air.

8.1.3 Voies d'expositions des égoutiers

Les égoutiers peuvent être exposés aux composés présents dans les eaux usées et/ou dans l'air des égouts :

- par inhalation de composés sous forme gazeuse ou d'aérosol ;
- par contact cutané et muqueux :
 - o avec les composés présents dans les eaux usées lors de projections sur les zones corporelles non protégées,
 - o avec les composés présents dans l'air sur les zones corporelles non couvertes ;
- par ingestion :
 - o D'aérosols et de gouttelettes mis en suspension lors de certaines tâches ou déjà présents dans l'air et déglutition de salive contaminée,
 - o A la suite d'un contact avec des éléments contaminés et au portage à la bouche (contacts « main-bouche »).

L'ensemble de ces éléments est résumé dans le schéma conceptuel d'exposition présenté ci-dessous.

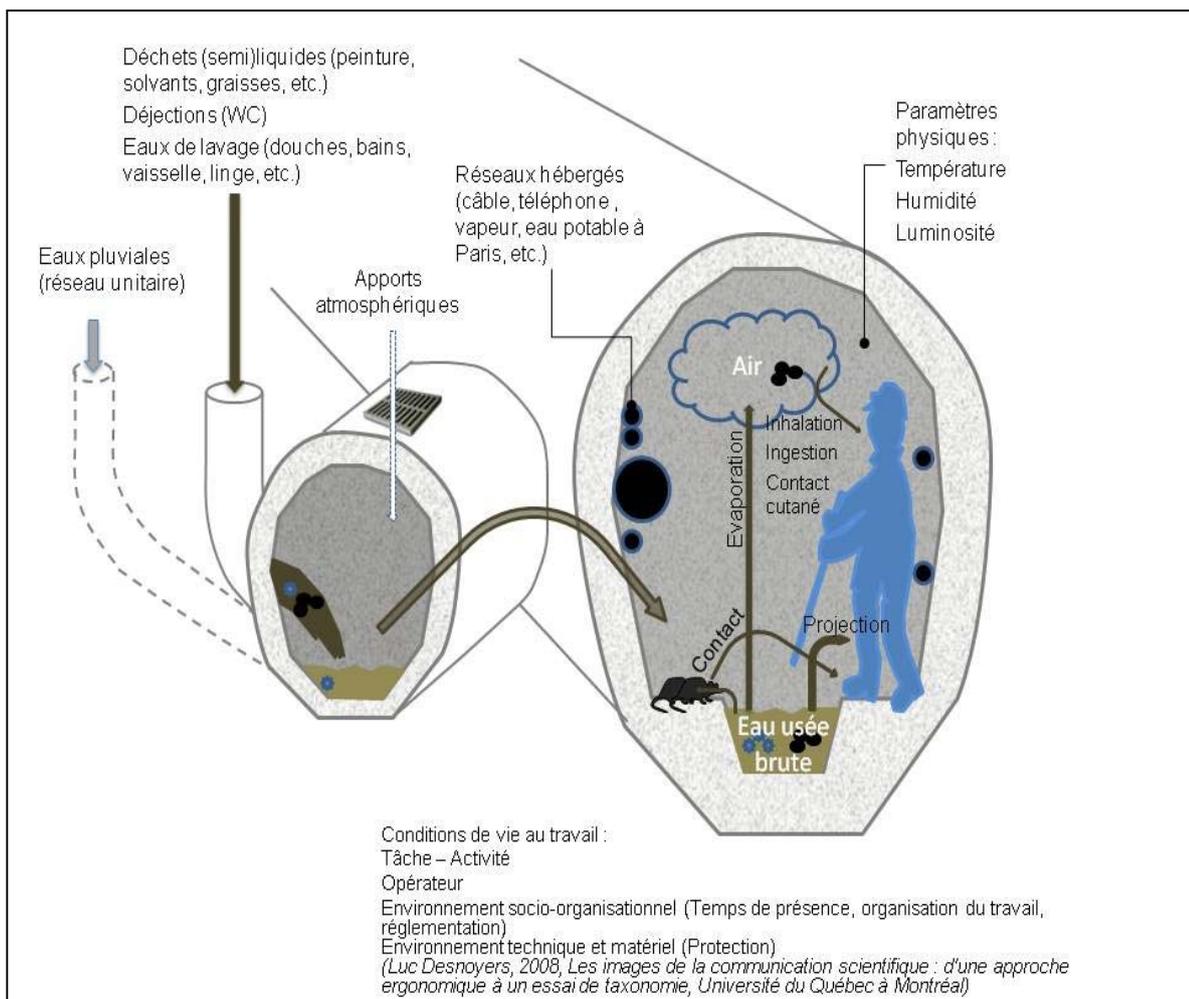


Figure 8 : Schéma conceptuel d'exposition (d'après Desnoyers (2009))

8.2 Revue de la littérature scientifique

A partir d'une revue de la littérature des études réalisées en France en priorité, puis étendue à l'étranger au regard de la faible disponibilité de données, une liste non exhaustive des agents chimiques et agents biologiques auxquels sont potentiellement exposés les égoutiers a été établie. Leur identification a été scindée après un premier tri sur la base des titres et résumés des articles selon la matrice d'exposition : eaux et air des égouts.

Des données obtenues *via* la littérature grise et les rapports de mesures transmis lors des auditions sont également présentées dans les paragraphes suivants.

8.2.1 Agents chimiques

8.2.1.1 Agents chimiques dans l'eau

Outre les trois grands types de pollutions usuelles (azotée, carbonée, phosphorée), les eaux usées urbaines contiennent divers micropolluants. La composition des eaux usées en micropolluants dans les réseaux d'assainissement est par nature étroitement liée à la nature du bassin versant de collecte. Les apports peuvent être directs (effluents non domestiques - établissements industriels, pressings, garages, etc., - effluents urbains domestiques) ou indirects (ruissellements, drainages, retombées atmosphériques).

Les informations sur la nature et la concentration en micropolluants dans les effluents urbains sont, à ce jour, parcellaires et relativement récentes.

Par ailleurs, la Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE) fixe comme objectifs aux États membres l'atteinte du bon état écologique et chimique des différents milieux aquatiques notamment en réduisant les rejets des substances dangereuses¹⁸ et en supprimant à terme les rejets des substances dangereuses prioritaires¹⁹. Même si la DCE ne vise pas réglementairement les rejets de STEU, l'amélioration de leur niveau de traitement participe à l'amélioration de l'état chimique des masses d'eau. Afin de satisfaire aux objectifs visés par la DCE, le ministère en charge de l'écologie a engagé un plan d'actions national pour lutter contre la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants pour la période 2010-2013.

Considérant que l'objectif actuel de traitement fixé aux STEU par la Directive des eaux résiduaires urbaines (DERU) n'est pas l'élimination des micropolluants mais l'élimination des pollutions carbonée, azotée et phosphorée, les micropolluants présents dans les réseaux de collecte des eaux usées seront présents en entrée puis en sortie de STEU dans des gammes de concentrations différentes du fait d'un abattement variable en fonction de la substance.

Dans ce contexte, quelques études menées en France, mais aussi en Angleterre ont cherché à analyser un panel de polluants dans des matrices urbaines variées : eaux usées, eaux pluviales et eaux de ruissellement. Dans le cadre des trois observatoires nationaux sur l'environnement urbain (OPUR²⁰ [Ile de France], ONEVU²¹ [Nantes] et OTHU²² [Lyon]), des programmes de recherche

¹⁸substances ou groupes de substances qui sont toxiques, persistantes et bioaccumulables, et autres substances ou groupes de substances qui sont considérées, à un degré équivalent, comme sujettes à caution (Directive n°2000/60/CE du 23/10/00 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau).

¹⁹Parmi les substances dangereuses, 21 substances sont jugées dangereuses prioritaires et doivent être supprimés des rejets à l'horizon 2021 (composés du tributylétain, diphénylétherbromés, nonylphénols, chloroalcanes C10-C13, somme de 5 HAP, mercure et ses composés, cadmium et ses composés, anthracène HAP, pentachlorobenzène, lindane, hexachlorobutadiène, endosulfan, trifluraline, DEHP, dicofol, PFOS, quinoxylène, dioxines et composés, hexabromocyclododécane, heptachlore (dont époxyde).

²⁰Observatoire des polluants urbains à Paris.

ont été développés afin d'identifier les polluants, leurs sources et leurs modes de transfert vers les exutoires d'un bassin versant urbain.

Une équipe de recherche de l'université Paris-Est (Gasperi *et al.* (2008), 2011 et 2012) travaille depuis plusieurs années en partenariat avec la Ville de Paris, le SIAAP et l'Agence de l'eau Seine Normandie sur la détection de substances prioritaires dans le réseau de collecte parisien en sortie d'ouvrage de stockage et dans les eaux déversées vers le milieu naturel lors d'évènements pluvieux.

► En 2008, en plus des paramètres habituellement recherchés dans les eaux usées, Gasperi *et al.* (2008) ont recherché 66 micropolluants dans les eaux usées et pluviales (métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), organo-étains, chlorobenzènes, composés organiques volatils (COV), pesticides, alkylphénols, phtalates). Deux campagnes de mesures ont été réalisées :

- l'une en période de temps sec pour laquelle ont été sélectionnés 10 sites (4 en amont et 6 en aval du réseau), permettant de couvrir l'ensemble des flux transitant dans le réseau d'assainissement parisien ;
- l'autre en période de temps de pluie pour laquelle ont été sélectionnés 4 déversoirs d'orage, les prélèvements étant réalisés en sortie.

Pour chaque composé, les analyses ont été réalisées sur la fraction totale (dissoute et particulaire) et selon les normes en vigueur.

Au final, sur les 66 substances recherchées, 33 ont été détectées par temps sec et 40 par temps de pluie. La plupart des métaux étaient présents lors des deux campagnes dans tous les échantillons. Les concentrations en chlorobenzènes et en pesticides (sauf pour le diuron) étaient toujours inférieures à la limite de quantification (entre 0,01 et 0,06 µg/L) tandis que la majorité des autres polluants organiques (sauf le di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)) et des organoétains ont été retrouvés à des concentrations de l'ordre du µg/L.

Les résultats de cette étude mettent en exergue que certaines substances prioritaires sont principalement apportées par les eaux pluviales. C'est le cas notamment de la plupart des HAP, de certains métaux (cuivre, plomb et zinc), des COV (hormis le chloroforme et le dichloroéthane), de quelques pesticides (diuron, oxadiazon, propiconazole) et de deux composés organostanniques (dibutylétain et monobutylétain).

Les résultats de ces deux campagnes de mesures sont détaillés dans les tableaux en Annexe 6.

► En 2011, afin d'évaluer l'impact des déversements d'eaux usées dans la Seine lors d'importants évènements pluvieux, les mêmes 66 substances ont été recherchées en sortie de déversoirs d'orages. Les concentrations en métaux (sauf pour le cadmium, chrome et cuivre), HAP et pesticides étaient supérieures à celles détectées dans les eaux usées par temps sec. Ces concentrations élevées pouvaient s'expliquer par un phénomène de ruissellement et de lessivage des sols ou alors par la remise en suspension des matières sédimentées dans le réseau d'assainissement Gasperi *et al.* 2011.

► En 2012, dans le cadre du programme de recherche OPUR, Gasperi *et al.* (2012) ont confirmé la présence de nombreuses substances prioritaires dans les eaux usées du réseau d'assainissement en évaluant l'impact des déversements d'eaux pluviales sur le milieu récepteur.

Sur les 88 substances recherchées (métaux, HAP, PCB, composés du tributylétain, COV, pesticides, alkylphénols polyéthoxylate, phtalates et chloroalcane), 49 substances prioritaires

²¹Observatoire nantais des environnements urbains

²²Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine

(dont 19 substances dangereuses prioritaires) ont été détectées, la plupart étant également fréquemment détectées dans les eaux usées de temps sec et les eaux pluviales.

Les auteurs ont par ailleurs confirmé le rôle important de la remise en suspension des matières sédimentées lors d'événements pluvieux. Ce phénomène implique des concentrations en sortie de déversoir d'orage plus importantes que celles retrouvées dans les eaux usées de temps de pluie ou dans les eaux usées de temps sec. Ceci est particulièrement vrai pour les polluants organiques hydrophobes (HAP, alkylphénols), et quelques métaux comme le plomb et le cuivre. Les concentrations en pesticides et certains métaux tels que le zinc avoisinent celles des eaux pluviales suggérant que le ruissellement est le principal apport.

► Dans le contexte de l'atteinte du bon état chimique des masses d'eau à l'échelle du territoire national, le programme de recherche AMPERES²³ a été mené entre 2006 et 2009. Celui-ci associait plusieurs équipes de recherche coordonnées par l'Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) de Lyon avec pour objectifs de déterminer la composition en micropolluants des eaux usées brutes et traitées, puis de quantifier les performances de traitement de douze filières « eau » différentes vis-à-vis de ces contaminants.

En premier lieu, un travail de hiérarchisation (Coquery *et al.* (2011), Martin Ruel *et al.* (2011)) avait permis de sélectionner une centaine de substances (incluant des substances prioritaires dangereuses et des substances prioritaires de la DCE) : métaux, COV, alkylphénols, HAP, pesticides, composés chlorés et bromés, phtalates et divers résidus de médicaments et hormones.

Compte tenu du faible nombre de STEU retenues dans le cadre de l'étude au regard du nombre total de STEU en France, il est à noter que les concentrations en micropolluants analysées ne sont pas représentatives de la pollution chimique des eaux usées brutes sur le territoire national. Par ailleurs, contrairement aux études précédemment citées, aucune information n'est disponible sur le type de réseau connecté à la STEU. L'étude ne précise pas non plus s'il s'agit d'eaux usées de temps sec ou de temps de pluie.

Les concentrations mesurées dans le cadre de cette étude sont globalement faibles (Tableau 46 en Annexe 6), la majorité des micropolluants présente des concentrations moyennes inférieures à 10 µg/L. Les concentrations moyennes les plus élevées (supérieures à 10 µg/L) sont observées pour le DEHP, la moitié des métaux, les C10-13 chloroalcanes, et le nonylphénol.

L'étude a révélé des concentrations inférieures au µg/L pour 60% des substances pharmaceutiques recherchées et inférieures à la dizaine de µg/L pour les substances restantes, excepté pour le paracétamol et l'aspirine qui ont été quantifiés à des concentrations de l'ordre de la centaine de µg/L. Ces résultats relatifs aux substances pharmaceutiques sont cohérents avec une synthèse bibliographique réalisée en 2010 par Verlicchi *et al.* dont l'objectif était de comparer les concentrations en familles de substances pharmaceutiques (analgésiques, antibiotiques, cytostatiques, bêtabloquants et hormones) retrouvées dans les effluents hospitaliers avec celles retrouvées dans effluents urbains.

► Dans une autre étude, (Gasperi *et al.* 2014) ont analysé entre juillet 2011 et mai 2013 l'occurrence, les concentrations des micropolluants dans les eaux pluviales, ainsi que la contribution de l'environnement extérieur sur ces deux facteurs.

Au total, 77 polluants ont été recherchés dans les eaux pluviales de réseaux séparatifs de 3 bassins versants urbains situés dans les banlieues de Paris, Nantes et Lyon ; ceux en régions parisienne et nantaise étant des zones résidentielles avec une forte densité de trafic routier pour le premier tandis que celui en région lyonnaise était une zone industrielle.

Sur les 77 polluants recherchés, 42 à 48 substances étaient systématiquement détectées (métaux, HAP, PBDE, alkylphénols et BPA).

²³Analyse de micropolluants prioritaires et émergents dans les rejets et les eaux superficielles.

Cette étude a montré que pour la plupart des polluants recherchés, il n'y avait pas de différence significative de qualité des eaux d'un site à l'autre hormis pour certains métaux (arsenic, chrome, cuivre, nickel, strontium et zinc), les HAP et les PBDE recherchés suggérant ainsi que la qualité des eaux était « activité-dépendante » et non « superficie-dépendante ».

► Rule *et al.* (2006) ont sélectionné 30 sites à travers l'Angleterre afin d'évaluer les concentrations des substances prioritaires entrant dans les STEU. Les STEU concernées sont des STEU rurales, des STEU recevant des eaux usées uniquement domestiques ou un mélange d'eaux usées domestiques et industrielles²⁴. Ainsi, selon l'origine des eaux usées industrielles, 5 cas ont été considérés. Au total, 48 substances ont été recherchées. Aucun pesticide n'a été détecté au cours de l'étude. Il en est de même pour le trichlorobenzène, le pentachlorobenzène et les PCB. Le nonylphénol, DEHP et LAS ont été détectés dans toutes les STEU à des concentrations moyennes respectivement de 79,5, 5 et 892 µg/L (*cf.* Tableau 50 en Annexe 6).

Les résultats de cette étude confirment :

- la faiblesse des concentrations en micropolluants qui sont globalement inférieures à la dizaine de µg/L excepté pour les métaux,
- la nature ubiquitaire des métaux avec les concentrations les plus importantes mesurées pour le zinc et le cuivre. Aucune corrélation n'a pu être établie entre la présence de ces éléments et les rejets industriels.
- la présence de pesticides dans les eaux usées est essentiellement liée au ruissellement lors d'événements pluvieux.
- l'existence d'une corrélation entre la présence des HAP dans le réseau d'assainissement et la survenue d'événements pluvieux.

En conclusion, les études relatives à la recherche des polluants chimiques dans les eaux usées sont récentes et peu nombreuses. Aucune surveillance d'un gestionnaire n'a vocation à évaluer la contamination chimique de l'eau à l'intérieur des réseaux d'assainissement (micropolluants). Aucune étude n'a recherché les mêmes micropolluants à divers endroits du réseau de collecte. En outre, les limites de quantification étant différentes d'une étude à une autre, il est difficile de comparer leurs résultats.

Les quelques résultats disponibles montrent qu'un large panel de substances est présent dans ces eaux en concentration variable d'un site à un autre (variabilité fortement liée aux activités drainées par le bassin de collecte). Les apports de certains polluants *via* les événements pluvieux sont prépondérants. D'une manière générale, les concentrations des polluants prioritaires sont faibles (de l'ordre du µg/L).

8.2.1.2 Agents chimiques dans l'air

- **Données issues de la revue de la littérature scientifique**

La plupart des études pour lesquelles des mesures de polluants ont été réalisées dans les égouts visaient à documenter des expositions aiguës accidentelles au sulfure d'hydrogène (H₂S) ou au monoxyde de carbone (N'Diaye *et al.* 1974) et/ou à investiguer des causes d'accidents mortels survenus dans les égouts (Chaari *et al.* 2010, Christia-Lotter *et al.* 2007, Costigan 2003, Gregorakos *et al.* 1995, Osina *et al.* 2007, Querellou *et al.* 2005, Singh *et al.* 2002, Yalamanchili *et al.* 2008)

²⁴ Pour les eaux usées industrielles, une différenciation est réalisée entre les eaux usées issues des magasins situés en centre ville (par exemple pressing ou magasin de photo), les eaux issues d'industries légères et celles issues d'industries lourdes.

Très peu d'études ont investigué la composition chimique de l'air des égouts et seules deux études, réalisées en France, permettent de documenter l'exposition des travailleurs dans ce type d'environnement (INRS 2004 et Al Zabadi *et al.* 2011).

Les rares études menées documentent essentiellement la présence de COV.

► En 1986, Barsky *et al.* ont réalisé des mesures de COV à l'aide de détecteurs PID (détecteur par photoionisation) et FID (détecteur à ionisation de flamme) dans l'air des égouts en amont de la plus importante STEU de Cincinatti (Ohio) et dans l'air des égouts au niveau de sites industriels en amont de l'usine. Les mesures réalisées sont difficilement exploitables car les détecteurs utilisés sont très sensibles à l'humidité relative, qui a été mesurée entre 40 et 90%. La plupart des composés présents semblent être des composés halogénés aliphatiques.

► En 1995, Quigley *et al.* ont effectué des mesures de benzène, toluène, xylènes, éthylbenzène et tétrachloroéthylène ainsi qu'une mesure d'hydrocarbures totaux non méthaniques en différents points d'un grand collecteur à Toronto. L'objectif de l'étude était d'évaluer les émissions de certains COV des égouts et d'étudier le phénomène de transfert des COV de la phase aqueuse vers la phase gazeuse. Les concentrations mesurées sont reportées dans le Tableau 8. Elles sont variables en fonction de la période de la semaine et de l'heure de la journée. Les concentrations en benzène sont inférieures aux limites de quantification. Cette étude montre clairement une différence entre les résultats de mesures effectuées en semaine et les mesures effectuées le dimanche. En effet, les concentrations mesurées en toluène, éthylbenzène et xylène le dimanche sont inférieures à la limite de détection alors qu'elles varient respectivement de 1 à 46 ppm, de 0,2 à 5 ppm et de 0,3 à 39 ppm en semaine. A noter que de nombreux autres COV, notamment le triméthylbenzène et des isomères de l'éthyltoluène, ont été identifiés mais non quantifiés et contribuent de manière significative aux émissions d'hydrocarbures totaux non méthaniques. Le benzène n'a pas été détecté.

► Plus récemment Putus *et al.* (2004) ont réalisé des échantillonnages de l'air des égouts dans une banlieue finlandaise sur tube ténax, puis des mesures de COV par désorption thermique et analyse par chromatographie en phase gazeuse et détection par photoionisation (GC/FID). Les COV totaux ont été déterminés par l'identification et la sélection des COV majoritaires sur la fenêtre C6-C16 à laquelle ont été ajoutées les concentrations des COV identifiés et la somme des COV non identifiés exprimés en équivalent toluène. Les résultats sont précisés dans le Tableau 8. Les concentrations en COV totaux sont de 15,9 mg.m⁻³.

► Egalement en 2004, dans le cadre d'une étude épidémiologique de morbidité, des prélèvements d'air à poste fixe ont été réalisés dans les égouts parisiens, pendant des activités de curage et d'extraction de bassin de dessablement (INRS 2004). Les concentrations mesurées en méthane, H₂S, éthanol, trichloréthylène, toluène et tétrachloroéthylène sont faibles. La recherche d'aldéhydes et d'acides organiques s'est avérée négative. Les résultats sont reportés dans le Tableau 8.

► Yeh *et al.* (2011) ont effectués des prélèvements d'air au niveau de 8 bouches d'égout à Kaohsiung City (Taïwan) à 10 mètres de profondeur pendant 20 min. Les concentrations en hydrocarbures non méthaniques varient de 126 à 1347 ppm (Cf. Tableau 8). Les concentrations sont variables en fonction des points de mesure.

Tableau 8 : Résultats des mesures de concentrations en COV dans l'air des égouts

	Yeh <i>et al.</i> (2011) Kaohsiung City (Taiwan) (ppm)	Putus <i>et al.</i> (2004) Banlieue Finlandaise ppm (mg.m ⁻³)	Quigley <i>et al.</i> (1995) Toronto ppm	INRS 2004 Paris ppm (mg.m ⁻³)
Trichlorométhane	1,0 – 327,3	-	-	-
Benzène	0,4 – 148,4	-	ND	-
éthane + acétylène + éthane	7,9 – 315,3	-	-	-
Acétone	4,7 – 252,3	-	-	-
Tétrachloroéthylène	0,6 – 223,9	-	ND – 0,4	<i>ND- 1,47</i> (ND – 10,1)
Toluène	1,6 – 86,2	-	ND – 46	<i>ND – 0,13</i> (ND – 0,5)
Xylène	0,9 – 81,0	-	ND – 39	-
ethylbenzène	-	-	ND – 5	-
Isopentane	2,0 – 62,7	-	-	-
Trichloroéthylène	0,6 – 29,0	-	-	<i>ND – 0,04</i> (ND – 0,2)
éthanol	-	-	-	<i>ND – 13,06</i> (ND – 25)
Pentane	1,6 – 25,3	-	-	-
Propène	0,7 – 18,9	-	-	-
2-méthylpentane	0,3 – 16,8	-	-	-
3 méthylpentane	0,5 – 14,1	-	-	-
1,1-dichloroéthylène	2,2 – 14,2	-	-	-
1-butène	0,8 – 13,7	-	-	-
Butane	1,0 – 12,4	-	-	-
Cis-2-butène	0,6 – 3,1	-	-	-
Trans-2-butène	0,8 – 2,3	-	-	-
Diméthyl sulfure	-	<i>0,006</i> (0,015)	-	-
Diméthyl disulfure	-	<i>0,001</i> (0,004)	-	-
Méthanthiol	-	-	-	<i>ND – 0,002</i> (ND – 3 µg.m ⁻³)
COV totaux	126-1347	<i>4,16</i> (15,9) (eq toluène)	max 95 (eq toluène)	-
H ₂ S	-	-	-	<i>ND – 0,08</i> (ND – 0,12)
Hydrocarbures ramifiés	-	3,058	-	-

ND : Non détecté ; - : non recherché

Les valeurs en italique sont issues d'une conversion mg.m⁻³ en ppm pour l'harmonisation des unités dans le tableau. Les valeurs disponibles dans l'étude (en mg.m⁻³) sont notées entre parenthèses.

Al Zabadi *et al.* (2011) ont réalisé une étude visant à évaluer, chez les égoutiers de la Ville de Paris, l'association entre des biomarqueurs d'exposition intégrés (tests des comètes et des micronoyaux) et des mesures atmosphériques de HAP et COV. Dans cette étude, les mesures de concentrations en HAP et COV ont été effectuées à partir de prélèvements d'air individuels faits sur des porteurs accompagnant les égoutiers, et non pas sur les égoutiers eux-mêmes afin de ne pas les déranger dans leur travail. Ces mesures ne reflètent donc pas exactement l'exposition des

égoutiers. Les tâches réalisées par les égoutiers pendant les prélèvements ne sont pas mentionnées.

Les concentrations retrouvées sont comparées aux concentrations déterminées dans des bureaux, dans l'air urbain et à proximité du trafic routier. Les concentrations en COV ou HAP sont significativement supérieures aux concentrations mesurées à l'extérieur des égouts quelque soit le microenvironnement étudié ($p < 0,01$) (Cf. Figure 9 et Tableau 9).

Les concentrations les plus élevées correspondent aux undécane, décane, toluène et mp-xylènes et varient d'environ $0,12 \text{ mg.m}^{-3}$ à environ $0,21 \text{ mg.m}^{-3}$.

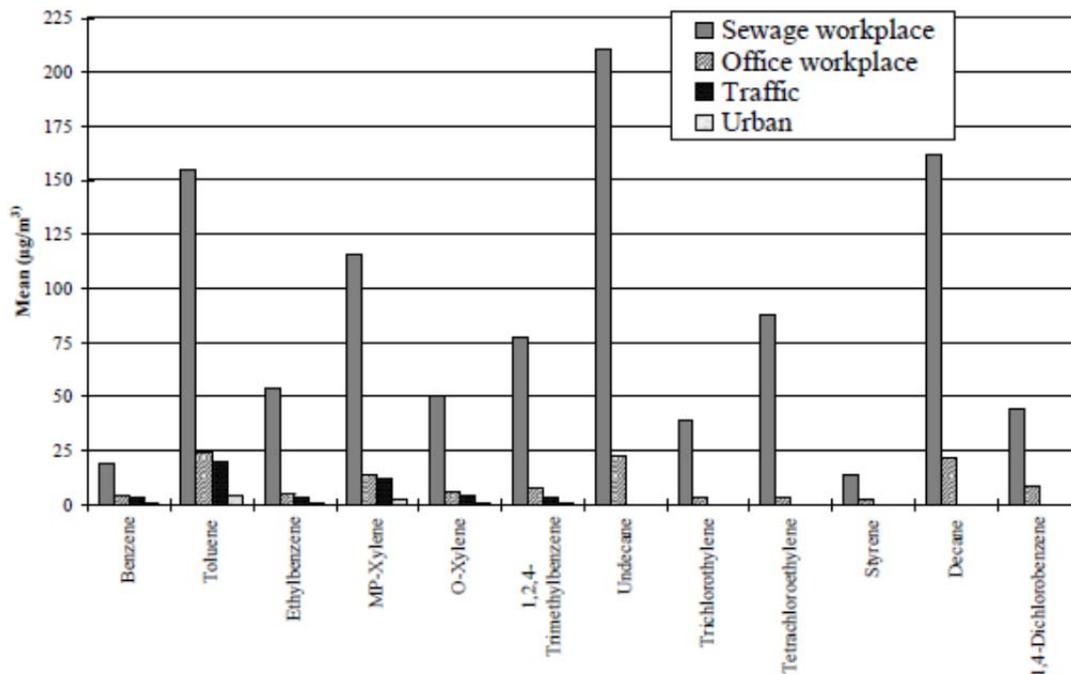


Figure 9 : Concentrations en COV mesurées dans différents environnements, dont l'air des égouts (Al Zabadi *et al.* 2011)

Tableau 9 : Concentrations moyennes (min - max) en HAP mesurées dans différents environnements, dont l'air des égouts (ng.m⁻³) (Al Zabadi *et al.* 2011)

HAP	Égouts (26 mesures)	Bureaux (26 mesures)	Proximité de trafic routier (23 mesures)	Air urbain (23 mesures)
Benzo(a)pyrène	6 (0,5 – 62,1)	0,4 (0,2 - 2,4)	0,7 (0,1 - 1,6)	0,5 (0,2 - 5,8)
Anthracène	6,7 (0,5 – 32,1)	0,9 (0,1 - 1,8)	3,2 (0,6 - 14,5)	0,2 (0,02 - 0,8)
Benzo(a)anthracène	4,6 (0,3 – 31,8)	0,5 (0,2 - 2,4)	0,5 (0,2 - 1,2)	0,2 (0,02 - 0,6)
Benzo(b)fluoranthène	4,3 (0,5 – 30,1)	0,4 (0,1 - 2,4)	0,6 (0,2 - 1,6)	0,3 (0,05 - 1,1)
Benzo(g,h,i)pérylène	4,4 (0,4 – 24)	0,5 (0,1 - 3,8)	0,8 (0,2 - 1,7)	0,3 (0,06 - 1)
Benzo(k)fluoranthène	2,0 (0,2 – 15,2)	0,2 (0,08 - 1,2)	0,2 (0,07 - 0,6)	0,2 (0,01 - 2,5)
Chrysène	7,7 (1 – 30)	2,2 (1,1 - 6,8)	0,7 (0,3 - 0,2)	0,3 (0,1 - 0,8)
Dibenzo(a,h)anthracène	0,9 (0,01- 5,4)	0,1 (0,01 - 0,5)	0,02 (0,01 - 0,06)	0,02 (0,01 - 0,06)
Fluoranthène	23,7 (2,4 – 104,6)	4,3 (2,5 - 8,1)	3,8 (2 - 5)	1,6 (0,8 - 4,3)
Indéno(1,2,3,cd)pyrène	3 (0,3 – 15,9)	0,3 (0,08 - 2,4)	0,4 (0,07 - 1)	0,2 (0,02 - 0,7)
Phénanthrène	71,2 (125 – 220)	22,3 (9 - 43,9)	11,9 (5,2 - 18,1)	5,2 (2,3 - 14,2)
Pyrène	19,3 (2,3 – 78,4)	5,5 (1,2 - 21,7)	4,8 (2,8 - 6,3)	1,3 (0,6 - 3,4)
Benzo(j)fluoranthène	3,9 (0,3 – 21,6)	0,4 (0,1 - 3,3)	0,4 (0,03 - 1,2)	0,2 (0,03 - 0,8)

- Autres données

D'autres études, non publiées, ont été portées à la connaissance du groupe de travail lors des auditions.

Des mesures de COV réalisées en continu pendant 6 jours dans l'air d'un égout situé en zone industrielle d'une commune du Grand Lyon par TD/FastGC/MS mettent en évidence la présence de nombreuses substances de différentes familles chimiques. Ainsi plus de 50 molécules ont été détectées. Les concentrations moyennes sont inférieures à 1 mg.m⁻³. Les composés majoritaires identifiés sont les alcanes aliphatiques lourds (isomères C12-C13 et C9-C11), ainsi que le trichlorométhane et le tétrachloroéthylène, avec des concentrations respectives moyennes sur 6 jours de 0,879 mg.m⁻³, 0,095 mg.m⁻³, 0,367 mg.m⁻³ et 0,270 mg.m⁻³. Des pics de concentrations ont été observés pouvant aller jusqu'à de 260 mg.m⁻³ pour les alcanes en C12-C13.

Dans une seconde campagne de mesures réalisée pendant 5 heures dans un égout d'une autre zone industrielle, un nombre limité de composés a été identifié. Les composés majoritaires restent toutefois les mêmes, à savoir les alcanes lourds, les concentrations moyennes des alcanes en C8-C16 étant d'environ 18 mg.m⁻³. Les concentrations moyennes des autres composés sont plus faibles que dans la précédente étude.

Ces concentrations sont plus élevées que celles mesurées dans l'air des égouts parisiens, en raison de la proximité d'activités industrielles.

Une étude visant à évaluer la qualité de l'air d'un lieu d'appel²⁵ situé sous le rond Point du Trocadéro à Paris a été réalisée par le laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris (LHVP) (LHVP 2010b non publiée, transmise par la Ville de Paris). Les paramètres recherchés sont certains indicateurs de la pollution automobile : les hydrocarbures aromatiques monocycliques et le dioxyde d'azote (NO₂).

D'une part, des mesures de la qualité de l'air intérieur ont été effectuées dans les vestiaires, la salle de repos, le bureau des chefs égoutiers ; d'autre part des mesures de la qualité de l'air extérieur ont été réalisées au niveau de la prise d'air neuf du lieu d'appel, sur le rond point du Trocadéro et sur le toit du LHVP. Les capteurs ont été placés en semaine, du lundi au vendredi, durant deux semaines consécutives.

Les concentrations mesurées en benzène dans l'air intérieur des bâtiments sont équivalentes aux concentrations mesurées dans l'air extérieur. Pour les autres composés aromatiques monocycliques, les concentrations intérieures, bien que légèrement supérieures à celles mesurées en extérieur, sont comparables à celles retrouvées habituellement dans les logements français (OQAI 2007).

Une autre étude visant à évaluer les concentrations en H₂S en différents points du réseau d'égouts visitables parisiens a été réalisée par le LHVP (LHVP 2011, non publiée, transmise par la Ville de Paris). Des capteurs passifs à diffusion ont été disposés pendant 7 jours en 16 points du réseau présentant des configurations différentes : collecteur petit ligne, égout séparatif, bassin de dessablement, égout type collecteur à bateau, petite ligne avec fort courant, collecteur avec niveau d'eau faible, sur un chantier avec une ventilation par extracteur d'air, au dessus d'un bassin de dessablement, etc. Les capteurs ont été disposés à une hauteur de 1,6 à 1,8 m du sol, excepté pour les mesures au dessus des bassins où les capteurs ont été disposés à une hauteur de 2 à 3 m au dessus des bassins. Le dosage est réalisé par colorimétrie. Les résultats varient de 0,4 µg.m⁻³ à 122 µg.m⁻³ en fonction de la localisation du capteur. Les niveaux les plus élevés sont observés au dessus du bassin de dessablement et du bassin de traitement (122 µg.m⁻³ et 73,7 µg.m⁻³), puis dans les collecteurs (17,8 à 57,5 µg.m⁻³). Les niveaux les plus faibles sont observés dans les petites lignes et varient de 0,4 à 8,8 µg.m⁻³. La valeur mesurée sur le site avec ventilation forcée est de 2,7 µg.m⁻³.

Des rapports d'essai de différentes mesures réalisées dans l'air des égouts ont été transmis par le Conseil Général du Val-de-Marne lors d'une audition. Des mesures de COV ont été réalisées au niveau d'un local technique d'une station de relevage en 2009 (prélèvements actifs successifs de 3h pendant 3 jours sur tube de charbon actif) et des mesures de COV et aldéhydes dans l'air d'un puit d'une autre station de relevage (prélèvements passifs d'une semaine pendant 3 semaines consécutives). Ces études mettent en évidence la présence de BTEX, de 1,2,4 triméthylbenzène, de tétrachloroéthylène, de décane et de undecane à des concentrations similaires à celles des études présentées plus haut (LCPP 2009, LCPP 2010). Les concentrations en formaldéhyde varient de 1,6 à 2,3 mg.m⁻³ dans le puits et de 2,1 à 2,9 mg.m⁻³ à l'extérieur du puits, en acétaldéhyde de 2,4 à 4,9 mg.m⁻³ dans le puits et de 1,5 à 3,3 mg.m⁻³ à l'extérieur du puits, en propionaldéhyde de 1,1 à 1,7 mg.m⁻³ dans le puits et de 0,7 à 0,89 mg.m⁻³ à l'extérieur du puits. L'hexaldéhyde n'a pas été quantifié à l'extérieur du puits, et les concentrations mesurées à l'intérieur du puits varient de 7,4 à 25 mg.m⁻³ (LCPP 2010).

²⁵Les lieux d'appel sont les locaux où les égoutiers s'équipent le matin avant de partir pour leurs missions. Le lieu d'appel Trocadéro accueille une trentaine d'agents égoutiers, les agents sont présents dans ces locaux environ deux heures au cours de leur matinée de travail. Ces deux heures de présence sont réparties de 6h50 à 7h30 avant leur intervention dans les égouts, et entre 12h30 et 13h30 après intervention dans les égouts. Il n'y a pas d'accès direct au réseau d'assainissement.

Plusieurs mesures individuelles et à poste fixe de COV ont également été réalisées par prélèvement passifs à l'aide de badges gabie ou radiello sur 1 journée de travail (mesures individuelles) ou 24h en différents endroits du réseau en 2011. Ni le débit de prélèvement ni l'activité ne sont renseignés dans les rapports d'essais, difficilement exploitables. Toutefois, les résultats de ces mesures confirment la présence de BTEX et COV à des concentrations généralement inférieures aux limites de quantification du laboratoire et d'hydrocarbures totaux en C6-C12, systématiquement quantifiés (de 0,1 à 13,6 mg.m⁻³). Concernant ces hydrocarbures en C6-C16, il est à noter que le laboratoire mentionne qu'il a relevé des traces d'hydrocarbures essentiellement dégagées par les éléments constitutifs du badge de prélèvement.

8.2.1.1 Amiante dans l'air

La présence d'amiante dans les réseaux d'assainissement n'est pas documentée dans la littérature. Cependant, le groupe de travail a accordé une attention particulière à ce paramètre compte tenu de résultats d'étude mis à sa disposition par la Ville de Paris, et de la surmortalité par cancer de la plèvre observée dans la première étude de mortalité de l'INRS (Cf. § 9.3.3).

A la suite de la mise en évidence de la présence de fibres d'amiante de type chrysotile dans les peintures bitumineuses (glutinage) recouvrant certaines conduites d'EDCH présentes dans le réseau d'assainissement de la Ville de Paris, la Section d'Assainissement de Paris a fait réaliser 2 études :

- une étude d'exposition des égoutiers aux fibres d'amiante lors de cheminement en égout ;
- une étude de la pollution ambiante par les fibres d'amiante dans certains locaux hors égouts.

Les prélèvements et les analyses ont été réalisés par le laboratoire d'étude des particules inhalées (LEPI).

Etude d'exposition :

L'étude d'exposition s'est déroulée du 28 avril au 15 mai 2014, en 5 endroits du réseau d'assainissement contenant des conduites d'eau revêtues de peinture bitumineuse en état de corrosion avancé. Deux protocoles opératoires ont été suivis :

- un cheminement normal (opération 1) ;
- un cheminement avec chocs et frottements forcés intentionnellement de manière à simuler les chocs et frottements fréquents au niveau des épaules contre ces conduites (opération 2).

Huit prélèvements d'air individuels ont été réalisés en simultané sur 4 opérateurs pour chaque opération, sur membrane filtrante en ester de cellulose à un débit d'environ 3 L.min⁻¹, pendant 35 à 55 min. Pour chaque opération, les 8 filtres ont été regroupés pour l'analyse en microscopie électronique à transmission analytique (META) afin d'atteindre une sensibilité analytique proche de 0,5 f.L⁻¹.

Parmi les 5 lieux investigués, des fibres de chrysotile ont été dénombrées lors du cheminement normal sur un site (1 fibre), et lors du cheminement avec chocs sur un autre site (2 fibres) (cf. Tableau 10). A noter que le nombre de fibres dénombrées étant inférieur à 4 f.L⁻¹, les résultats sont rendus sous la forme « inférieur à la limite supérieure de l'intervalle de confiance ».

Tableau 10 : Résultats de l'étude d'exposition amiante

	Opération 1				Opération 2			
	N	C (f.L ⁻¹)	R (f.L ⁻¹)	V (L)	N	C (f/L)	R (f/L)	V (L)
Lieu 1	0	-	<1,33	942,400	0	-	<1,32	949,316
Lieu 2	0	-	<1,50	864,169	0	-	<1,50	964,09
Lieu 3	0	-	<1,48	1184,536	2	0,99	<3,08	1102,875
Lieu 4	1	0,5	<2,37	1094,236	0	-	< 1,50	1117,17
Lieu 5	0	-	< 1,49	1168,538	0	-	< 1,49	1086,72

N = nombre de fibres dénombrées – C = Concentration – R = résultat – V : volume d'air prélevé (total = somme des 8 échantillons)

Etude de pollution ambiante :

L'objectif de l'étude menée par le LEPI à la demande de la Ville de Paris du 21 au 24 juillet 2014 était d'évaluer l'empoussièremement en amiante généré lors de différentes opérations de maintenance d'appareils après utilisation en égouts, ainsi que l'impact sur le proche environnement du poste de travail. Des mesures individuelles d'une durée d'environ 40 min ont été réalisées sur 4 opérateurs pour les opérations :

- nettoyage des gants et bottes ;
- contrôle des harnais, masques de fuite et casque ;
- révision et calibration des détecteurs de gaz ;
- entretien et révision des masques de fuite et des masques respiratoires, remplissage des bouteilles d'air comprimé dans le local ARI (Appareil respiratoire Isolant).

Dans les locaux où sont réalisées ces opérations, 6 prélèvements d'air à poste fixe ont également été réalisés pendant 4 jours pendant les horaires d'occupation normale des locaux. Les analyses ont été effectuées en META.

Il n'a été dénombré aucune fibre d'amiante.

En résumé :

La synthèse de la revue de la littérature et les nombreuses auditions réalisées lors de ces travaux d'expertise mettent en avant une insuffisance de données permettant de caractériser la composition de l'air des égouts en agents chimiques. Les données sont très parcellaires. L'ensemble des études réalisées mettent en évidence la présence de COV dans l'air des égouts, l'étude réalisée à Paris montrant également la présence de HAP. Les concentrations mesurées et les substances détectées sont variables d'une ville à une autre, et au sein d'un même réseau d'égout. L'ensemble de ces études ne permet pas d'avoir un panorama exhaustif des substances présentes puisque l'objectif de ces études n'était pas de caractériser l'atmosphère chimique des égouts.

Seules quelques mesures d'exposition individuelles sont disponibles (INRS 2004, Al Zabadi et al. 2011, CG94), mais l'activité des égoutiers au moment des mesures n'est pas renseignée. Ces études sont insuffisantes pour estimer l'exposition par contamination aérienne des égoutiers.

Au final il apparaît que les expositions passées et actuelles des travailleurs amenés à intervenir dans l'ambiance confinée des égouts ne sont pas documentées.

8.2.2 Agents biologiques

8.2.2.1 Agents biologiques dans l'eau

La composition microbiologique des eaux usées urbaines brutes est extrêmement variable. Elle dépend de leur origine (domestique, industrielle) et des caractéristiques du réseau d'assainissement (séparatif, unitaire, mixte). La diversité des contaminants microbiologiques, ainsi que leurs concentrations sont fonction de l'état sanitaire des populations, des industries raccordées, de l'origine hydrologique des eaux et de la saison.

De nombreux micro-organismes peuvent être identifiés dans les eaux usées. Seuls les micro-organismes pathogènes pour l'Homme, dont une liste non exhaustive est donnée dans les tableaux 11 à 14, sont considérés dans ce rapport. Ces informations sont issues du rapport « Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries » publié par l'Anses en 2012 (Anses 2012) pour laquelle une recherche bibliographique de la composition microbiologique des eaux usées brutes a été effectuée. Une actualisation de ces données a été réalisée dans le cadre de cette expertise et n'a pas mis en lumière de nouvelles données.

8.2.2.1.1 *Bactéries*

Ont été identifiées dans les eaux usées (Cf. Tableau 11) :

- des bactéries d'origine fécale pathogènes et non pathogènes pour l'Homme ;
- des bactéries de l'environnement, *i.e.* d'origine non fécale, pathogènes ou pathogènes opportunistes pour l'Homme.

Tableau 11 : Liste non exhaustive de bactéries potentiellement pathogènes pouvant être présentes dans les eaux usées brutes (Anses 2012)

Genres (*)	Espèces ou sérotypes (*)	Gammes de concentrations (UFC.L ⁻¹) (**)	Références
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i>	10 ⁶ – 10 ⁷	Birks <i>et al.</i> , 2004 ²⁶
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i> ²⁷ <i>S. typhimurium</i> <i>S. paratyphi A, B, C</i>	1 – 10 ³	OMS, 2006
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i> <i>S. boydii</i> <i>S. sonnei</i> <i>S. flexneri</i>	1 – 10 ⁴	Petterson et Ahsbold, 2003 ²⁸
<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	-	-
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i> ²⁷	10 ² – 10 ⁵	OMS, 2006
<i>Plesiomonas</i>	<i>P. shigelloides</i> ²⁷ Erreur ! Signet non défini.	-	-
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	-	-
<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i>	-	-
<i>Campylobacter</i>	<i>C. coli</i> <i>C. jejuni</i>	10 – 10 ⁴	OMS, 2006
<i>Clostridium</i>	<i>C. perfringens</i>	10 ⁴ – 10 ⁵	Harwood <i>et al.</i> , 2005
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>		
<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes</i>		
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. tuberculosis</i> , <i>M. kansasii</i> , <i>M. xenopi</i> , <i>M. avium</i> , <i>M. marinum</i> , <i>M. ulcerans</i> , <i>M. fortuitum</i> , <i>M. abscessus</i> , <i>M. chelonae</i>		
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>		
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>		
<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i> ²⁹		
(*) D'après Dumontet (1997), Schwartzbrod (1999), Cadiegues (2000), Garrec (2003)			
(**) UFC : Unité formant colonie			

8.2.2.1.2 Virus

Les eaux usées contiennent de nombreux virus (Tableau 12). Contrairement aux bactéries pathogènes entériques, les virus ne se reproduisent pas en dehors de leur hôte, mais certains comme les norovirus ont une dose infectante faible et peuvent survivre plusieurs mois dans le milieu hydrique.

²⁶ Il s'agit de la concentration en *E.coli* indicateur de contamination fécale et non en *E.coli* pathogène.

²⁷ Non présent de façon régulière en France métropolitaine.

²⁸ Toutes espèces confondues.

²⁹ Le risque concerne surtout les effluents des établissements d'équarrissage (Afssa, 2008).

Tableau 12 : Liste non exhaustive de virus potentiellement pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées brutes (Anses 2012)

Famille (*)	Espèces (*)	Gamme de concentrations (UFP.L ⁻¹) (**)	Références
<i>Picornaviridae</i>	Virus poliomyélitiques ³⁰ Virus Coxsackie A Virus Coxsackie B Echovirus Enterovirus 68 à 71 Virus de l'hépatite A	10 ² – 10 ⁵	Petterson et Ahshbold, 2003
<i>Reoviridae</i>	Réovirus humains Rotavirus humains	- 10 ² – 10 ⁵	- OMS, 2006
<i>Caliciviridae</i>	Norovirus	ND – 10 ⁴ <1000 - 10 ⁷ PDU ³¹ /L	Petterson et Ashbold, 2003 ³² Van Der Berg, 2005
<i>Herpesviridae</i>	Virus de l'hépatite E	7.81 _ 10 ⁴ copie génome équivalent /L	Masclaux <i>et al.</i> 2013
<i>Norovirus</i>	Genotype III	10 ⁴ -10 ⁶	Masclaux <i>et al.</i> 2013
<i>Astroviridae</i>	Astrovirus humains	-	-
<i>Coronaviridae</i>	Coronavirus humains	-	-
<i>Adenoviridae</i>	Adenovirus humains	250 – 250 000 2.10 ⁴ – 7.10 ⁸ 10 ⁴ -10 ⁶	Boffil-Mas <i>et al.</i> , 2000 Simmons et Xagorarakis, 2011 Masclaux <i>et al.</i> 2013
(*)D'après Dumontet (1997), Schwartzbrod (1999), Cadiergues (2000), Garrec (2003)			
(**) UFP : Unité formant plaque			

8.2.2.1.3 Parasites

- Protozoaires :

Les eaux usées véhiculent des protozoaires sous des formes (kystes, oocystes) très résistantes aux conditions environnementales et aux traitements de désinfection. Certains présentent une faible dose infectante en comparaison avec les bactéries (Tableau 13).

- Helminthes :

Les eaux usées peuvent également contenir des helminthes pathogènes potentiels pour l'Homme (Tableau 13).

³⁰ Non présent de façon régulière en France métropolitaine

³¹ PCR detectable unit

³² Détection positive par PCR

Tableau 13 : Liste non exhaustive de protozoaires et d'helminthes potentiellement pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées brutes (Anses 2012)

Familles (*)	Espèces (*)	Gammes de concentrations (nombre par litre)	Références
Rhizopodes	<i>Entamoeba histolytica/dispar</i>	1 – 10 ²	OMS, 2006
Flagellés	<i>Giardia intestinalis</i>	10 ² – 10 ⁵	
Amibes libres	<i>Acanthamoeba</i> <i>Naegleria fowleri</i> <i>Hartmannella</i>		
Sporozoaires	<i>Toxoplasma gondii</i> <i>Isospora belli</i> <i>Isospora hominis</i> <i>Cryptosporidium parvum</i>	1 – 10 ⁴	
Nemathelminthes	<i>Enterobium vermicularis</i> <i>Trichuris trichura</i> <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Necator americanus</i> , <i>Ankylostoma duodenale</i> <i>Strongyloides stercoralis</i> <i>Toxocara canis</i> , <i>Toxocara cati</i>	1 – 10 ² 1 – 10 ³ 1 – 10 ³	
Plathelminthes	<i>Taenia saginata</i> , <i>T. solium</i> , <i>T. hydatigena</i> <i>Hymenolepis nana</i> , <i>H. diminuta</i> <i>Echinococcus granulosus</i> , <i>multilocularis</i>		

(*) D'après Dumontet (1997), Schwartzbrod (1999), Cadiergues (2000), Garrec (2003)

- Champignons microscopiques :

Les eaux usées contiennent également des champignons, moisissures et levures, parfois pathogènes (Altmeyer *et al.* 1990 d'après Anses 2012, Korzeniewska *et al.* 2009 d'après Anses 2012). Certains d'entre eux sont ubiquitaires de l'environnement. Par exemple, les genres *Penicillium*, *Mucor*, *Cladosporium* et *Aspergillus* sont présents dans le sol, sur les végétaux et dans les milieux aériens (Tableau 14).

Tableau 14 : Liste non exhaustive de champignons/moisissures potentiellement pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées brutes (Anses 2012)

Genres	Espèces	Gammes de concentrations (UFC.L ⁻¹)	Références
<i>Candida</i>	<i>C. albicans</i>	8,5 10 ⁶ à 5 10 ⁷ UFC/L ³³	Korzeniewska <i>et al.</i> , 2009
<i>Cryptococcus</i>	<i>C. neoformans</i>		
<i>Aspergillus</i>	-		
<i>Trichophyton</i>	-		
<i>Epidermophyton</i>	-		
<i>Chryseosporium</i>	-		
<i>Cladosporium</i>	-		
<i>Mucor</i>	-		
<i>Penicillium</i>	<i>P. marneffeii</i>		

8.2.2.1.4 Toxines

Les eaux usées peuvent également contenir des toxines de type toxines clostridiales et cyanotoxines, ainsi que des endotoxines (Ho *et al.*, 2010 d'après Anses 2012; Vasconcelos *et al.*, 2001 d'après Anses 2012).

8.2.2.1.5 Agents transmissibles non conventionnels (ATNC)

Les agents transmissibles non conventionnels sont des agents infectieux qui ne sont ni des bactéries, ni des virus, ni des parasites, ni des champignons. Le premier ATNC identifié est le prion, responsable d'encéphalites spongiformes transmissibles. Il correspond à la conformation structurale anormale d'une protéine physiologique.

Les principaux réservoirs des ATNC sont les êtres vivants contaminés atteints d'encéphalopathies spongiformes transmissibles.

Assumant le fait que :

- les animaux contaminés sont envoyés en équarrissage (seuls les animaux réputés sains étant abattus en abattoir),
- les établissements d'équarrissage sont situés en dehors des villes,
- les réseaux d'assainissement visitables sont situés dans les villes,
- le mode de contamination des prions

il est peu probable que les ATNC se retrouvent dans les eaux usées urbaines et de ce fait ne sont pas considérés comme un danger pour les égoutiers.

³³ Il s'agit de la concentration en levures totales et champignons totaux dans les eaux usées (Korzeniewska *et al.*, 2009).

8.2.2.2 Agents biologiques dans l'air

Les études visant à préciser le niveau de contamination de l'air des égouts par des agents biologiques sont peu nombreuses. Les principaux résultats des études retenues par le groupe de travail sont présentés ci-après.

- ***Etude de l'air des égouts d'une grande ville française (Duquenne et al. 2014)***

Duquenne *et al.* (2014) ont réalisé des mesures d'endotoxines dans l'air des égouts en France. Les mesures ont été réalisées dans le réseau d'assainissement d'une des 10 villes françaises les plus peuplées (population > 100 000 hab) (ville non citée dans l'étude pour des raisons de confidentialité). Ce réseau collecte les eaux usées domestiques, les eaux pluviales et les eaux usées et effluents d'ateliers, de petites industries et de commerces. Les prélèvements ont été effectués sur 13 sites répartis sur l'ensemble de la ville (sites d'intervention programmée des égoutiers). Les activités des égoutiers étudiées pour la réalisation des mesures d'exposition sont l'inspection du réseau (cheminement), le nettoyage du réseau (jet à haute pression ou outils manuels pour les galeries visitables et système de chasse d'eau pour les galeries non visitables), le nettoyage des chambres de sédimentation (bassins de dessablement, utilisation de pompes qui envoient les matières déposées dans les chambres vers le camion citerne), le déchargement et le nettoyage des camions citernes. Pour évaluer le plus finement possible l'exposition des égoutiers sans les gêner dans leurs tâches, l'équipement de prélèvement portatif a été placé sur un technicien situé le plus près possible des égoutiers. Trois prélèvements ont été réalisés sur chaque site. En parallèle, des mesures ont également été réalisées sur chaque site (1 prélèvement par site) dans la zone respiratoire des techniciens situés à l'extérieur des égouts. La durée de prélèvement des endotoxines correspond à la durée des tâches des égoutiers. Elle varie de 9 à 98 minutes. Les méthodes de prélèvement et d'analyse des endotoxines sont détaillées dans l'étude et ne sont pas reprises ici.

Les résultats des mesures d'endotoxines sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Concentrations en endotoxines mesurées dans l'air du réseau d'assainissement d'une des 10 villesfrançaises les plus peuplées (Duquenne *et al.* 2014)

Tâche	Site	Concentrations (UE.m ⁻³) (*)						Extérieur des égouts (UE.m ⁻³) (N=1)
		Filtre en polycarbonate (N=3)			Filtre en fibre de verre (N = 3)			
		Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	
Inspection du réseau	A	56,4	66,6	61,1	58,2	121,0	82,5	0,7
	B	27,8	42,3	34,8	129,7	239,3	182,2	2,6
	C	20,2	68,9	36,7	78,6	91,3	83,3	4,5
	D	16,5	26,9	21,1	37,3	55,0	45,7	8,6
Nettoyage des chambres de sédimentation	E	221,4	420,6	308,0	164,1	216,1	188,7	ND
	F	77,5	129,7	99,4	129,3	260,2	188,0	51,4
	G	31,0	120,8	76,1	79,5	207,1	138,0	2,1
Nettoyage du réseau non visitable – chasse d'eau	H	7,9	17,2	12,5	13,3	16,2	14,7	5,4
Nettoyage du réseau visitable – jet haute pression	I	166,5	186,7	178,9	141,2	165,2	149,7	122,5
	J	87,1	177,2	134,2	415,4	440,7	429,9	2,9
Nettoyage du réseau visitable – outils manuels	K	19,2	28,2	23,7	15,2	23,1	19,3	7,9
	L	24,3	37,0	30,0	60,5	92,1	72,5	0,4
Nettoyage et déchargement du camion citerne	M	6,0	87,3	35,6	33,0	53,4	45,2	ND

(*) UE : Unité d'endotoxine

Les concentrations moyennes en endotoxines varient de 12,5 à 308 UE.m⁻³ pour les prélèvements réalisés à partir de filtre en polycarbonate et de 14,7 à 429,9 UE.m⁻³ pour les filtres en fibre de verre. Les concentrations les plus basses correspondent à la tâche « Nettoyage du réseau non visitable – chasse d'eau » et les plus élevées au nettoyage des chambres de sédimentation et nettoyage du réseau à l'aide de jet haute pression.

Les auteurs de l'étude, notent que les concentrations en endotoxines mesurées à l'extérieur des égouts sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans d'autres études en milieu urbain (Duquenne *et al.* 2013, Mueller-Anneling *et al.* 2004, Madsen 2006). Les deux mesures présentant des concentrations élevées à l'extérieur (sites F et I) ont été réalisées sur des opérateurs se tenant à proximité immédiate des regards d'égouts, lors du nettoyage des chambres de sédimentation et du nettoyage du réseau par jet à haute pression. Les auteurs n'ont pas identifié d'autre source d'exposition susceptible d'expliquer ces résultats élevés. Les regards des égouts constituent donc une source d'exposition non négligeable aux endotoxines lors de la réalisation de certaines tâches dans le réseau.

D'autre part, les auteurs estiment que le fait que les systèmes de prélèvement n'aient pas été portés par les égoutiers eux-même mais par un opérateur se trouvant à proximité immédiate des égoutiers pourrait sous-estimer l'exposition des égoutiers lors de la réalisation de certaines tâches dans des endroits étroits du réseau où il est plus difficile de suivre l'activité des égoutiers (nettoyage des chambres et nettoyage du réseau par jets à haute pression).

Pour conclure, les concentrations en endotoxines mesurées dans cette étude sont inférieures à 500 UE.m^{-3} , ce qui est légèrement inférieur aux concentrations mesurées dans les autres études conduites dans les égouts, les STEU, les stations de compostage, récolte et transformation des céréales en agriculture qui peuvent atteindre plus de 4000 UE.m^{-3} (Thorn *et al.* 2002; Smit *et al.* 2005 ; Visser *et al.* 2006, Spaan *et al.* 2008). Ces niveaux sont nettement inférieurs aux concentrations rapportés dans d'autres secteurs d'activité comme par exemple stations de compostage ou système de transport et de manutention des grains en agriculture qui peuvent dépasser les 100000 UE.m^{-3} (Duquenne *et al.* 2013).

- **Recherche d'agents biologiques dans l'air des égouts de Paris (INRS 2004)**

Dans le cadre de l'étude de morbidité conduite par l'INRS (INRS 2004), des mesures de bactéries, d'endotoxines et de moisissures ont été réalisées dans l'air des égouts parisiens. Cinq campagnes de prélèvements ont été réalisées de 2002 à 2003 à différents points du réseau lors d'activités de curage, d'extraction et de collecte. Les échantillons d'air destinés à la recherche des moisissures ont été prélevés à poste fixe, tandis que ceux destinés à la recherche de bactéries et d'endotoxines ont été échantillonnés par prélèvements individuels, sur des agents de l'INRS accompagnant les égoutiers lors de leurs activités. Des prélèvements ont également été réalisés dans une station de relèvement des eaux.

Les bactéries et les moisissures retrouvées dans l'air des égouts sont présentées dans le tableau suivant. Les moisissures ont été identifiées par examen direct au microscope (pas de détermination de l'espèce) et les espèces des bactéries par des tests biochimiques d'identification rapide.

Tableau 16 : Identification des bactéries et moisissures présentes dans l'air des égouts parisiens (INRS 2004)

	Curage ligne	petite	Curage collecteur	Collecte d'information	Usine de relèvement des eaux	Extraction de bassin de dessablement
Bactéries						
<i>Acinetobacter junii</i>	x			x		x
<i>Acinetobacter iwoffii</i>	x		x	x		x
<i>Bacillus sp.</i>	x		x	x	x	
<i>Micrococcus sp.</i>	x,		x	x	x	x
<i>Ochrobactrum anthropi</i>	x					
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	x		x		x	
<i>Pseudomonas putida</i>			x			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>					x	
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>						x
<i>Staphylococcus sp</i>			x			x
<i>Streptococcus D</i>			x	x		
<i>Enterobacter amnigenus</i>				x		
<i>Flavimonas oryzihabitans</i>				x		
<i>Klebsiella sp</i>					x	
<i>Alcaligenes faecalis</i>						x
<i>Brevundimonas vesicularis</i>						x
<i>Chryseobacterium meningosepticum</i>						x
<i>Comamonas acidovorans</i>						x
<i>Enterobacter cloacae</i>						x
<i>Ralstonia pickettii</i>						x
<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>						x
Moisissures						
<i>Aspergillus sp.</i>	x		x	x	x	x
<i>Geotrichum sp.</i>	x		x	x		x
<i>Penicillium sp.</i>	x		x	x	x	x
<i>Cladosporium sp.</i>			x	x	x	x
<i>Alternaria sp.</i>				x		
<i>Fusarium sp.</i>				x		
<i>Trichoderma sp.</i>						x

Les mesures ont montré des concentrations en bactéries et en moisissures très variables d'une campagne à l'autre. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées pour l'activité de curage de petites lignes et d'extraction (moisissures : de 1500 à > 3000 UFC.m⁻³ ; bactéries : de 10² à 10⁴ UFC.m⁻³). Pour les bactéries, des concentrations élevées ont également été mesurées pour l'activité d'extraction (de 10² à > 10⁶ UFC.m⁻³).

Concernant les endotoxines, peu d'échantillons ont pu être collectés en raison de difficultés techniques. Les concentrations mesurées varient de 9 à 29 UE.m⁻³.

- **Autres données disponibles : Etude du laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris (LHVP) et de la compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) (LHVP 2010a)**

Le laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris (LHVP) a été sollicité par la compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) pour évaluer l'impact des rejets des installations de production de vapeur sur la biocontamination de l'air des égouts (LHVP 2010a, non publiée). Les rejets de CPCU sont généralement situés juste au-dessus du niveau de l'effluent des égouts et dans environ 15% des cas, ces rejets sont placés à hauteur d'homme. Lors des rejets de purge et de vidange, un brouillard de fines particules liquides se propage dans le collecteur. Des échantillonnages d'air ont été réalisés en novembre et décembre 2009 à l'aide de biocollecteurs placés à une distance de 1 m et 10 m du rejet, à hauteur des voies respiratoires des égoutiers. Les prélèvements ont été effectués lors de deux opérations (purge et vidange³⁴) sur une durée d'une heure à 4 moments, avant le rejet, 10 minutes, 1h30 et 2h30 après le rejet. Des mesures de flore bactérienne revivable³⁵, d'entérobactéries³⁶ et d'endotoxines³⁷ ont été réalisées.

Les résultats de l'étude (Cf. Tableau 17) montrent des concentrations de bactéries environ 5 fois plus élevées après l'opération de purge qu'après l'opération de vidange, excepté 10 min après le rejet.

Les concentrations de bactéries mesurées avant et après une purge varient peu à proximité du rejet. A distance du rejet, ces concentrations augmentent avec le temps, jusqu'à atteindre 3 fois le niveau de base 2h30 après le rejet. Les concentrations de bactéries avant et après l'opération de vidange varient peu à proximité et à distance du rejet. Les auteurs notent que la variabilité des résultats peut être due à plusieurs facteurs parmi lesquels les mouvements de l'air dans le tunnel constituent le facteur le plus probable. Ils soulignent également que l'action mécanique du jet de vapeur émis à forte pression à la surface de l'effluent pourrait expliquer le fait que l'opération de purge génère plus de contamination bactérienne que celle générée après vidange.

Les concentrations d'endotoxines mesurées avant et après les opérations de purge et de vidange sont faibles et varient peu dans le temps et dans l'espace (à proximité et à distance du rejet).

Les concentrations maximales mesurées en bactéries et en endotoxines sont inférieures aux concentrations mesurées dans les égouts dans d'autres études françaises détaillées ci-après (INRS 2004, Duquenne *et al.* 2014). Il est à noter que les mesures dans le cadre de cette étude n'ont pas été réalisées en période d'activité des égoutiers, contrairement aux autres.

Aucun prélèvement d'air pour la recherche d'entérobactérie n'est positif, à proximité ou à distance d'une purge.

³⁴ Lors d'une purge, la température de l'eau rejetée est à 80 à 90°C, lors d'une vidange la température de l'eau rejetée est de 50 à 60°C

³⁵ Les dénombrements bactériens (DB) sont interprétés après 7 jours d'incubation à 25°C sur milieu gélosé trypto-caséine-soja.

³⁶ Les dénombrements d'entérobactéries sont interprétés après 24h d'incubation à 37°C sur milieu Mac Conkey suivi des techniques classiques d'identification bactérienne.

³⁷ Analyse par dosage LAL (selon les principes décrits dans la norme NF EN 14031 « Atmosphères des lieux de travail – Détermination des endotoxines en suspension dans l'air »)

Tableau 17 : Résultats des mesures de bactéries et endotoxines dans l'air des égouts lors d'opérations de purge et vidange au niveau de rejets d'installations de production de vapeur (LHVP 2010a)

Bactéries (UFC.m ⁻³)								
Opération (30 min)	Avant le rejet		10 min après le rejet		1h30 après le rejet		2h30 après le rejet	
	A proximité du rejet (1m)	A distance du rejet (10 m)	A proximité du rejet (1m)	A distance du rejet (10 m)	A proximité du rejet (1m)	A distance du rejet (10 m)	A proximité du rejet (1m)	A distance du rejet (10 m)
Purge	~ 500	Entre 500 et 1000	~500	< 500	Entre 500 et 1000	Entre 1500 et 2000	< 500	Entre 2000 et 2500
Vidange	~ 600	~ 200	Entre 800 et 900	~ 200	~ 200	~ 300	~300	Entre 500 et 600
Endotoxines (UE.m ⁻³)								
Purge	~ 10	~ 3	~ 8	~ 8	~ 15	~ 7	~ 7	~ 4
Vidange	~ 7	~ 2,5	~ 2	~ 5	~ 2,5	~ 2,5	~ 3,5	~ 4,5

En résumé :

Peu d'études se sont intéressées à la mesure d'agents microbiologiques dans l'air des égouts. Les quelques concentrations de bactéries sont généralement de l'ordre de 10^2 à 10^4 UFC.m⁻³. Des concentrations plus élevées (10^6 UFC.m⁻³) sont relevées au niveau du nettoyage de bassins de dessablement et d'utilisation de jet haute pression.

Il n'existe pas actuellement de valeurs réglementaires de limite d'exposition aux bioaérosols, ni en Europe, ni aux USA ou au Canada. Malgré cela, certaines valeurs et certains critères sont proposés au niveau scientifique pour aider à porter un jugement sur l'importance de l'exposition aux bioaérosols. En l'absence de valeurs limites d'exposition aux flores microbiennes aéroportées, il est possible de se référer au seuil de 10^5 UFC.m⁻³ sur 8h pour le milieu agricole ou industriel ou au seuil de 10^3 UFC.m⁻³ sur 8h pour un milieu non industriel ventilé mécaniquement, utilisés comme critères d'action par l'IRSST (Goyer *et al.* 2001). Ces seuils ont été proposés après compilation de données publiées dans la littérature. Ils constituent des niveaux de concentration et des observations qui justifient d'explorer davantage la situation et de mettre en place les actions requises. Les concentrations retrouvées sont donc généralement inférieures à ces seuils, toutefois pour certaines tâches les concentrations retrouvées dépassent le seuil de 10^5 UFC.m⁻³.

De même les niveaux maximum d'endotoxines sont enregistrés pour ces tâches (>400 UE.m⁻³). Pour les autres tâches les concentrations en endotoxines sont généralement inférieures à 80 UE.m⁻³.

Les concentrations en endotoxines mesurées dans les égouts sont inférieures aux concentrations déterminées en STEU et nettement inférieures aux concentrations déterminées dans d'autres secteurs d'activité.

Les tâches qui semblent donc être les plus exposantes aux bactéries et endotoxines sont les tâches générant le plus d'aérosols d'eaux usées. Il est à noter que le personnel extérieur assurant la fonction de garde orifice est également impacté par ces activités génératrices d'aérosol.

8.3 Campagnes de mesures exploratoires initiées par l'Anses

Le GT a souhaité que soit réalisée une campagne de mesure exploratoire de paramètres chimiques et une campagne de mesure exploratoire de paramètres microbiologiques dans l'atmosphère des égouts afin de documenter les expositions actuelles des égoutiers.

Le second objectif de ces campagnes est de tenter de fournir des données qui pourraient être utiles au gestionnaire sur les mesures de prévention et les moyens de protection à mettre en œuvre au vu des contaminants identifiés.

Il est à noter que ces études ne s'inscrivent pas dans le cadre de l'évaluation réglementaire de l'exposition professionnelle, ni du contrôle technique réglementaire du respect des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

De plus, des limites à ces études peuvent d'ores et déjà être mises en avant. Il s'agit notamment du manque de représentativité des mesures réalisées. En effet, la composition des effluents dépend du type de rejets dans le réseau, de sa configuration, de sa taille, des conditions météorologiques, etc.. Elle est donc extrêmement variable d'une portion de réseau d'assainissement à une autre portion du même réseau ainsi que d'un réseau d'assainissement à un autre. Les données météorologiques actuelles sont ainsi trop parcellaires pour établir un choix représentatif *a priori* des expositions chimiques et des expositions microbiologiques des égoutiers.

Ainsi cette étude ne vise pas à déterminer l'exposition globale des égoutiers, mais plutôt à décrire un éventail d'agents contaminants présents dans l'air des égouts pour certaines tâches.

Afin de réaliser ces études, deux conventions de recherche et développement ont été élaborées conjointement avec le Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP) et le laboratoire de la Caisse Régionale de l'Assurance Maladie d'Ile de France (CRAMIF).

8.3.1 Campagne de mesure de polluants chimiques

8.3.1.1 Description générale

Les prélèvements d'air sont effectués pendant des tâches ciblées considérées comme représentatives des différentes activités exercées par le personnel intervenant dans le réseau d'assainissement.

Il est à noter que, de manière générale, un égoutier effectue une tâche lors de son poste de travail (hormis les phases de déplacement pour rejoindre les lieux d'appels, et lieux d'intervention, les phases d'habillage/déshabillage, nettoyage, etc.). Ces tâches ont été identifiées en liaison avec les représentants du Bureau Santé sécurité vie au travail (BSSVT) du Service technique de l'eau et de l'assainissement (STEA) de la Ville de Paris.

Les tâches investiguées sont les suivantes :

- collecte d'information ;
- nettoyage des grilles à haute pression (station relevage) ;
- curage avec engin : wagon vanne ou bateau-vanne ;
- nettoyage des engins à haute pression ;
- extraction (bassin de dessablement) ;
- curage haute pression.

Les égoutiers réalisant la collecte d'information cheminent en égouts, mais n'interviennent pas au niveau des eaux usées. Ils sont exposés au bruit de fond ambiant des égouts. Les mesures réalisées au cours de cette tâche permettent donc d'approcher une caractérisation du bruit de fond.

Les prélèvements d'air sont individuels afin de refléter au mieux l'exposition des égoutiers, les échantillonneurs étant disposés dans la zone respiratoire des égoutiers.

Lors des prélèvements d'air, un relevé d'activités des égoutiers et une enquête de secteur visant à recenser les activités artisanales et industrielles en surface à proximité des lieux de prélèvement

sont réalisés de afin de pouvoir mettre en perspective les résultats des mesures avec d'éventuelles sources de polluants dans le réseau.

De manière générale, toute étude visant à caractériser une exposition, débute par une phase pilote permettant d'identifier les polluants à rechercher dans un second temps. Cette phase pilote n'est pas pertinente dans le cas présent compte tenu de la variabilité spatio-temporelle de la nature des effluents.

Une sélection *a priori* des substances à investiguer a alors été réalisée par le GT. Les principaux éléments susceptibles d'être présents dans les égouts et auxquels pourraient être exposés les égoutiers ont été listés, notamment au travers de l'étude Ampères (Cf. § 8.2.1.1) et des données disponibles dans la littérature. La sélection des substances à investiguer a ensuite été réalisée par le GT en tenant compte notamment des effets sanitaires des substances et des contraintes temporelles, techniques et financières.

Ainsi certaines familles chimiques ont été exclues pour des raisons de faisabilité (pesticides, semi-volatils, mercaptans, ...). L'amiante n'a pas été recherché car la Ville de Paris réalisait déjà une campagne de mesure individuelle (Cf. § 8.2.1.1).

Parmi les COV, ont été retenus ceux pour lesquels il existait une classification cancérogène et/ou pour lesquels l'organe cible était le foie, le poumon, l'œsophage, le rectum, la cavité buccale, ou le pharynx (organes cibles pour lesquels un excès de mortalité est observé dans l'étude INRS 2004).

Les métaux classés cancérogènes ont été retenus ainsi que les HAP habituellement mesurés par le laboratoire.

Etant donné que la ventilation du réseau d'assainissement est réalisé par ouverture d'ouvrants situés au niveau des chaussées, les marqueurs de la pollution atmosphérique ont été retenus à savoir : les particules (PM10, PM2,5), le dioxyde d'azote (NO₂) et le monoxyde de carbone (CO).

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) et l'ammoniac (NH₃), *a priori* ubiquitaires dans les réseaux, ont également été recherchés.

Ainsi, la campagne de mesure a porté sur les polluants suivants :

- les particules : PM2,5 et PM10 avec analyse des métaux Pb, Ni, Cd, As, Co dans la fraction PM10 ;
- des HAP : phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène ;
- des COV : trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, trichlorométhane (chloroforme), dichlorométhane, hexachlorobutadiène, 1,2-dichloroéthane, tétrachlorure de carbone (CCl₄) ; benzène, chlorure de vinyle, naphthalène, toluène, éthylbenzène, xylènes, styrène, 1,4 dichlorobenzène, 1,1-dichloroéthylène
- Le dioxyde d'azote
- Le sulfure d'hydrogène
- L'ammoniac
- Le monoxyde de carbone

De plus un screening de COV a été effectué à chaque point de mesure avec pour objectif d'identifier les COV en présence et d'effectuer une semi-quantification de composés complémentaires.

Le Tableau 18 présente les méthodes de mesures mises en œuvre pour chaque polluant, ainsi que leurs limites de quantification.

Tableau 18 : Caractéristiques des méthodes de mesures mises en oeuvre

Polluants		Méthodes	Débit de prélèvement	LQ sur le support	LQ pour 2h de prélèvement
PM 10 et métaux	PM10	Prélèvement actif avec Chem Pass et Filtre téflon Gravimétrie selon NF EN 14907 Métaux selon NF EN 14902 (ICP/MS)	4 L.min ⁻¹	22 µg	46 µg.m ⁻³
	Pb			75 ng	160 ng.m ⁻³
	Ni			42,5 ng	90 ng.m ⁻³
	Cd			5 ng	10 ng.m ⁻³
	As			7,5 ng	20 ng.m ⁻³
	Co			5 ng	10 ng.m ⁻³
PM 2,5		Prélèvement actif avec Chem Pass et Filtre téflon Gravimétrie selon NF EN 14907	4 L.min ⁻¹	22 µg	46 µg.m ⁻³
COV	Trichloroéthylène	Méthode interne selon NF ISO 16200-1 Tube charbon actif/DS GC/FID/MS	1 L.min ⁻¹	1,5 µg	12 µg.m ⁻³
	Tétrachloroéthylène			1,6 µg	14 µg.m ⁻³
	Trichlorométhane			2,0 µg	17 µg.m ⁻³
	CCI4			2,0 µg	17 µg.m ⁻³
	Benzène			0,88 µg	7,3 µg.m ⁻³
	Chlorure de vinyle			4,0 µg	33 µg.m ⁻³
	1,2-dichloroéthane			6,0 µg	50 µg.m ⁻³
	Naphtalène			1,4 µg	12 µg.m ⁻³
	Toluène			0,86 µg	7 µg.m ⁻³
	Ethylbenzène			0,88 µg	7,3 µg.m ⁻³
	xylènes			0,86 µg	7 µg.m ⁻³
	Styrène			1 µg	8,3 µg.m ⁻³
	1,4 dichlorobenzène			0,82 µg	6,8 µg.m ⁻³
	1,1-dichloroéthylène			2 µg	16,7 µg.m ⁻³
	Dichlorométhane			2 µg	17 µg.m ⁻³
	Hexachlorobutadiène			2µg	17 µg.m ⁻³
	screening des autres COV à chaque point			Identification par GC/MS – semi-quantification de 4 composés	-
H ₂ S		Méthode interne selon Métropol n°14 Prélèvement actif sur cassette et filtre imprégné Spectrophotométrie λ 670 nm	de 0,2 à 1 L.min ⁻¹	60 µg	de 2,5 mg.m ⁻³ (0,2 L.min ⁻¹ à 0,5 mg.m ⁻³ (1 L.min ⁻¹))
NH ₃		Méthode interne selon Métropol n°13, Prélèvement actif sur cassette et filtre imprégné Spectrophotométrie λ 660 nm	1 L.min ⁻¹	4 µg	35 µg.m ⁻³
CO		Cellule électrochimique	-	1 ppm	-
NO ₂		Méthode interne selon NFX43015 Prélèvement actif sur cassette avec filtre imprégné Spectrophotométrie λ 542 nm	0,6 L.min ⁻¹	0,5 µg	7 µg.m ⁻³
HAP	Phénanthrène	Méthode interne selon ISO 16362 et ISO 12884 Prélèvement actif sur cassette Filtre EPM 2000 Analyse par HPLC/fluorimétrie	2 L.min ⁻¹	5,0 ng	21 ng.m ⁻³
	Anthracène			1,5 ng	6,3 ng.m ⁻³
	Fluoranthène			10 ng	42 ng.m ⁻³
	Pyrène			10 ng	42 ng.m ⁻³
	Benzo(a)anthracène			7,5 ng	31 ng.m ⁻³
	Chrysène			7,5 ng	31 ng.m ⁻³
	Benzo(b)fluoranthène			3,5 ng	15 ng.m ⁻³
	Benzo(k)fluoranthène			1,0 ng	4,2 ng.m ⁻³
	Benzo(a)pyrène			1,5 ng	6,3 ng.m ⁻³
	Dibenzo(a,h)anthracène			2,5 ng	10 ng.m ⁻³
	Benzo(g,h,i)pérylène			2,5 ng	10 ng.m ⁻³
	Indéno(1,2,3,c-d)pyrène			5,0 ng	21 ng.m ⁻³

8.3.1.1 Déroulement de la campagne de mesure

Les mesures ont été réalisées par le LCPP d'octobre 2014 à mai 2015, pendant les activités des égoutiers. Trois mesures de chaque polluant ont été effectuées pour chacune des tâches.

Un minimum de 8 dispositifs de prélèvement différents, composés d'une pompe et d'un support de prélèvement (tube, filtre ou cellule électrochimique) étaient nécessaires pour investiguer l'ensemble des polluants recherchés au cours d'une seule tâche. Ces dispositifs devant être positionnés sur les égoutiers réalisant la tâche, et ceux-ci portant déjà un équipement très encombrant, il n'a pas été possible de mesurer l'ensemble des polluants en même temps au cours de la même tâche.

Par ailleurs, les équipes n'intervenant pas nécessairement au même endroit d'un jour à l'autre, excepté pour les tâches de curage avec engin où la zone d'intervention est plus restreinte, une série de mesure pour une tâche a pu être réalisée en différents endroits du réseau d'assainissement.

Le Tableau 19 présente les dates et les lieux des mesures.

En fonction des difficultés techniques, liées notamment à l'humidité ambiante, à l'encombrement de l'équipement des égoutiers, aux tâches réalisées et organisationnelles, certains prélèvements ont dû être reprogrammés car ont été invalidés ou bien non réalisés.

La durée moyenne des tâches réalisées est de 2h, le coefficient de variation entre la durée de chaque tâche étant de 12%.

Tableau 19 : Dates et lieux des mesures réalisées

Tâches	Dates	Sites	Autres informations
Collecte d'information	20/10/2014 21/10/2014 22/10/2014 07/11/2014	Secteur Colonel Fabien P19	Collecte EST
	28/10/2014 29/10/2014 12/11/2014 26/11/2014	Secteur Champs-Élysées P16	Collecte OUEST
	21/11/2014 27/11/2014 03/12/2014	Secteur Place d'Italie P13	Collecte SUD
	14/11/2014	Usine Watt	-
	18/11/2014	Usine Mazas	-
	25/11/2014	Usine Austerlitz	-
	27/01/2015	Usine Auteuil	-
	28/01/2015	Usine Mazas	-
	29/01/2015	Usine Chamonard	-
Curage avec engin	11/12/2014	Collecteur centre	Wagon-vanne
	12/12/2014	Collecteur centre	Wagon-vanne
	20/01/2015	Collecteur Asnières	Bateau-vanne
	21/01/2015	Collecteur Asnières	Bateau-vanne
	11/02/2015	Collecteur Asnières	Bateau-vanne
	18/03/2015	Collecteur Asnières	Bateau-vanne
Nettoyage des engins	04/11/2014	Site Delesseux P19 (à l'air libre)	Bateau-vanne
	05/11/2014		Bateau-vanne
	13/02/2015		Wagon-vanne
	22/04/2015		Bateau-vanne
	23/04/2015		Bateau-vanne
	24/04/2015		Bateau-vanne
Extraction (bassin)	08/12/2014	Porte de Vincennes	-
	10/12/2014	Porte de Vincennes	-
	15/12/2014	Université	-
	16/12/2014	Université	-
	18/02/2015	Poissonnier	-
	19/02/2015	Poissonnier	-
Curage haute pression	03/03/2015	Saint-Bernard	-
	05/03/2015	Secteur Vertbois P3	-
	06/03/2015	Secteur Vertbois P3	-
	10/03/2015	Secteur Vertbois P3	-

8.3.1.2 Résultats

L'ensemble des résultats bruts est présenté en Annexe 7.

8.3.1.2.1 Mesures de concentration en particules et métaux

Les mesures individuelles des PM10 et PM2,5 ont été réalisées à l'aide de chempass sur filtre téflon.

Les concentrations en PM10 varient de 65 à 5284 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et les concentrations en PM2,5 sont plus homogènes et varient de 72 à 172 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Cf. Tableau 20).

En ce qui concerne les PM10, les concentrations maximales ont été mesurées pour les tâches de nettoyage haute pression des dégrilleurs et le curage avec engin. Ces tâches sont génératrices d'aérosols. Il est possible que des particules de taille plus importante que 10 μm aient été prélevées ce qui augmente artificiellement la concentration en PM10. Toutefois, compte tenu du faible nombre de mesures, il n'est pas possible d'exclure ces valeurs extrêmes qui peuvent également être dues à des concentrations ponctuellement très élevées.

Tableau 20 : Concentrations en PM10, PM2,5 et métaux pour les différentes tâches ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

Taches	PM10	PM2,5	Pb	Ni	Cd	As	Co
Collecte	65,5	61,9	nd	nd	nd	nd	nd
	102,1	83	nd	< 0,23	nd	nd	nd
	149,1	129,6	nd	< 0,23	nd	nd	0,3
Nettoyage dégrilleur HP	1439,8	163,4	nd	< 0,23	< 0,02	nd	0,13
	811,3	172,4	nd	nd	nd	nd	0,12
	311,7	147,6	< 0,15	nd	< 0,02	nd	< 0,05
Nettoyage des engins HP	69,8	65,5	nd	nd	nd	nd	nd
	272,1	98	nd	< 0,22	nd	nd	0,07
	198,7	159,6	< 0,132	0,075	< 0,017	nd	0,015
Extraction bassin de dessablement	272,73	102,9	< 0,14	< 0,23	0,99	< 0,02	0,18
	134,1	128,1	< 0,18	< 0,3	0,1	nd	0,11
	368,9	115,3	nd	< 0,3	nd	nd	0,1
Curage avec engin	85,7	83	nd	nd	0,03	nd	nd
	5284,4	146,6	0,2	< 0,4	< 0,024	nd	0,6
	654	117,2	< 0,2	nd	nd	nd	0,26
Curage HP	239,2	104,9	nd	< 0,09	0,02	nd	< 0,05
	367,2	122,4	nd	0,248	0,041	nd	0,414
	245,7	154,5	nd	< 0,313	0,024	nd	< 0,063
	250,8	151,3	0,204	< 0,259	0,020	< 0,052	< 0,052

Nd : non détecté
< : inférieure à la limite de quantification

Le Tableau 21 présente les moyennes et écart-types calculés par tâche et par polluant, ainsi que pour l'ensemble des tâches. Dans une approche maximisante, la valeur de la limite de quantification a été prise en compte dans les calculs pour les données inférieures à la limite de quantification.

Tableau 21 : Concentrations moyennes en PM10, PM2,5 et métaux ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

		collecte	nettoyage HP engin	nettoyage HP dégrilleur	curage bassin	curage avec engin	curage HP	ensemble des tâches
PM10	moyenne	105,57	854,27	180,20	258,58	1565,83	287,90	595,94
	ecart-type	41,91	565,28	102,41	118,04	2490,64	68,72	1181,80
PM2,5	moyenne	91,50	161,13	107,70	115,43	112,93	142,73	121,43
	ecart-type	34,64	12,55	47,79	12,60	26,53	17,68	33,40
Pb	moyenne	0,00	0,05	0,04	0,11	0,10	0,07	0,06
	ecart-type	0,00	0,09	0,08	0,09	0,12	0,12	0,09
Ni	moyenne	0,15	0,08	0,07	0,28	0,12	0,27	0,16
	ecart-type	0,13	0,13	0,13	0,04	0,19	0,03	0,14
Cd	moyenne	0,00	0,01	0,01	0,36	0,02	0,03	0,07
	ecart-type	0,00	0,01	0,01	0,55	0,01	0,01	0,22
As	moyenne	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	ecart-type	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01
Co	moyenne	0,10	0,10	0,03	0,13	0,23	0,18	0,13
	ecart-type	0,17	0,04	0,04	0,04	0,27	0,21	0,16

L'ensemble des résultats souligne l'extrême variabilité des concentrations mesurées, tant au niveau des tâches qu'au niveau des polluants.

Les concentrations en PM10 et PM2,5 sont 2 à 3 fois supérieures aux concentrations mesurées dans l'air extérieur par Airparif à l'aide de TEOM au même moment au niveau des stations de typologie trafic (Cf. Figure 10). Bien que les méthodes de mesures soient différentes, et que l'utilisation d'un chemass tende à surestimer les concentrations en PM10 et PM2,5 d'un facteur 1,4 par rapport aux mesurées réalisées à l'aide d'un TEOM, les concentrations en PM10 et PM2,5 déterminées dans les égouts restent nettement supérieures à celles mesurées en air extérieur.

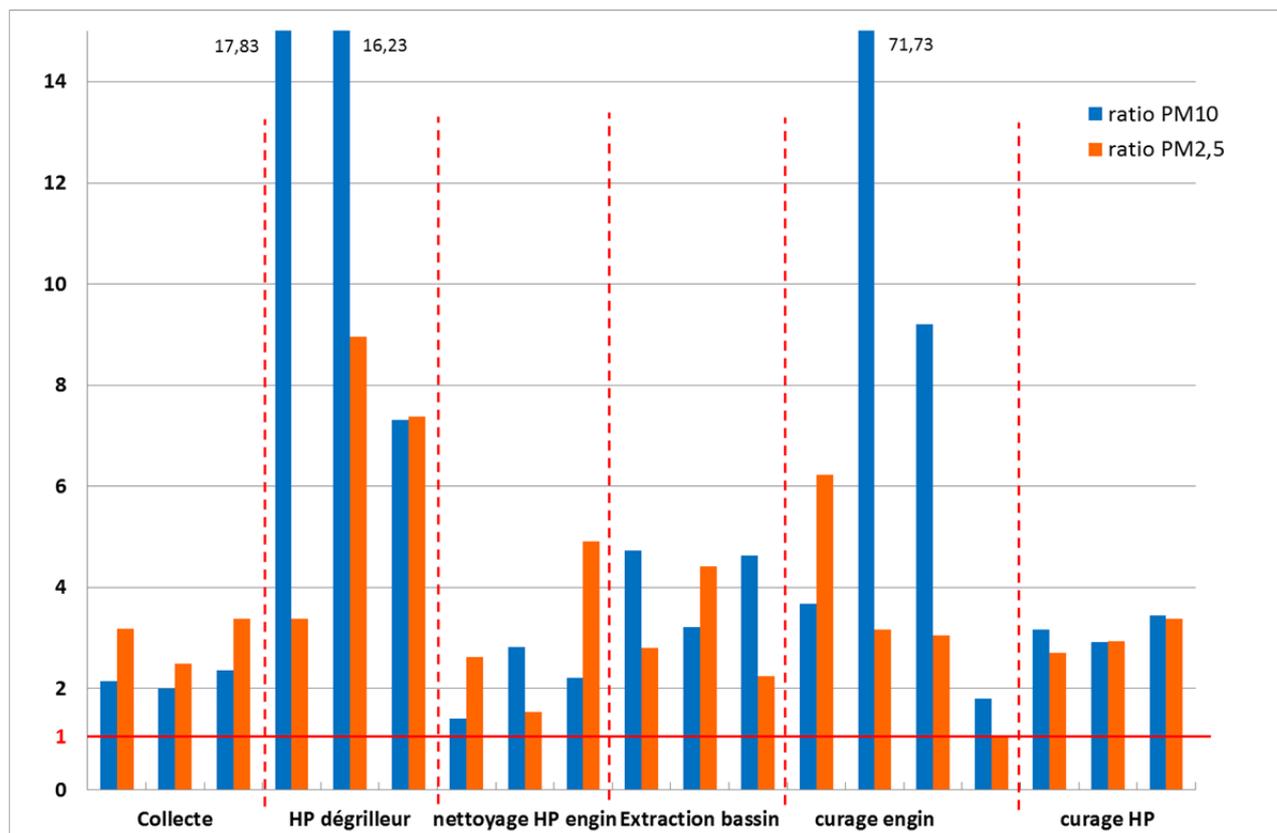


Figure 10 : Ratio des concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées en égouts (sans facteur de correction) avec les concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées par AirParif en station trafic

Métaux :

Les concentrations en métaux sont très variables d'une tâche à une autre et d'une mesure à l'autre. Les plus présents sont le cobalt, quantifié pour l'ensemble des tâches, puis le cadmium. Le nickel a été détecté sur la plupart des mesures réalisées mais les concentrations sont inférieures aux limites de quantification (Cf. Tableau 20).

Il est à noter que compte tenu des faibles durées de prélèvements les limites de quantification des métaux sont relativement élevées.

A titre de comparaison les concentrations en métaux ont été comparées aux concentrations journalières mesurées par Airparif dans la station Paris 18^{ème} (typologie urbaine) aux mêmes dates. Les concentrations mesurées par Airparif varient de 0,1 à 10 ng.m⁻³ suivant le métal considéré et les dates des mesures (Cf. Figure 11). Les limites de quantification des métaux dans la campagne de mesure sont nettement supérieures aux niveaux mesurés par Airparif du fait du très faible volume d'air prélevé dans la campagne de mesure (généralement entre 330 et 620 L). Toutefois, pour les métaux quantifiés, les concentrations mesurées dans les égouts sont nettement supérieures à celles mesurées en air extérieur (Cf. Figure 11).

Les variations des concentrations en métaux observées dans les égouts ne peuvent pas s'expliquer par les variations des concentrations en métaux observées dans l'air extérieur.

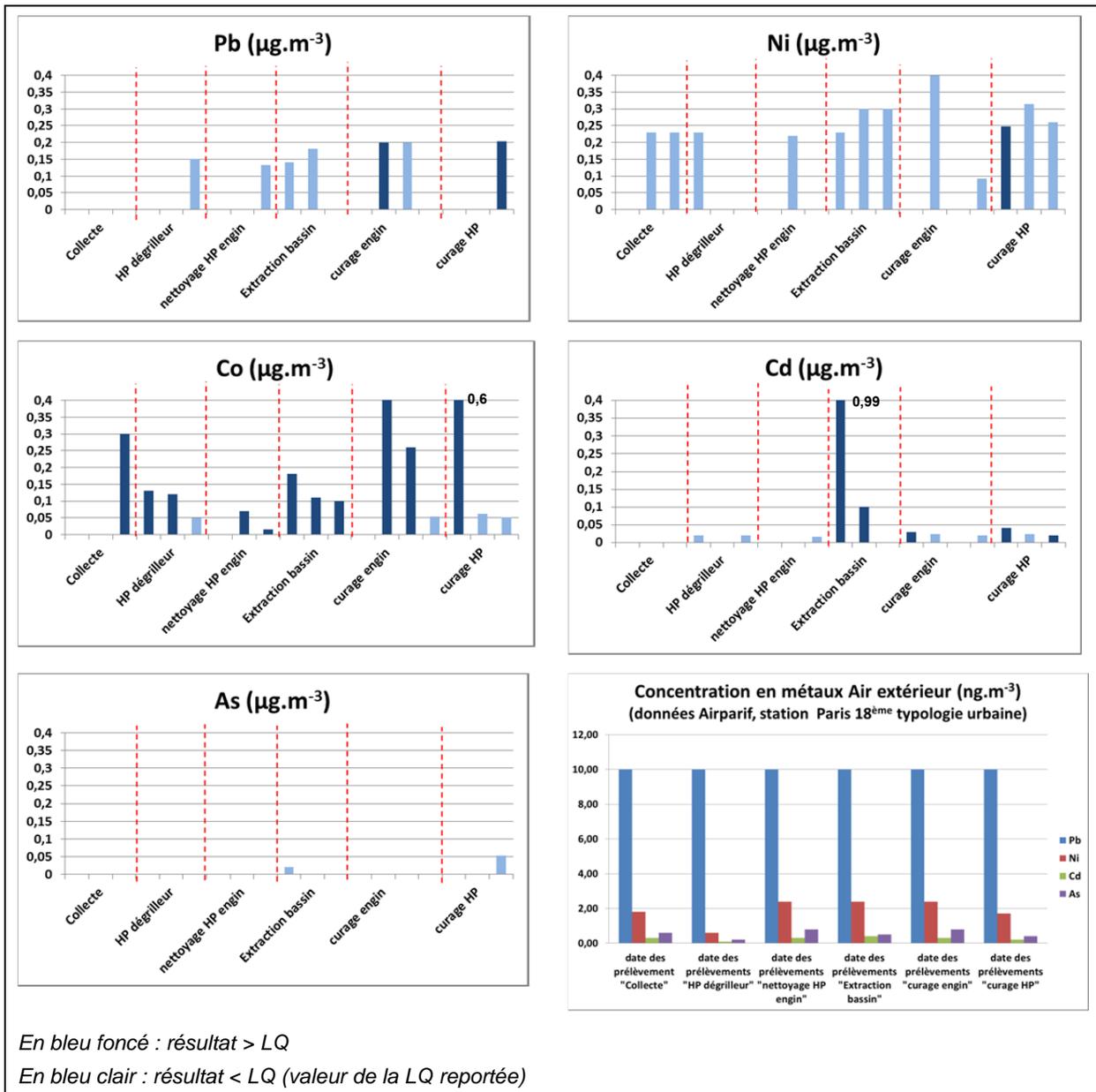


Figure 11 : Concentrations en métaux

La proportion de métaux dans les PM10 est variable selon les tâches. Les particules PM10 prélevées lors de la tâche d'extraction de bassin sont les plus concentrées en métaux (Cf. Figure 12).

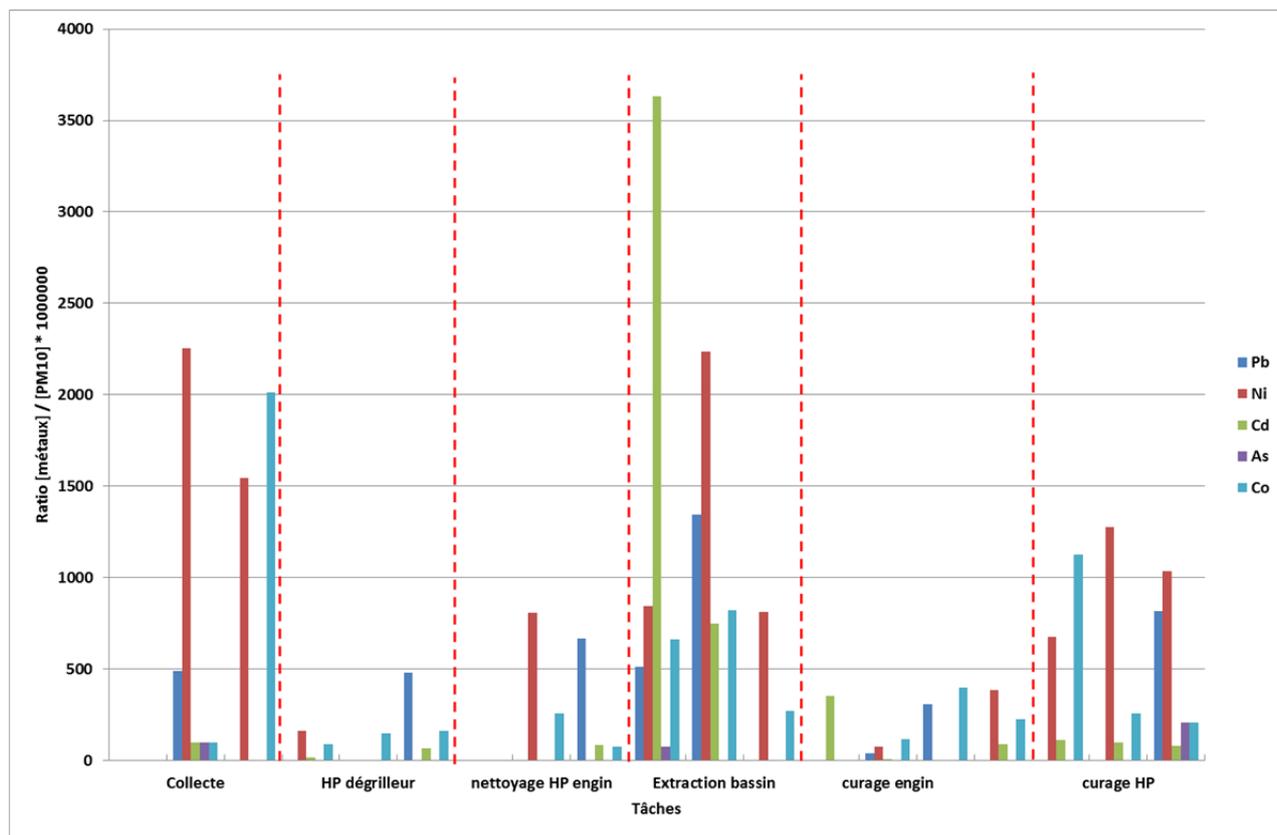


Figure 12 : Ratio des concentrations en métaux sur les concentrations en PM10 par tâche

Discussion :

Le cobalt pourrait provenir des fumées des centrales thermiques et des incinérateurs ou bien encore des échappements des véhicules à moteur thermique (INERIS 2006a). La contamination du réseau d'assainissement pourrait alors être due au lessivage, par les eaux de pluie, des poussières sédimentées contenant du cobalt.

Le cobalt étant également utilisé comme pigment, il pourrait provenir de rejet de peinture, ou bien encore être lié à des rejets hospitaliers car peut être utilisé dans les services de médecine nucléaire.

L'extraction de bassin est la tâche pour laquelle les plus fortes teneurs en métaux ont été retrouvées, ce qui peut être liée à la concentration des métaux dans les sédiments.

8.3.1.2.2 Mesures de concentration en NO₂

Les mesures de NO₂ ont été réalisées par prélèvement actif sur cassette avec filtre imprégné et analyse par spectrophotométrie (méthode interne au laboratoire selon NFX43015).

Les concentrations en NO₂ sont comprises entre 29 et 68 µg.m⁻³ (Cf. Figure 13).

Les concentrations mesurées au cours des tâches réalisées en égout sont comprises entre les concentrations minimales et maximales mesurées en station urbaine par Airparif (Cf. Figure 14).

La tâche « extraction bassin » semble la plus exposante pour le NO₂. Le processus de fermentation anaérobie des sables pourrait expliquer ces concentrations plus élevées.

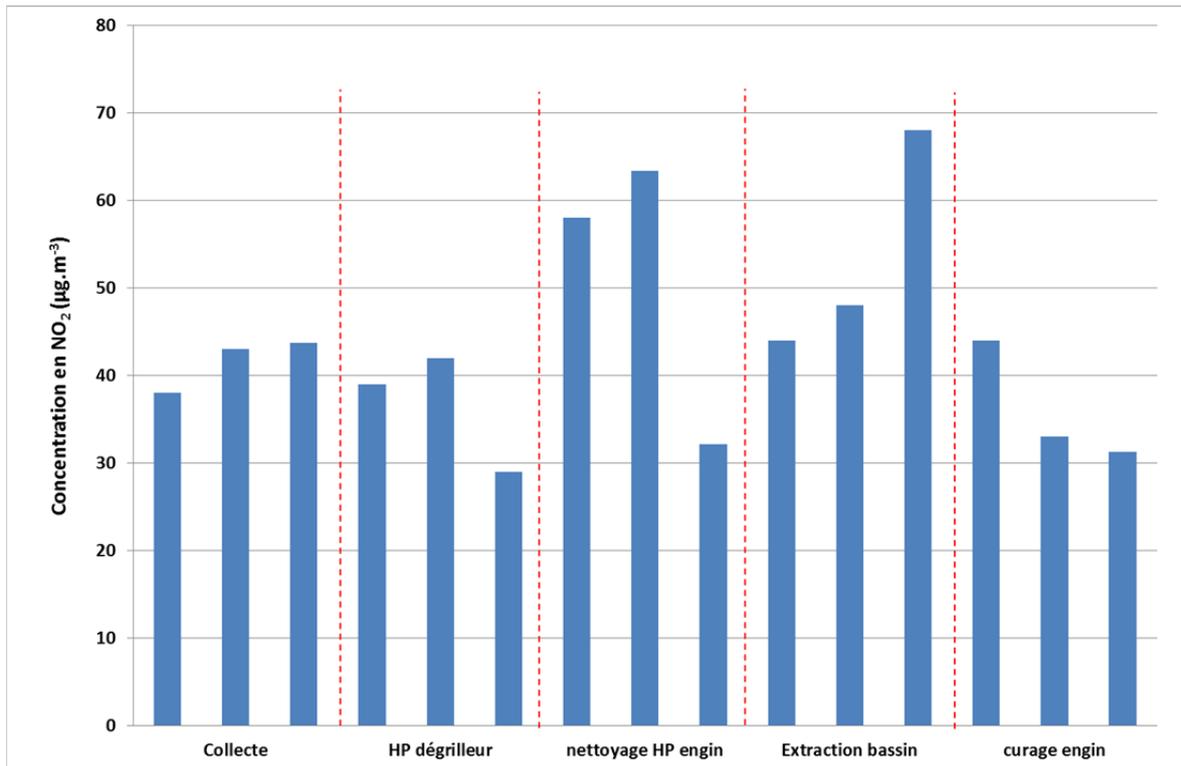


Figure 13 : Concentrations en NO₂ par tâches

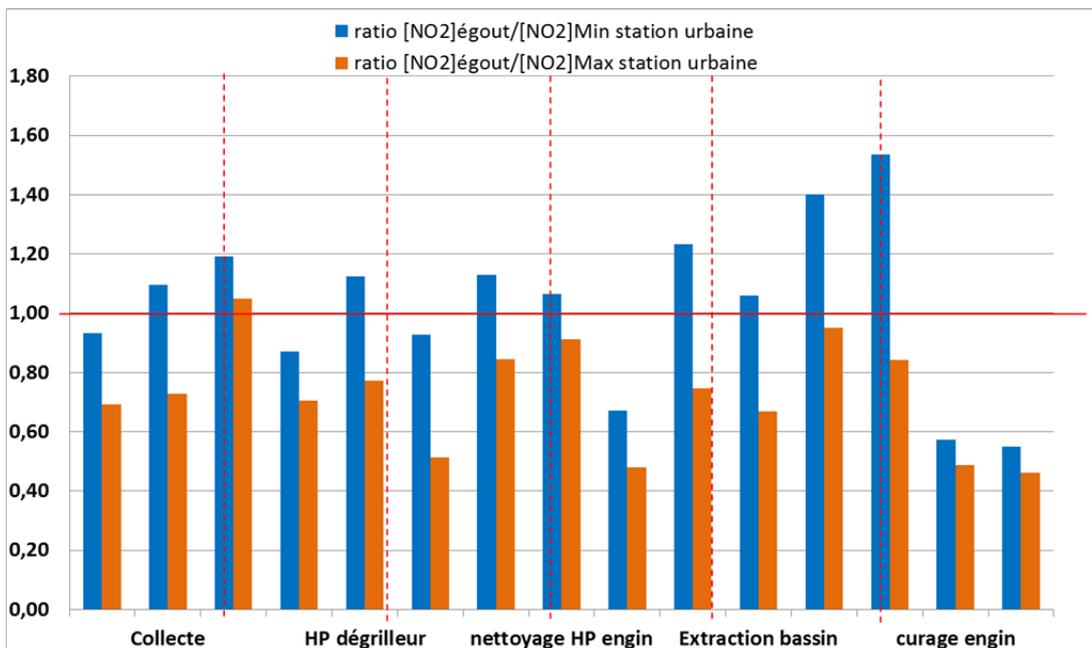


Figure 14 : Ratio des concentrations en NO₂ mesurées dans les égouts et des concentrations en NO₂ min et max mesurées dans les stations urbaines Airparif

8.3.1.2.3 Mesures de concentrations en HAP

Les HAP ont été prélevés sur cassette et filtre EPM 2000 et les analyses réalisées en HPLC/fluorimétrie (méthode interne au laboratoire selon ISO 16362 et ISO 12884).

Seuls le phénanthrène, l'anthracène, le benzo(k)fluoranthène, le dibenzo(a,h)anthracène et le benzo(g,h,i)pérylène ont été quantifiés lors de certaines tâches au cours de cette campagne (Cf. Figure 15). L'anthracène est majoritairement présent avec des concentrations comprises entre 8,3 et 56,4 ng.m⁻³.

Le benzo(a)anthracène et le pyrène n'ont jamais été détectés lors de cette campagne de mesure. Le benzo(a)pyrène, le fluoranthène, le chrysène, le benzo(b)fluoranthène et le indéno(1,2,3,c-d)pyrène ont été détectés, mais les concentrations sont inférieures aux limites de quantification. L'ensemble des résultats est présenté en Annexe 7.

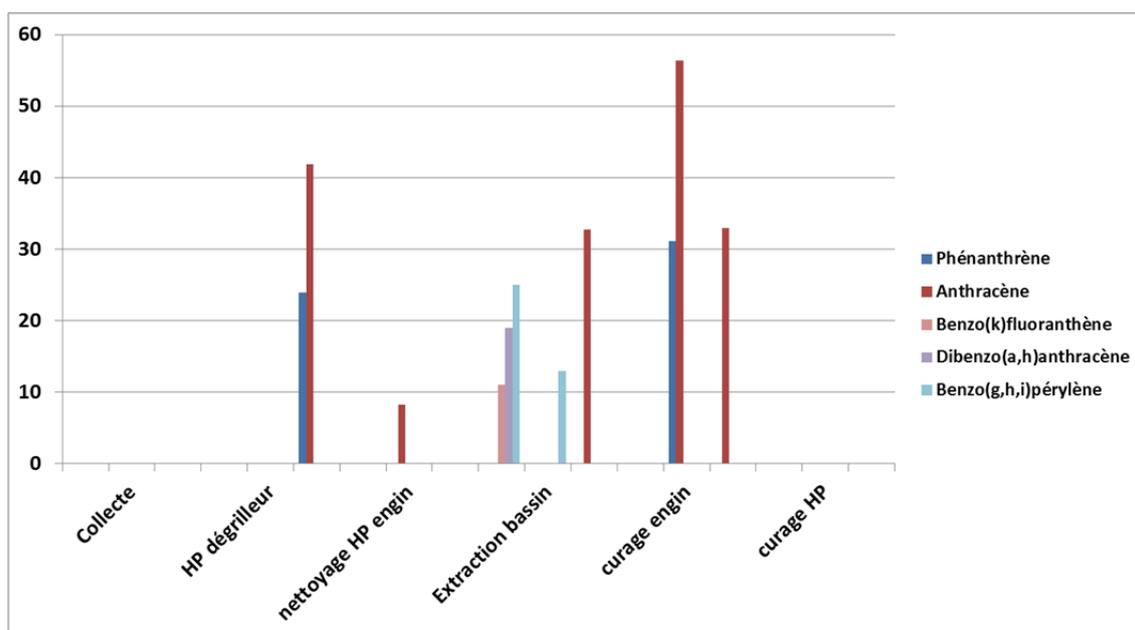


Figure 15 : Concentration en HAP (ng.m⁻³)

Les composés retrouvés et les concentrations mesurées dans cette campagne diffèrent des composés retrouvés par Al Zabadi *et al.* en 2011 (cf. Tableau 22) tant au niveau des composés quantifiés qu'au niveau des concentrations mesurées. Par exemple le pyrène n'a été détecté pour aucune tâche dans cette campagne mais a été quantifié à une concentration moyenne de 19,3 ng.m⁻³ dans l'étude d'Al Zabadi *et al.* . Ceci peut s'expliquer par une nature différente des rejets entre les deux campagnes de prélèvement.

Ces résultats mettent en évidence une grande variabilité spatio-temporelle des concentrations.

Tableau 22 : Comparaison des concentrations moyennes (min et max) en HAP avec les concentrations retrouvées dans l'étude de Al Zabadi *et al.* 2011

	Concentrations Moyennes (min – max) (ng.m ⁻³)	Concentrations moyennes (ng.m ⁻³) Al Zabadi <i>et al.</i> (2011)
Phénanthrène	7,79 (0 - 31,1)	71,2 (125 – 220)
Anthracène	10,54 (0 - 56,4)	6,7 (0,5 – 32,1)
Fluoranthène	0,82 (0 - 14)	23,7 (2,4 – 104,6)
Pyrène	nd	19,3 (2,3 – 78,4)
Benzo(a)anthracène	nd	4,6 (0,3 – 31,8)
Chrysène	0,65 (0 - 11)	7,7 (1 – 30)
Benzo(b)fluoranthène	0,94 (0 - 16)	4,3 (0,5 – 30,1)
Benzo(k)fluoranthène	1,09 (0 - 11)	2,0 (0,2 – 15,2)
Benzo(a)pyrène	0,39 (0 - 6,7)	6 (0,5 – 62,1)
Dibenzo(a,h)anthracène	1,44 (0 - 19)	0,9 (0,01- 5,4)
Benzo(g,h,i)pérylène	2,82 (0 - 25)	4,4 (0,4 – 24)
Indéno(1,2,3,cd)pyrène	2,47 (0 - 22)	3 (0,3 – 15,9)

Nd = non détecté

Pour les calculs de la moyenne pour les résultats de la campagne, les valeurs ≤ LD ont été prises comme égale à 0, et la valeur de la LQ a été prise en compte pour les résultats ≤ LQ.

8.3.1.2.4 Mesures de concentrations en COV

Les mesures de concentration en COV ont été réalisées à l'aide de prélèvements actifs sur tube de charbon actif, désorption avec du disulfure de carbone puis analyse par GC/FID/MS.

Les résultats des mesures de concentrations en COV soulignent une grande variabilité tant dans les composés quantifiés que les tâches.

Les COV les plus présents sont les BTEX (Benzène, toluène, xylène et éthylbenzène), les alcanes (nonane, décane, undécane, dodécane, octane) et le 1,2,4 triméthylbenzène (Cf Figure 16). Ces COV ont été quantifiés pour chacune des tâches dont la collecte d'information qui représente davantage le bruit de fond. Il s'agit de composés organiques pouvant être émis par la pollution automobile. Il est donc possible qu'il y ait eu un enrichissement en BTEX au sein du réseau *via* la ventilation naturelle.

Les concentrations maximales sont mesurées pour le toluène, lors de la tâche d'extraction de bassin de dessablement (920 et 600 µg.m⁻³).

Un pic de décane est également enregistré lors d'une mesure au cours de la tâche de collecte à 720 µg.m⁻³.

Selon les tâches exercées le profil des concentrations et polluants observés n'est pas le même. Deux groupes peuvent être distingués : la collecte d'information, le curage haute pression et l'extraction de bassin de dessablement qui semblent plus exposantes d'un côté et les autres tâches de l'autre (Cf. Figure 16). Les concentrations les plus faibles sont enregistrées pour la tâche de nettoyage des engins avec haute pression, qui est réalisée en extérieur.

Certains COV n'ont jamais été détectés au cours de cette campagne de mesure : Trichloroéthylène, Trichlorométhane, CCl4, Chlorure de vinyle, 1,2-dichloroéthane, Naphtalène, Styène, 1,4 dichlorobenzène, Dichlorométhane, Hexachlorobutadiène.

L'ensemble des résultats est présenté en Annexe 7.

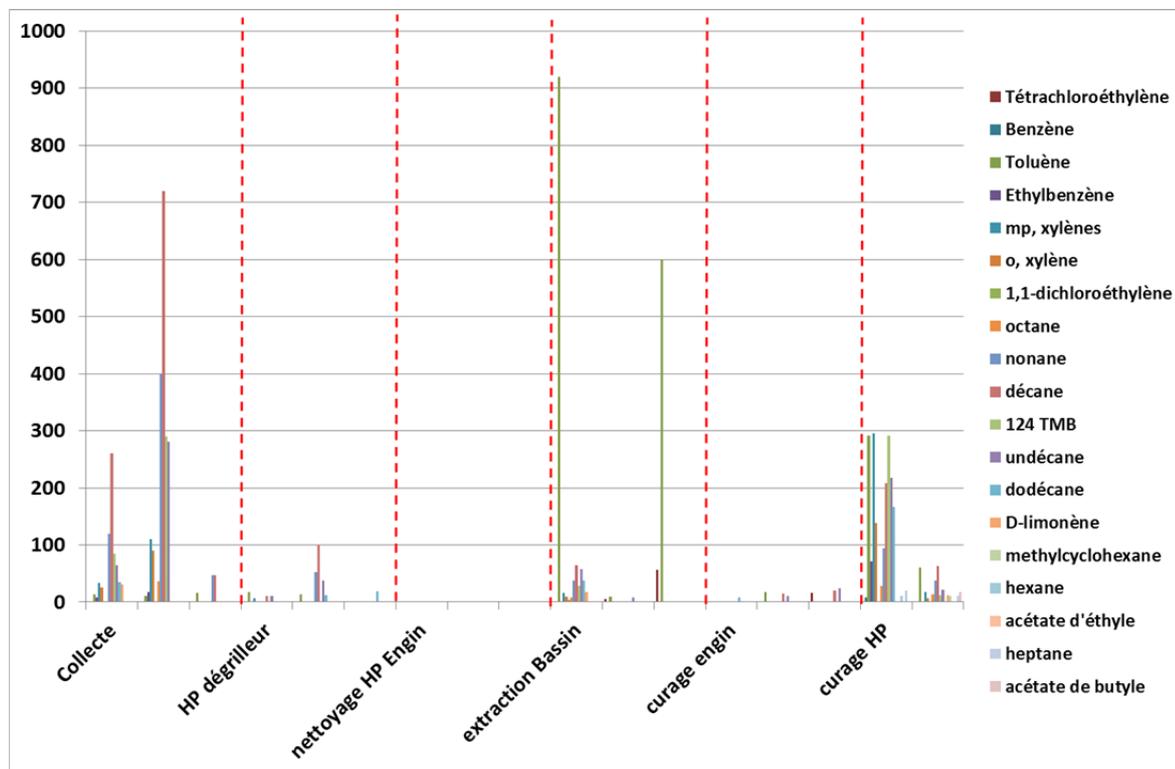


Figure 16 : Concentrations en COV quantifiés par tâche ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

Comparaison avec les résultats des études précédentes :

Lors de leur étude en 2011, Al Zabadi *et al.* avaient mesuré l'exposition des égoutiers à certains COV (Cf. § 8.2.1.2). L'activité des égoutiers au moment des mesures n'était pas précisée. Les résultats de la campagne actuelle confirment la présence des COV mesurés par Al Zabadi, à l'exception du trichloroéthylène, du styrène et du 1,4 dichlorobenzène qui n'ont jamais été détectés, et du benzène et tétrachloroéthylène qui sont nettement moins présents (Cf. Tableau 23). Ceci confirme la variabilité spatio-temporelle des expositions.

Tableau 23 : Comparaison des concentrations moyennes en certains COV avec les concentrations retrouvées dans l'étude de Al Zabadi et al. 2011

	Concentrations Moyennes (min – max) ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Concentrations moyennes ($\mu\text{g.m}^{-3}$) Al Zabadi et al. (2011)
Benzène	0,69 (0 - 8,6)	19,14
Toluène	117,38 (0 - 920)	155,30
Ethylbenzène	7,1 (0 - 71,32)	53,69
mp, xylènes	30,66 (0 - 295,93)	115,36
o, xylène	16,67 (0 - 138,65)	50,27
124 TMB	42,66 (0 - 290,94)	77,20
undécane	43,41 (0 - 280)	210,47
Trichloroéthylène	nd	39,28
Tétrachloroéthylène	5,19 (0 - 55,7)	87,64
Styrène	0 (0 - 0)	13,87
décane	88,72 (0 - 720)	161,94
1,4 dichlorobenzène	nd	44,39

Nd = non détecté

Pour les calculs de la moyenne pour les résultats de la campagne, les valeurs \leq LD ont été prises comme égale à 0, et la valeur de la LQ a été prise en compte pour les résultats \leq LQ.

Comparaison avec l'air extérieur : mesures des BTEX

Les concentrations en BTEX mesurées dans les égouts sont généralement supérieures aux maximum des niveaux mesurés en air extérieur dans les stations Airparif de typologie trafic (Cf. Figure 18). Ceci dénote des sources internes liées aux égouts.

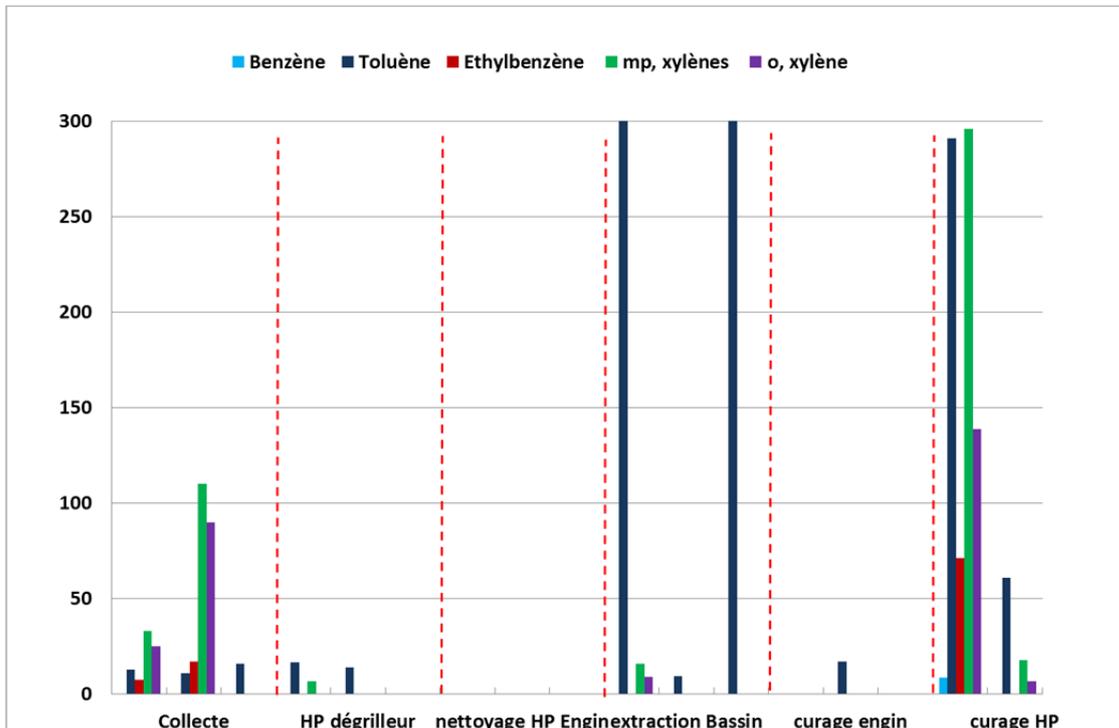


Figure 17 : Comparaison des concentrations en BTEX par tâche (µg.m⁻³)

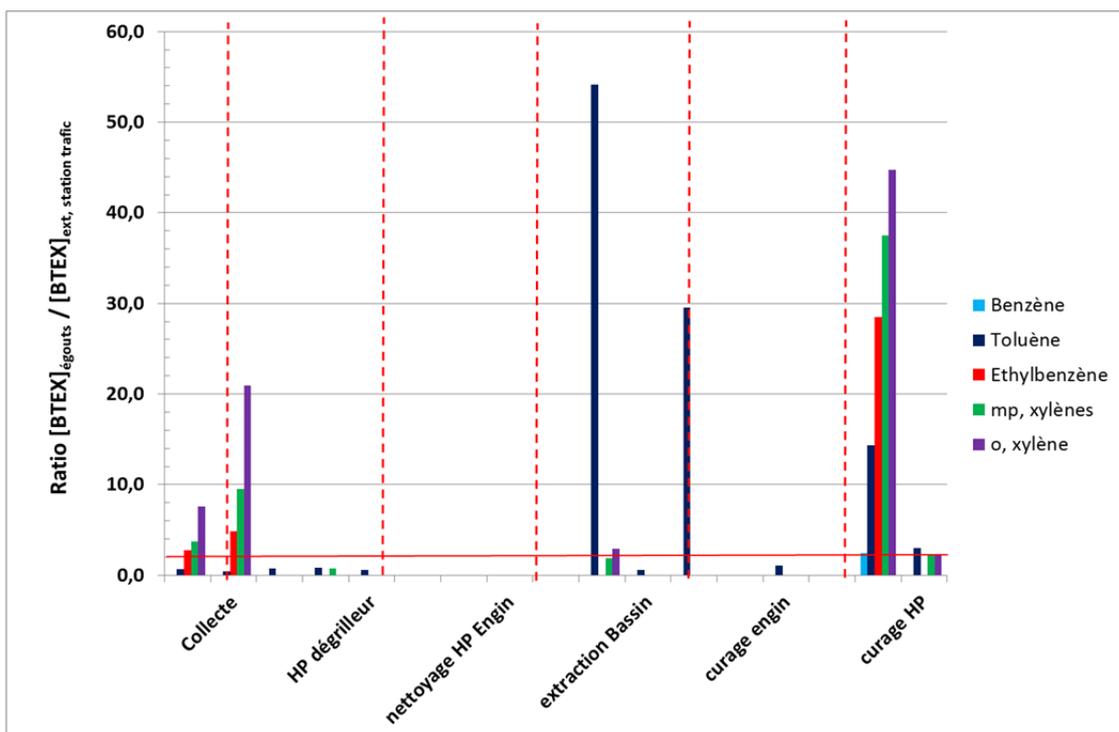


Figure 18 : Comparaison des concentrations en BTEX mesurées en égout et des concentrations en BTEX mesurées par Airparif en station trafic³⁸

³⁸ Le ratio a été calculé à partir des valeurs maximales mesurées en station trafic au cours de la semaine où les mesures ont été réalisées auprès des égoutiers (source Airparif).

8.3.1.2.5 Mesures de concentration en H₂S

Les mesures de H₂S ont été réalisées selon la méthode INRS MétroPol 014 (INRS 2012) à l'aide d'un prélèvement actif sur filtre imprégné et analyse par spectrophotométrie.

Les concentrations en H₂S mesurées au cours de cette campagne sont toutes inférieures aux limites de quantification. Toutefois, le H₂S a systématiquement été détecté au cours de chaque tâche. Les concentrations minimales en H₂S sont comprises entre 200 et 400 µg.m⁻³ (correspondant aux limites de détection³⁹) et les concentrations maximales en H₂S sont comprises entre 615 et 1200 µg.m⁻³ (correspondant aux limites de quantification).

L'ensemble des résultats est présenté en Annexe 7.

8.3.1.2.6 Mesures de concentration en NH₃

Les mesures de NH₃ ont été réalisées selon la méthode INRS MétroPol 013 (INRS 2008) à l'aide d'un prélèvement actif sur filtre imprégné et analyse par chromatographie ionique.

L'ammoniac a systématiquement été détecté ou quantifié. Les concentrations varient de 27 à 255 µg.m⁻³. Les concentrations maximales ont été mesurées au cours de la tâche nettoyage avec engin (255 µg.m⁻³) et curage haute pression. Les concentrations les plus faibles ont été mesurées au niveau de l'extraction de bassin (Cf. Figure 19).

Les sources possibles de NH₃ au sein des égouts sont les détergents contenant de l'ammoniac (produits de nettoyage...) ainsi que les processus de décomposition de la matière organique.

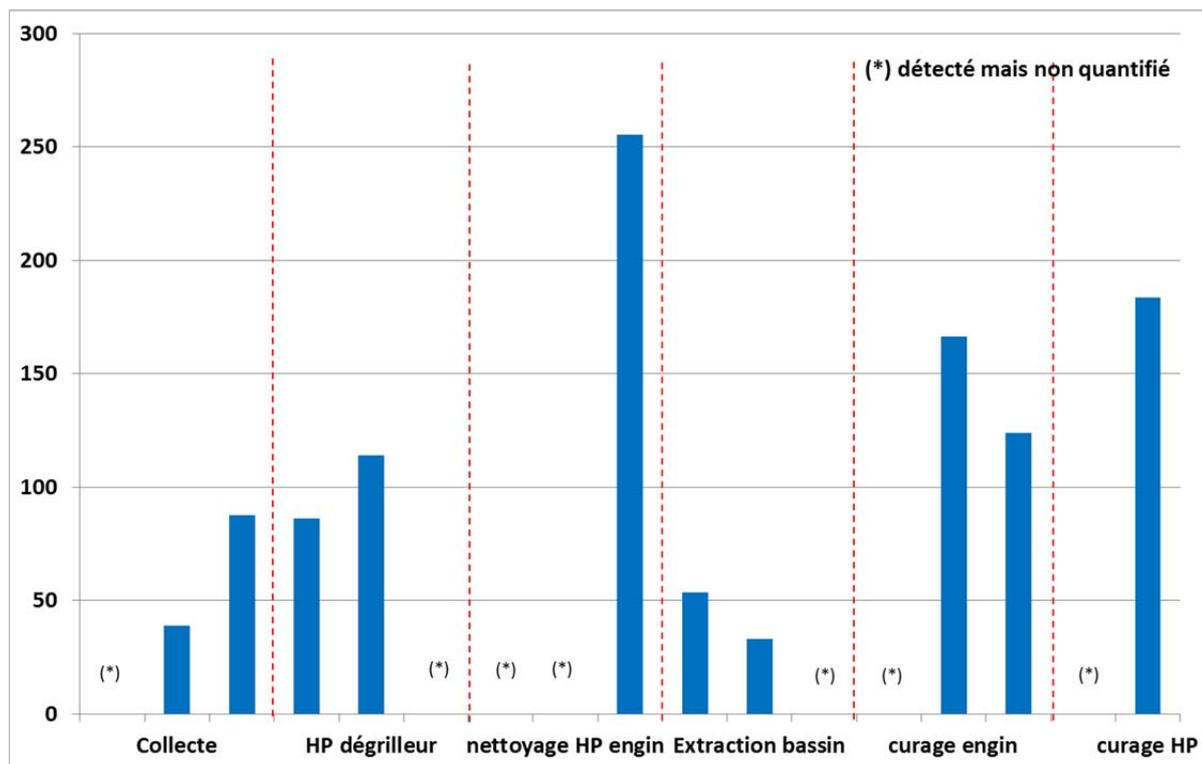


Figure 19 : Concentrations en NH₃ (µg.m⁻³)

³⁹ Les limites de détection et de quantification sont fonction du volume d'air prélevé, ce qui explique qu'elles ne sont pas fixes.

8.3.1.2.7 Mesures de concentration en CO

Les concentrations en CO ont été mesurées en continu à l'aide d'un détecteur électrochimique.

Quelle que soit la tâche, les concentrations moyennes en CO sur la durée de la tâche sont inférieures à 1 ppm. Des pics à 5 ppm et 3 ppm ont été enregistrés ponctuellement pour les tâches de collecte, extraction de bassin et curage haute pression. L'ensemble des résultats est disponible en Annexe 7.

8.3.1.3 Mise en perspective

Les intérêts et limites d'une EQRS ont été discutés par le GT qui a considéré que :

- les données actuellement disponibles sont insuffisantes pour conduire une EQRS.
- la principale limite de l'exercice réside dans la difficulté de construire des scénarios d'exposition représentatifs de l'exposition chronique des égoutiers, en lien avec la qualité des données d'exposition disponibles et l'importante variabilité spatio-temporelle des rejets dans le réseau.

De plus, l'approche substance par substance présente des limites importantes dans le cas présent car les égoutiers sont exposés à un cocktail de substances chimiques et d'agents biologiques pour la plupart non identifiés.

Compte tenu de tous ces éléments, il n'a pas été jugé pertinent de conduire une EQRS dans le cadre de ces travaux d'expertise (Cf. argumentaire plus détaillé en Annexe 3).

Toutefois, une mise en perspective des résultats de concentrations en polluants avec les VLEP existantes a été réalisée à titre informatif, afin d'alerter le cas échéant si des concentrations mesurées lors de cette campagne s'avéraient préoccupantes.

Les VLEP sont des valeurs de gestion pour la surveillance des expositions professionnelles, qui ne protègent pas forcément des effets réversibles ou les plus sensibles comme c'est le cas pour les VTR. En fonction des organismes, et/ou date d'établissement, la construction de ces valeurs n'est pas toujours transparente et peut intégrer des éléments socio-économiques. C'est pourquoi, pour cette mise en perspective, seules les VLEP dont la construction est transparente et fondée sur des critères sanitaires (élaboration par l'Anses, le Scoel⁴⁰, l'ACGIH⁴¹, la commission MAK ou le DECOS⁴²) ont été retenues (Cf. Tableau 24). Il est à noter qu'il ne s'agit pas de diagnostiquer le respect ou non des VLEP car la campagne de mesure n'a pas été élaborée dans cet objectif. Toutefois, lorsque la VLEP dispose d'un statut réglementaire en France, celui-ci est indiqué dans le tableau.

Pour l'ensemble des substances disposant d'une VLEP-8h, les concentrations maximales mesurées sont inférieures au dixième des VLEP-8h correspondantes, hormis pour le nickel, le cadmium, le cobalt et le NH₃ pour lesquels les concentrations maximales mesurées sont

⁴⁰ Scoel : Scientific Committee on Occupational Exposure Limits

⁴¹ ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁴² DECOS : Dutch Expert Committee on Occupational Safety

inférieures à $0,5 * VLEP-8h^{43}$. La comparaison entre les concentrations en métaux déterminées lors de la campagne de mesure et les VLEP-8h est toutefois indicative, car les fractions prélevées ne sont pas les mêmes.

En ce qui concerne les HAP, en France, aucune VLEP n'est établie. La CNAM recommande comme objectif provisoire de maintenir la teneur en B(a)P en dessous de 150 ng.m^{-3} .

Le DECOS a établi en 2006, les valeurs sanitaires d'excès de risque de cancer pour le B(a)P (exposition 8h/j, 5jours par semaine, pendant 40 ans) :

- concentration correspondant à un excès de risque individuel de mortalité par cancer de $4.10^{-3} = 550 \text{ ng.m}^{-3}$
- concentration correspondant à un excès de risque individuel de mortalité par cancer de $4.10^{-5} = 5,7 \text{ ng.m}^{-3}$

Le B(a)P n'a pas été quantifié au cours de cette campagne de mesure. Toutefois il a été détecté lors d'une tâche à une concentration inférieure à $6,7 \text{ ng.m}^{-3}$ (durée : 110 min).

Pour les autres HAP quantifiés lors de cette campagne de mesure (phénanthrène, anthracène, benzo(k)fluoranthène, dibenzo(a,h)anthracène et benzo(g,h,i)pérylène), il n'existe pas de VLEP. A titre informatif, les VTR chroniques par inhalation existantes pour ces composés ont été recherchées en consultant la base de données Furetox. Des excès de risque unitaires ont été développés par l'INERIS (INERIS 2006b) et l'OEHHA (OEHHA 2009). Les concentrations maximales mesurées dans l'air des égouts ajustées sur vie entière⁴⁴ sont inférieures aux concentrations correspondants à un niveau de risque de 10^{-6} (Cf. Tableau 25).

Il est à noter que pour les PM10, PM2,5, décane, undécane, dodécane et D-limonène il n'existe pas de VLEP-8h. Pour ces substances il n'existe pas non plus de VTR auxquelles se référer. A titre informatif, les concentrations en PM10 et PM2,5 ont été comparées aux niveaux mesurés en air extérieur et ces concentrations sont nettement supérieures aux concentrations mesurées par Airparif en station de typologie Trafic (Cf. 8.3.1.2.1).

Les niveaux d'exposition mesurés pour chacune des substances sont donc généralement faibles comparativement aux valeurs de référence existantes. Cette comparaison ne garantit cependant pas l'absence d'effets sanitaires liés aux coexpositions et aux synergies éventuelles. Par ailleurs, des pics d'exposition ne peuvent pas être exclus. Cette mise en perspective permet toutefois de pointer de potentielles problématiques sur certains niveaux de polluants retrouvés comme par exemple les niveaux de PM10 et PM2,5, certains métaux et HAP.

⁴³ Dans une approche préventive, les concentrations mesurées (sur des durées de 1h30 à 2h30 en fonction de la tâche) n'ont pas été rapportées sur huit heures pour comparaison avec les VLEP-8h et sont directement mises en regard des VLEP-8h.

⁴⁴ Ajustement selon la formule : $C_{ajustée} = \frac{C_{mesurée} * 2h * 5j * 40ans}{24h * 7j * 70ans}$ en considérant une exposition des égoutiers pendant 40 ans.

Tableau 24 : Mise en perspective des concentrations en polluant quantifiés avec les VLEP-8h existantes

	Conc. Min. (mg.m ⁻³)	Conc. Max. (mg.m ⁻³)	VLEP	
			VLEP 8h (mg.m ⁻³)	source
Pb (métal) ⁴⁵	ND	0,0002	0,1	Reg. Contraignante (2004) Scoel (2002)
Ni (métal)	ND	0,0004	0,005 (a) ⁴⁶ 0,01 (i) ⁴⁷	Scoel (2011)
Cd (métal)	ND	0,00099	0,003	Anses (2013)
Co (métal)	ND	0,0006	0,0025	Anses (2013)
NO ₂	29	0,068	0,955	Scoel 2014
PCE	ND	0,056	138	Anses 2010
Benzène ⁴⁵	ND	0,0086	3,25	Reg. Contraignante (1997)
			0,7	DECOS (2014)
Toluène	ND	0,92	76,8	Reg. Contraignante (2012)
			75,4	Afsset 2008
Ethylbenzene	ND	0,071	88,4	Reg. Contraignante (2007)
			442	Scoel (1995)
m,p xylene	ND	0,296	221	Reg. Contraignante (2007) Scoel (1992)
o xylène	ND	0,139	221	
1,1-dichoroethylene	ND	0,0045	8	Scoel (2008)
1,2,4 TMB	ND	0,291	100	Reg. Contraignante (2007) Scoel (1994), MAK (2001)
Tetrachloroéthylène	ND	0,0557	138	Reg. Contraignante (2012) Anses (2010)
hexane	ND	0,011	72	Reg. Contraignante (2007) Scoel (1995)
acétate d'éthyle	ND	0,011	734	Scoel 2008
heptane	ND	0,013	1668	Reg. Contraignante (2007)
			2085	Scoel (1995)
méthylcyclohexane	ND	0,011	810	MAK (2007)
acétate de butyle	ND	0,020	480	MAK (2000)
H ₂ S	0,2	1,2	7	Reg. Contraignante (2012) Scoel (2007)
NH ₃	0,027	0,255	7	Reg. Contraignante (2006)
			14	Scoel (1992)
Benzo(a)pyrene	ND	< 6,7 ng.m ⁻³	150 ng.m ⁻³	reco CNAM
Octane	ND	0,036	1450	Circulaire 1987 ACGIH (1976, révision 1999)
Nonane	ND	0,400	1050	Circulaire 1987 ACGIH (1976, révision 1987)

ND : non détecté
< : inférieur à limite de quantification

⁴⁵ En cours de révision par l'Anses⁴⁶ (a) : fraction alvéolaire⁴⁷ (i) : fraction inhalable

Tableau 25 : Mise en perspective des concentrations en HAP quantifiés avec des VTR

	Concentration mesurée		Concentration maximale ajustée sur vie entière (ng.m ⁻³)	VTR			source
	Concentration Min (ng.m ⁻³)	Max (ng.m ⁻³)		ERU inhalation sans seuil (mg.m ⁻³) ⁻¹	Concentration pour niveau de risque 10 ⁻⁴ (ng.m ⁻³)	Concentration pour niveau de risque 10 ⁻⁶ (ng.m ⁻³)	
Phénanthrène	ND	31	1,05	0,0011	90909,09	909,09	INERIS (2006)
Anthracène	ND	56,4	1,92	0,011	9090,91	90,91	INERIS (2006)
Benzo(k)fluoranthène	ND	11	0,37	0,11	909,09	9,09	INERIS (2006), OEHHA (2009)
Dibenzo(a,h)anthracène	ND	19	0,65	1,1	90,91	0,91	INERIS (2006), OEHHA (2009)
Benzo(g,h,i)pérylène	ND	25	0,85	0,011	9090,91	90,91	INERIS (2006)

8.3.1.4 Conclusion

En conclusion, cette campagne de mesure a permis de confirmer que les égoutiers sont exposés par inhalation à une multitude de polluants chimiques dont les concentrations sont extrêmement variables dans l'espace et dans le temps et sont fonction des tâches réalisées.

Elle a mis en évidence que les égoutiers sont exposés à des niveaux importants de PM10 et PM2,5, dont la composition reste à déterminer, ainsi qu'à des niveaux importants d'autres polluants issus du trafic routier (BTEX, NO₂), ce qui peut s'expliquer par la ventilation des égouts qui est assurée par ouverture de regard situés au niveau de la chaussée.

Les tâches qui apparaissent les plus exposantes sont les tâches de curage de bassin de dessablement, nettoyage des dégrilleurs haute pression et le curage avec engin. Ces tâches sont génératrices d'aérosols qui s'ajoutent au bruit de fond ambiant qui peut être appréhendé par les mesures réalisées au cours de la tâche de collecte d'information.

De manière générale, les concentrations en polluants dans l'air des égouts sont supérieures aux concentrations mesurées à l'extérieur des égouts, ce qui est dû au confinement, au manque de renouvellement d'air ainsi qu'à la présence de sources de contamination propres aux égouts.

Les niveaux d'exposition mesurés pour chacune des substances sont généralement faibles comparativement aux valeurs de référence existantes. Cette comparaison ne garantit cependant pas l'absence d'effets sanitaires liés aux coexpositions et aux synergies éventuelles. Par ailleurs, des pics d'exposition ne peuvent pas être exclus.

8.3.2 Campagne de mesures de polluants microbiologiques

Cette campagne de mesures vise à investiguer les mêmes tâches que la campagne de mesures de polluants chimiques. Les contaminants biologiques recherchés sont les suivants : la moisissure *Aspergillus flavus* et les endotoxines.

En effet, au vu des données de la littérature, il s'avère que l'apparition de maladies infectieuses diagnostiquées en lien avec le travail d'égoutiers ou de travailleurs de STEU n'est que très

rarement rapportée. Les problèmes liés aux microorganismes seraient plutôt des atteintes de type allergie respiratoire ou toxique. C'est pourquoi le GT n'a pas jugé pertinent de faire des mesures de microorganismes pathogènes dans l'air des égouts. En revanche, étant donné que l'exposition chronique à des endotoxines peut aboutir entre autres à un déclin des fonctions respiratoires ou à une exacerbation d'asthme, le GT a estimé nécessaire d'avoir une idée plus précise des niveaux d'exposition lors de certaines tâches. De même, étant donné la l'incidence de cancer hépatique, observée dans l'étude de l'INRS (INRS 2004, Wild *et al.* 2006), le GT a décidé qu'il était important de savoir si le champignon producteur potentiel d'aflatoxine était présent ou non.

Il faut rappeler que les aflatoxines sont activement sécrétées, dans certaines circonstances (généralement en réponse à des situations de stress) par *Aspergillus flavus* et que cette mycotoxine est classée cancérigène (IARC 2012b).

La campagne de mesure d'endotoxines et d'*Aspergillus Falvus* est toujours en cours de réalisation. Les résultats de cette campagne de mesure feront l'objet d'un addendum au présent rapport d'expertise collective.

Toutefois, les premiers résultats mettent en évidence des concentrations élevées en endotoxines, moisissures et bactéries pour certaines tâches. Une interprétation de ces observations n'est pas possible dans l'immédiat en l'absence de l'ensemble des résultats.

9 Etudes épidémiologiques menées parmi le personnel des égoutiers de la Ville de Paris

9.1 Contexte

En 1999, à la demande de la section d'assainissement de la Ville de Paris (SAP) deux études épidémiologiques ont été réalisées par l'INRS parmi les égoutiers de la Ville de Paris : une étude de morbidité (INRS 2004) et une étude de mortalité (INRS 2004 et Wild *et al.* 2006).

En 2007, une nouvelle demande d'étude a été formulée par la SAP, afin de décrire l'évolution de la mortalité depuis 1999 parmi cette population d'égoutiers (INRS 2009)

9.2 Etude de morbidité

9.2.1 Objectif

L'objectif est de décrire les symptômes respiratoires, digestifs, cutanés, oculaires et les troubles musculo-squelettiques parmi les égoutiers de la Ville de Paris et de comparer leurs fréquences à celles observées dans une population de référence.

9.2.2 Méthode

Une étude épidémiologique transversale de type exposés / non-exposés est réalisée. Le groupe exposé (noté « égoutiers »), est constitué du personnel de la SAP, volontaire, égoutier depuis au moins 6 mois (n=205). Le groupe non-exposé (n=190) (noté « non-égoutiers ») est formé d'autres personnels employés à la Ville de Paris (professions de l'automobile, éboueurs, gestion des espaces verts, artisanat, entretien), recrutés lors de leur passage au service de médecine du travail. Les symptômes ressentis par les sujets sont recueillis par un enquêteur, à l'aide d'un questionnaire standardisé, lors d'un entretien individuel. Parallèlement, des prélèvements atmosphériques d'agents chimiques et biologiques sont réalisés dans les égouts (endotoxines, bactéries, moisissures).

9.2.3 Principaux résultats

Sur les 400 égoutiers en activité au moment de l'étude, 205 (51,3%) ont accepté de participer à l'étude. Parmi les non-égoutiers, un tiers ont accepté de répondre au questionnaire, soit 190 agents.

La proportion de fumeurs est plus importante chez les égoutiers (44%) par rapport aux non égoutiers (27%) ($p < 0,0001$), avec une consommation moyenne de tabac en paquets-années⁴⁸ plus élevée (21,0 vs 13,6 $p < 0,0001$). En revanche, la durée de tabagisme est semblable dans les deux groupes. La proportion de sujets qui déclarent consommer plus d'un verre d'alcool par jour est légèrement plus élevée chez les égoutiers que chez les non égoutiers. Cette proportion augmente avec l'âge dans les deux populations.

La couverture vaccinale déclarée par les égoutiers et les non-égoutiers varie selon les pathologies ciblées. Les différences majeures entre les deux groupes concernent la leptospirose, l'hépatite B

⁴⁸ Il s'agit d'une unité de mesure de la consommation de tabac correspondant au nombre de paquets de cigarettes consommés par jour multiplié par le nombre d'années où la personne a fumé cette quantité de paquets de cigarettes (1 paquet de cigarette contenant 20 cigarettes).

et l'hépatite A pour lesquelles la couverture vaccinale chez les égoutiers est nettement supérieure aux non-égoutiers (Cf. Tableau 26).

Tableau 26 : Couverture vaccinale déclarée (en % de l'effectif) (Extrait de INRS 2004)

Vaccin	Egoutiers	Non égoutiers
DT Polio	99 %	93 %
BCG	95 %	87 %
Hépatite A	51 %	3 %
Hépatite B	89 %	32 %
Leptospirose	98 %	1 %
Typhoïde	18 %	5 %

L'étude met en évidence des prévalences⁴⁹ des symptômes respiratoires (dyspnée, toux sèche, sifflements, oppression thoracique), oto-rhino-laryngologiques (sinusite, irritation de la gorge), digestifs (diarrhée, nausée, vomissement, gastralgie, gastrite), cutanés, oculaires et généraux (céphalées, vertiges, fatigue) significativement plus élevées chez les égoutiers comparativement aux non-égoutiers.

Le symptôme le plus fréquent mentionné est la diarrhée qui a touché 71,2% des égoutiers (contre 10,5% des non-égoutiers, $p < 0,0001$) à plusieurs reprises au cours des 12 mois précédents l'entretien avec l'enquêteur. Les auteurs signalent que cette prévalence est très supérieure aux données de la littérature.

Les tableaux détaillant ces résultats sont disponibles en Annexe 9.

La prévalence de l'asthme est liée statistiquement à la durée d'exposition à la SAP correspondant au temps passé à la SAP par tranche de 10 ans pour des activités en égouts ($OR^{50} = 7,98$; $IC95\% = [1,67-38,04]$). La prévalence de la dyspnée augmente avec la durée d'emploi aux postes les plus exposants (curage et extraction : $OR = 1,42$; $IC95\% = [1,01-2,00]$).

Des prévalences élevées ont été constatées pour les lombalgies. En effet, 88,8% des égoutiers déclarent avoir déjà présenté des lombalgies contre 41,6% parmi les non-égoutiers ; 70,3 % ont ressenti les douleurs au cours de l'année écoulée contre 17,9 % parmi les non-égoutiers. La déclaration de lombalgie est associée au port d'objets difficiles à saisir, encombrants ou portés d'une seule main ($OR = 1,86$; $IC95\% = [1,14-3,06]$).

Les égoutiers déclarent également des sensations de douleurs, de gêne ou d'inconfort survenus au cours des 12 derniers mois précédant l'étude, plus fréquemment que les non-égoutiers (Annexe 9). Ces phénomènes se situent principalement au niveau de la nuque ou du cou (égoutiers : 51,7% - non égoutiers : 8,9%), des épaules ou des bras (égoutiers : 43,4% - non égoutiers : 11,6%) et dans le bas du dos (égoutiers : 80% - non égoutiers : 26,8%). Les douleurs à la nuque sont

⁴⁹La prévalence est le nombre total de personnes affectées par une maladie ou un symptôme, rapporté à l'effectif de la population susceptible de présenter la maladie ou le symptôme à un moment donné.

⁵⁰ : Odds Ratio (Cf. Annexe 8)

associées à l'utilisation des terminaux de saisie portable⁵¹ (OR=2,03 ; IC95% = [1,11-3,73]). Les douleurs à l'épaule sont associées au port de charges lourdes (OR=2,20 ; IC95% = [1,17-4,13]). Les douleurs dans le bas du dos sont liées au fait de pousser des charges (OR=1,82 ; IC95% = [1,12-2,96]).

9.3 Etude initiale de mortalité

9.3.1 Objectif

L'objectif est de décrire la mortalité des égoutiers de la Ville de Paris.

9.3.2 Méthode

Il a été réalisé une étude de cohorte portant sur l'ensemble des égoutiers de la Ville de Paris ayant exercé ce métier au moins une fois, peu importe la durée, entre 1970 et 1999. Les activités de ces égoutiers consistaient à curer les petites lignes et collecteurs du réseau, extraire les sédiments, inspecter le réseau, réaliser des travaux de maintenance.

Cette cohorte a été suivie en mortalité au cours de la même période. Les décès et les causes de décès ont été recherchés par appariement avec les données de bases nationales (INSEE, CépiDc de l'Inserm).

Pour la population des égoutiers, les taux standardisés de mortalité, après ajustement sur l'âge et la période, ont été calculés, en prenant comme population de référence la population du département de la Seine Saint Denis (93) car présentant des catégories socio professionnelles se rapprochant le plus de la population étudiée. Les résultats sont présentés sous forme de ratio standardisé de mortalité (ou *Standardized Mortality Ratio (SMR)*).

L'information sur la consommation de tabac et d'alcool n'était pas disponible.

9.3.3 Principaux résultats

La cohorte étudiée comprend 1722 égoutiers de sexe masculin. Au 31 décembre 1999, 1182 étaient vivants et 530 décédés. Les causes des décès ont été retrouvées pour 97% des décès.

L'étude met en évidence un excès significatif de mortalité toutes causes confondues de 25% par rapport à la population de référence (SMR⁵²=1,25 - IC95% = [1,15-1,36] – 530 décès).

Cet excès de mortalité est principalement attribuable à la surmortalité par cancers (SMR=1,37 - IC95% = [1,20-1,56] – 235 décès).

Parmi les cancers observés, les excès de mortalité les plus élevés concernent les localisations suivantes :

- cavité buccale-pharynx (SMR=1,59 - IC95% = [1,03-2,34] – 25 décès) ;
- œsophage (SMR=1,97 - IC95% = [1,24-2,99] - 22 décès) ;
- poumon (SMR=1,47 - IC95% = [1,14-1,86] – 68 décès) ;
- foie (SMR=1,85 - IC95% = [1,06-3,00] – 16 décès).

Le détail des causes est présenté en Annexe 11.

Il est à noter que trois décès par cancer de la plèvre ont été observés (SMR=1,79 - IC95% = [0,36-5,22]).

⁵¹ . Grâce à un système informatisé, les équipes d'égoutiers relèvent chaque jour l'état physique des ouvrages sur des terminaux de saisie portables.

⁵² SMR : Standardized Mortality Ratio (Cf. Annexe 8)

Parmi les autres causes, l'étude montre une surmortalité statistiquement significative par :

- maladies du foie sans mention d'alcool (SMR=2,03 - IC95% = [1,25-3,10] - 21 décès) (Wild *et al.* 2006) ;
- suicides (SMR=2,90 - IC95% = [1,66-4,71] – 16 décès) ;
- troubles mentaux (SMR = 2,28 - IC95% = [1,27– 3,76] – 15 décès).
- maladies infectieuses toutes localisations (SMR=1,86 - IC95% = [1,21-2,75] - 25 décès).
- Maladies liées à l'alcool (SMR = 1,90 – IC95% = [1,58 – 2,27] - 122 décès)

Remarque : La rubrique « maladies infectieuses » correspond aux maladies infectieuses et parasitaires décrites dans le chapitre 1 de la CIM (10 décès, dont 2 de tuberculose pulmonaire, 3 de septicémies, et 1 de paludisme) et d'autres maladies infectieuses affectant les appareils respiratoire (10 décès par pneumonies ou grippe), digestif (1 décès par péritonite), cardio-vasculaire (1 décès par endocardite bactérienne aiguë ou subaiguë), le système nerveux (2 décès par méningite), la peau et les tissus cellulaires sous-cutanés (1 décès) (*cf.* détail des causes en Annexe 11).

La mortalité des égoutiers a également été étudiée d'une part au cours de leur période d'activité et d'autre part, après le départ des égouts, en tenant compte du motif de départ : retraite, raisons médicales ou autres motifs (notamment démission et licenciement).

Pendant leur période d'activité, seule la mortalité par maladies non malignes du foie non explicitement liées à l'alcool est statistiquement significative. Elle est également plus élevée que celle observée dans les autres groupes (SMR=2,69 ; IC95% = [1,23-5,10] ; 9 décès) (Cf. Tableau 27).

Les égoutiers ayant quitté leur travail pour des raisons médicales présentent une surmortalité toutes causes plus élevée (SMR=1,39- IC95% = [1,14-1,68]) que ceux partis pour la retraite (SMR=1,19 - IC95% = [1,05-1,35]).

L'excès de mortalité le plus élevé se retrouve parmi les égoutiers ayant quitté leur métier pour d'autres motifs que retraite, raison médicale ou décès (toutes causes : SMR=1,77 - IC95% = [1,32-2,34]). Il s'agit de sujets sortis notamment pour démission ou licenciement et présentant, pour la plupart, une courte durée d'emploi (données chiffrées non fournies). Dans cette population, des excès de mortalité statistiquement significatifs sont observés pour cancer de l'œsophage, cancer du poumon, toutes maladies liées à l'alcool et toutes maladies infectieuses (Wild *et al.* 2006).

La surmortalité par durée d'emploi après exclusion des sujets sortis pour démissions et licenciement augmente avec de la durée d'emploi pour les causes suivantes : toutes causes, tout cancer, cancers de l'œsophage, du poumon, digestifs, maladies liées à l'alcool (Cf. Tableau 28).

L'ensemble des résultats est présenté en Annexe 10.

Tableau 27 : SMR par statut actif/non actif et motif de départ pour certaines causes ⁵³(source INRS 2004 et Wild *et al.* 2006)

	actif	retraités	invalidité	Autres raisons
Toutes causes		1,19 [1,05 – 1,35] (N=265)	1,39 [1,14 – 1,68] (N=108)	1,77 [1,32 – 2,34] (N=50)
Tout cancer		1,40 [1,18 – 1,66] (N=133)		1,81 ([1,12 – 2,77] N=21)
Cancer de l'oesophage			2,83 [1,03 – 6,16] (N=6)	5,10 [1,39 – 13,1] (N=4)
Cancer du foie		2,29 [1,18 – 4,00] (N=12)		
Cancer du poumon		1,53 [1,09 – 2,08] (N=40)		2,47 [1,06 – 4,87] (N=8)
Toutes maladies cardiovasculaires			1,49 [0,99 – 2,15] (N=28)	
Autres ⁵⁴ maladies chroniques non malignes du foie	2,69 [1,23 – 5,10] (N=9)		3,45 [1,26 – 7,51] (N=6)	
Maladies infectieuses				6,13 [1,99 – 14,3] (N=5)
Maladies liées à l'alcool		1,62 [1,23 – 2,10] (N=57)	1,79 [1,15 – 2,67] (N=24)	2,50 [1,33 – 4,28] (N=13)
suicide	2,83 [1,22 – 5,59] (N=8)	3,08 [0,99 – 7,20] (N=5)		

Case vide = sur ou sous mortalité non statistiquement significative
N= nombre de décès
[] : intervalle de confiance à 95%

⁵³Le tableau ne rapporte que les causes de mortalité pour lesquelles au moins une catégorie de travailleurs présentait une surmortalité statistiquement significative

⁵⁴Maladies non malignes du foie exceptées les maladies non malignes explicitement liées à l'alcool

Tableau 28 : SMR par durée d'emploi après exclusion des sujets sortis pour démissions et licenciement pour certaines causes⁵⁵ (source INRS 2004 et Wild *et al.* 2006)

	< 10 ans	10 – 19 ans	≥ 20 ans
Toutes causes		1,14 [0,99 – 1,32] (N=186)	1,27 [1,13 – 1,44] (N=267)
Tout cancer		1,27 [1,01 – 1,58] (N=81)	1,42 [1,19 – 1,69] (N=128)
Cancer de l'oesophage			2,63 [1,47 – 4,34] (N=15)
Cancer du foie		2,70 [1,17 – 5,33] (N=8)	
Cancer du poumon			1,60 [1,15 – 2,18] (N=40)
Cancers digestifs			1,45 [1,02 – 2,00] (N=37)
Autres maladies chroniques non malignes du foie		2,29 [1,10 – 4,21] (N=10)	
Maladies liées à l'alcool ⁵⁶		1,49 [1,06 – 1,98] (N=43)	1,72 [1,32 – 2,20] (N=62)
suicide		3,56 [1,53 – 7,01] (N=8)	
Case vide = sur ou sous mortalité non statistiquement significative N= nombre de décès [] : intervalle de confiance à 95%			

9.4 Etude de mortalité complémentaire

9.4.1 Objectif

L'objectif était de déterminer si la surmortalité observée lors de la première étude de mortalité (partie 9.3) subsiste parmi les égoutiers encore vivants au 31 décembre 1999.

9.4.2 Méthode

La population étudiée est constituée de l'ensemble des égoutiers de la Ville de Paris ayant exercé ce métier au moins une fois, peu importe la durée, entre 1970 et 1999 et vivants au 1er janvier 2000. La mortalité a été analysée sur la période 2000 à 2007, en prenant comme population de référence, la population du département de Seine Saint Denis (93).

9.4.3 Principaux résultats

L'étude met en évidence une surmortalité toutes causes confondues de 56% par rapport à la population de référence (SMR=1,56 – IC95%=[1,38-1,77] – 255 décès) avec une surmortalité statistiquement significative pour les cancers, toutes localisations confondues (SMR=1,82 - IC95%=[1,51-2,19] - 112 décès).

Parmi les excès de mortalité statistiquement significatifs observés dans la précédente étude de mortalité (source INRS 2004 et Wild *et al.* 2006), seuls ceux liés au cancer de l'oesophage

⁵⁵Le tableau ne rapporte que les causes de mortalité pour lesquelles au moins une catégorie de durée d'emploi présentait une surmortalité statistiquement significative.

⁵⁶ Dépendances alcooliques, maladies du foie liées à l'alcool, autres maladies du foie, cancer cavité buccale pharynx, cancer de l'oesophage, cancer du foie et pancréatite.

(SMR=4,79 ; 2,19-9,09 - 9 décès), au cancer du poumon (SMR=2,03 ; 1,45-2,84 ; 34 décès), aux cancers de l'appareil digestif (SMR=2,47 - IC95%=[1,49-3,86] - 19 décès) et aux suicides (SMR=6,50 - IC95%=[2,61-13,39] ; 7 décès) sont retrouvés.

Par ailleurs un excès de décès par cancer du rectum est mis en évidence (SMR=3,67 - IC95%=[1,19-8,57]).

Les cancers du foie ne présentent pas d'excès de décès statistiquement significatifs (SMR=1,51 - IC95%=[0,56-3,29] ; 6 décès). Il en est de même pour les maladies du foie explicitement liées à l'alcool (SMR=2,36 - IC95%=[0,87-5,14] ; 6 décès) et les autres maladies du foie (SMR=2,19 - IC95%=[0,45-6,41] ; 3 décès).

L'ensemble des résultats est présenté en Annexe 12.

9.5 Points de discussion soulevés par les auteurs

L'étude de morbidité met en évidence des prévalences élevées de symptômes d'irritation respiratoire (toux sèche, dyspnée) et des symptômes généraux (asthénie, diarrhée). La possibilité d'un **risque d'exposition à des toxines** issues d'agents biologiques, notamment des endotoxines bactériennes pouvant provoquer ces symptômes est discutée (INRS 2004). Les mesures atmosphériques des endotoxines dans l'atmosphère des égouts ne montrent pas de fortes valeurs. L'hypothèse de l'existence de pics de concentration lors de la réalisation de certaines tâches est avancée.

Suite à la forte prévalence de diarrhées dans la population des égoutiers et la présence, dans les prélèvements atmosphériques, d'espèces bactériennes caractéristiques d'une contamination par matières fécales, l'existence d'un **risque infectieux** dans la population des égoutiers est discutée (INRS 2004, Wild *et al.* 2006).

Cependant, la surmortalité par **maladies infectieuses** (par exemple pneumonie à staphylocoque, endocardite bactérienne aiguë ou subaiguë, septicémie, etc.), observée dans la population des égoutiers et mise en évidence dans l'étude de mortalité, ne semble pas, pour les auteurs, due aux expositions professionnelles. Les raisons évoquées sont les suivantes :

- L'excès de mortalité est constaté principalement parmi les salariés ayant quitté le métier d'égoutier de la Ville de Paris pour d'autres motifs que retraite ou invalidité
- De plus, en ne prenant pas en compte ces sujets, la surmortalité survient après la période d'emploi, quand le sujet est en retraite.

Les auteurs considèrent qu'il ne peut s'agir d'une infection contractée pendant l'activité d'égoutier mais que cette infection pourrait être due à une hygiène de vie non optimale.

Cette étude montre un excès de décès pour les **maladies liées à l'alcool** (cancers cavité buccale et pharynx, cancer œsophage, cancer du foie, maladies non-malignes du foie). Les auteurs estiment qu'il est vraisemblable que la population des égoutiers ait eu, au moins dans le passé, une forte consommation d'alcool.

En dehors de l'alcool, les auteurs envisagent d'autres étiologies pouvant expliquer la surmortalité observée pour les **maladies non-malignes du foie** et le **cancer du foie**. L'hypothèse d'une infection virale hépatique est discutée. Cependant, les virus des hépatites B et C potentiellement à l'origine d'une cirrhose du foie et parfois d'un carcinome hépatique ont des modes de transmission peu compatibles avec le métier d'égoutier (transmission par voie sanguine et voie sexuelle). Parmi les expositions professionnelles suspectées d'être à l'origine de cette surmortalité, les auteurs évoquent d'autres pistes biologiques (ex : aflatoxine B) et chimiques (solvants halogénés).

Une surmortalité significative par **cancers broncho-pulmonaires** est observée dans les deux études de mortalité (INRS 2004, Wild *et al.* 2006, INRS 2009). Les auteurs considèrent que cet excès peut en partie être expliqué par les habitudes tabagiques des égoutiers. Cependant, d'une part la plupart des autres causes de décès dont l'étiologie est le tabac (cancers de vessie, cancer du larynx, broncho-pneumopathie chronique obstructive, maladies ischémiques du cœur) ne présentent pas de surmortalité. D'autre part, la mortalité par cancers broncho-pulmonaires

augmente avec la durée d'emploi. C'est pourquoi, les auteurs envisagent que cette surmortalité ne peut pas uniquement être expliquée par la consommation tabagique.

Les deux études de mortalité rapportent un excès élevé de décès par **suicides**. Les auteurs considèrent que l'excès observé dépend en partie du choix de la population de référence. En effet, alors que la population de la Seine Saint Denis, comportant une grande proportion d'ouvriers et d'employés, présente des taux de mortalité élevés pour la plupart des causes, il n'en est rien pour les suicides. Cependant, les auteurs estiment que l'excès de mortalité observé ne peut pas uniquement s'expliquer par le choix de la population de référence.

A noter la présence de décès par mésothéliome, observée dans la première étude de mortalité mais non retrouvée dans la seconde, suggérant une exposition possible à l'amiante.

9.6 Analyse critique par les membres du GT

L'objectif de l'étude de morbidité et des deux études de mortalité étant d'apporter une première réponse à une question nouvelle en France, il était approprié de choisir des études descriptives permettant de générer des hypothèses à confirmer par la suite.

Etude de morbidité

L'étude de morbidité réalisée est une étude transversale par questionnaire (INRS 2004).

Ces études présentent des avantages car elles sont rapides et ont un coût limité.

Cependant, l'interprétation des résultats présente des limites liées d'une part à l'absence de temporalité entre l'exposition et l'apparition de symptômes et d'autre part, au recrutement des sujets de l'étude. Certains sujets, ayant quitté le corps des égoutiers en raison de problèmes de santé, n'ont pas pu être inclus dans l'étude (biais de recrutement). Une conséquence possible serait alors une sous-estimation de la prévalence des symptômes ou du risque étudié.

Par ailleurs, l'absence de mesure objective de l'état de santé des égoutiers rend possible une sous ou sur-déclaration de symptômes par les sujets interviewés. Dans l'étude de morbidité, la recherche de symptômes n'est basée que sur du déclaratif. De ce fait, leur fréquence peut dépendre de l'état d'esprit de la personne, du contexte professionnel ou social, du groupe auquel appartient le sujet.

De plus, l'étude a été réalisée auprès d'égoutiers volontaires. Leur motivation à participer à l'étude peut être à l'origine de la sélection des sujets. Au moment de l'étude, les participants bénéficiaient du statut d'insalubrité. La crainte de remise en cause de ce statut a pu entraîner une sélection des sujets ou une sur-déclaration des symptômes.

C'est pourquoi, il est impossible de juger si les fortes prévalences de symptômes obtenues dans cette étude sont réelles ou si elles sont dues à une sur-déclaration. Lorsqu'on compare ces résultats à ceux obtenus dans une étude similaire menée parmi les égoutiers de la Ville de Lyon (Ambroise *et al.* 2005), les prévalences s'avèrent plus élevées à la Ville de Paris, pour la majorité des symptômes.

Etudes de mortalité

L'étude de la mortalité historique de la cohorte des égoutiers (INRS 2004, Wild *et al.* 2006) permet d'obtenir une description des causes de décès, de comparer les taux de mortalité à une population de référence externe et d'émettre des hypothèses. Grâce à l'interrogation de bases nationales, le suivi de la mortalité des égoutiers est très satisfaisant, que les égoutiers soient en activité ou sortis des effectifs.

Cependant, le choix de la population de référence externe peut être critiquable car elle n'est pas tout à fait comparable à la population étudiée quant à ses catégories socio-professionnelles bien que se rapprochant le plus de la population étudiée. Cela peut expliquer une partie de la surmortalité observée.

Les facteurs de confusion possibles (tabac, alcool), non disponibles, n'ont pas pu être pris en compte dans les analyses. Or, certaines causes de décès retrouvées en excès dans les études de mortalité ont pour facteurs de risque connus ces consommations (par exemple, pour le cancer du foie, le cancer du poumon, le cancer de l'œsophage et le cancer des voies aéro-digestives supérieures). Néanmoins, l'analyse des différentes pathologies permet d'estimer l'effet d'un facteur, de manière indirecte. C'est le cas notamment lorsque l'on recherche l'effet du tabac en étudiant les résultats de la mortalité par cancer broncho-pulmonaire mais également par d'autres causes de décès connues pour être liées au tabac. Dans l'étude de mortalité, compte tenu de l'absence d'excès de décès pour les autres cancers liés à la consommation d'alcool et de tabac, l'hypothèse, émise par les auteurs, d'une origine professionnelle de l'excès de risque observé, peut être considérée comme plausible.

Cette étude donne une bonne description des causes de décès de cette population de travailleurs, elle permet d'émettre des hypothèses, mais ne permet pas de conclure en terme de causalité.

Concernant la seconde étude de mortalité (INRS 2009), l'interprétation est délicate du fait de la nouvelle définition de la cohorte, correspondant à tous les sujets de la cohorte initiale vivants à une date donnée. S'agissant de la même cohorte de travailleurs, un découpage par date d'entrée dans la cohorte aurait été préférable à un découpage par date de décès. En effet, les égoutiers entrés dans la cohorte au même moment ont des conditions d'exposition similaires, contrairement à la logique par date de décès. Une analyse de mortalité sur l'ensemble de la période de suivi aurait donc été préférable.

Malgré leurs limites, ces études mettent en évidence des surmortalités pour certaines causes dont l'origine professionnelle ne peut pas être exclue.

Les résultats de ces études sont mis en perspective et discutés avec les données de la littérature dans les parties suivantes.

10 Effets sanitaires observés chez les égoutiers

Les premiers paragraphes synthétisent les études de morbidité et de mortalité chez les égoutiers référencées dans la littérature. En raison du faible nombre d'études portant spécifiquement sur les égoutiers, les études sur les travailleurs de STEU ont également été analysées. Les études référencées dans cette partie sont des études concernant :

- les symptômes et les atteintes fonctionnelles de certains organes ;
- des marqueurs biologiques de dysfonctionnement de certaines fonctions ou d'organes ;
- la morbidité et la mortalité par cancer ;
- la mortalité par autres causes (maladies non malignes, causes externes).
- les troubles musculo-squelettiques et les risques psychosociaux ;

La recherche bibliographique a été réalisée à partir des bases de données Scopus et Pubmed, à l'aide des mots clefs suivants : « sewer », « sewage worker », « health effect », « symptoms », « health risk », « disease ». Aucune limite de date de publication n'a été appliquée.

10.1 Symptômes et atteintes fonctionnelles

Ce chapitre synthétise les études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles en lien avec l'exposition aux eaux usées identifiées dans la littérature. A noter que les études portant spécifiquement sur les risques microbiologiques sont décrites dans le chapitre 10.5.

10.1.1 Présentation générale des études disponibles

La majorité des études de morbidité ou d'atteintes fonctionnelles en lien avec l'exposition aux eaux usées concernent les travailleurs de STEU. En dehors de l'étude de morbidité de l'INRS concernant les égoutiers de la Ville de Paris (cf chapitre 9.2), seules cinq études portant spécifiquement sur les égoutiers ont été identifiées dans la littérature (Dean 1979; Zuskin *et al.* 1993 ; Richardson 1995; Rivière 2005; Farahat *et al.* 2010).

La plupart des études recensées sont des études transversales, avec comme population de comparaison des travailleurs non exposés aux eaux usées ou la population générale. Il s'agit généralement d'étude de type déclaratif, où la survenue de différents symptômes durant les mois ou l'année précédents l'étude a été évaluée par questionnaire, sans faire l'objet de diagnostic médical. Dans plusieurs études, des prélèvements sanguins et urinaires ont également été réalisés pour rechercher des marqueurs d'inflammation (protéine C réactive (PCR), produits de dégradation de la fibrine ou du fibrinogène (PDF)), d'atteinte pulmonaire (pneumo protéines) ou d'infections (anticorps). Des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR ou spirométrie) ont également été réalisées dans certaines études pour évaluer la fonction pulmonaire. Ce test permet de déterminer le volume et le débit d'air expiré à l'aide d'un appareil de mesure. Les paramètres les plus fréquemment mesurés sont le volume d'air expiré en 1 seconde (VEMS ou FEV₁ en anglais), la capacité vitale forcée (CVF ou FEV en anglais), qui correspond au volume d'air expulsé avec force jusqu'au volume résiduel, et le ratio de ces deux paramètres (VEMS/CVF). Ce test permet d'évaluer la capacité respiratoire d'un patient mais ne fournit pas un diagnostic étiologique. Il permet notamment de détecter et de quantifier un trouble respiratoire obstructif (VEMS/CVF < 0,7). Enfin, des mesures dans l'air ont été réalisées dans certaines études pour

évaluer le lien entre l'exposition des travailleurs à certains agents (endotoxines, bactéries, substances chimiques) et la survenue de différents symptômes.

Les chapitres suivants synthétisent les études disponibles pour les égoutiers et les travailleurs de STEU. Les symptômes observés dans ces études sont récapitulés en Annexe 14. Une revue de la littérature sur ce sujet a été réalisée en 2001 par Thorn *et al.*. Cette revue a analysé les résultats de 18 études de morbidité (hors études sur infections) publiées entre 1954 et 1999. Les résultats de certaines des études rapportées dans ce chapitre sont issus de cette revue bibliographique lorsque les articles originaux n'étaient pas disponibles.

10.1.2 Synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers

► La première étude transversale recensée a été réalisée au Danemark (Dean 1978, d'après la revue bibliographique de Thorn *et al.* 2001). Cette étude rapporte une prévalence de symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, nausées, vomissements) et neurologiques (céphalées, vertiges, asthénie) plus élevée chez les égoutiers, par rapport à une population témoin constituée de travailleurs municipaux non exposés aux eaux usées. Aucune information supplémentaire concernant cette étude n'a été identifiée.

► La 2^{ème} étude a été réalisée par Zuskin *et al.* (1993). Il s'agit d'une étude transversale sur la santé respiratoire réalisée auprès de 74 égoutiers et 50 témoins (usine d'embouteillage d'eau, N = 35 et de jus de fruits, N = 15) de la ville de Zagreb (Croatie). La population d'égoutiers était divisée en 3 catégories : les égoutiers travaillant manuellement dans les canalisations (groupe 1, N=26), les égoutiers réalisant du curage mécanisé (groupe 2, N=31) et les mécaniciens et conducteurs de camions (groupe 3, N=17). Les participants ont été interrogés sur leur historique professionnel et leur consommation de tabac. La survenue de symptômes et de pathologies respiratoires a été évaluée par questionnaire. Les résultats des questionnaires pour les égoutiers des groupes 1 et 2 ont été comparés aux travailleurs d'usine d'embouteillage d'eau et ceux des égoutiers du groupe 3 aux travailleurs d'usine de jus de fruits. Ces populations de témoins ont été retenues afin d'ajuster au mieux les différences d'âges et de durées d'exposition entre les groupes 1 et 2 d'un côté (moyenne d'âge 33 et 36 ans, durée d'exposition 11 et 12 ans) et le groupe 3 de l'autre (moyenne d'âge 46 ans et durée d'exposition 24 ans). La capacité pulmonaire a été évaluée par spirométrie (mesure du VEMS, de la CVF et des DEF₅₀ et DEF₂₅⁵⁷), le premier jour de la semaine avant la prise de poste. Les résultats des tests de spirométrie sont exprimés en % des valeurs prédites. Il s'agit, pour chaque groupe d'égoutiers, de valeurs moyennes. Les résultats de l'étude ont montré un excès statistiquement significatif de symptômes évoquant une toux chronique (productive et non productive), de bronchite chronique et d'oppression thoracique chez les égoutiers des groupes 1 et 2, comparé aux témoins travaillant dans une usine d'embouteillage d'eau ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$). Parmi les égoutiers du groupe 3, seule la prévalence d'oppression thoracique était statistiquement plus élevée par rapport aux témoins ($p < 0,05$). En considérant l'ensemble des égoutiers, les résultats des tests de spirométrie n'ont pas mis en évidence de différences significatives des niveaux moyens de VEMS et de CVF par rapport aux valeurs prédites. Un abaissement significatif du VEMS par rapport aux valeurs prédites a été observé chez les égoutiers fumeurs des 3 groupes. Enfin, un abaissement significatif des DEF₂₅ et DEF₅₀ a été observé chez l'ensemble des égoutiers, à l'exception des égoutiers des groupes 2 et 3 non fumeurs.

► La troisième étude a été réalisée aux USA auprès de 68 égoutiers et de 60 travailleurs d'usine de production d'eau potable (population témoin présumée non exposée). L'objectif était d'évaluer le lien entre une exposition présumée à l'H₂S dans les égouts et la diminution d'indices de la fonction pulmonaire (Richardson 1995). Aucune mesure d'H₂S n'a été réalisée dans le cadre de

⁵⁷Débits expiratoires forcés à 25% et à 50% de la CVF

cette étude. Trois classes d'exposition des égoutiers ont été définies en fonction de leur poste (exposition attendue faible, modérée ou élevée). Les indices de la fonction pulmonaire (VEMS et CVF) ont été évalués par spirométrie. Un abaissement significatif du VEMS/CVF mesuré par rapport aux valeurs normales est rapporté chez les égoutiers les plus exposés comparativement aux témoins, après ajustement sur l'âge, la taille, l'origine ethnique et la consommation de tabac (89 % de la valeur attendue pour les égoutiers contre 98% chez les travailleurs de STEU). Une relation dose-réponse entre le niveau d'exposition estimé à l'H₂S et les résultats des tests de spirométrie est observée par les auteurs. Enfin, un excès statistiquement significatif de pathologies pulmonaires obstructives a été observé chez les égoutiers fortement exposés non fumeurs par rapport aux témoins non fumeurs (OR = 21 (2,4 – 237,8)).

► La quatrième étude recensée est une étude transversale réalisée auprès du personnel de la communauté urbaine du Grand Lyon (CUGL), portant sur des indicateurs de morbidité déclarés (Ambroise *et al.* 2005, d'après Rivière 2005). La population d'étude était constituée de 179 égoutiers, tous volontaires et travaillant à la CUGL depuis au moins 6 mois. La population de référence a été sélectionnée parmi les salariés volontaires de la CUGL, à l'exception des éboueurs (cadres, employés de bureau, techniciens, ouvriers). La prévalence de symptômes généraux, respiratoires, oculaires, cutanés et digestifs, et d'antécédents de pathologies respiratoires et d'allergie a été évaluée par questionnaire lors d'entretiens individuels avec le médecin du travail. L'historique professionnel (carrière) et la consommation de tabac et d'alcool ont également été recueillis. Enfin, des mesures d'exposition aux endotoxines pour différents postes ont été réalisées (extraction en bassin, curage mécanisé, contrôle réseau et dépotage des boues).

Les résultats de l'étude montrent un excès statistiquement significatif de toux productive chez les égoutiers par rapport à la population témoin, après ajustement sur l'âge et la consommation de tabac (OR = 2,7 [1,3 – 5,7], $p < 0,001$). Cet excès est relié négativement à l'ancienneté de l'exposition, ce qui, selon les auteurs, est « soit en faveur d'un effet à court terme avec un phénomène d'adaptation, soit d'une baisse de la déclaration des symptômes avec l'âge, expliquée par une tolérance de la symptomatologie chez les individus exposés ». L'étude montre également un excès statistiquement significatif de toux productive (OR = 2,88 [1,1 – 7,3]) et de nausées et vomissements (OR = 2,8 [1,1 – 8,8]) chez les égoutiers affectés au curage par rapport aux égoutiers affectés au contrôle du réseau. La prévalence des autres symptômes et des maladies respiratoires est supérieure chez les égoutiers par rapport aux témoins, à l'exception de quelques symptômes ORL (allergies), digestifs (signes entériques, vomissements) et cutanés (eczéma). Cependant ces différences de prévalence ne sont pas statistiquement significatives. Les concentrations en endotoxines mesurées varient de 3,4 à 420 UE/m³. Les tâches les plus exposantes sont l'extraction de bassin de dessablement (moyenne = 149 UE/m³ ; max = 420 UE/m³) et le curage mécanisé (extraction des matières à l'aide d'un jet) (moyenne = 79 UE/m³ ; max = 192 UE/m³). Les auteurs notent un lien entre l'exposition aux endotoxines et la prévalence de toux productive chez les égoutiers les plus exposés. Ces résultats doivent cependant être confirmés par davantage d'études.

► La 5^{ème} étude a été réalisée par Farahat *et al.* 2010 en Egypte dans la ville du Caire. Il s'agit d'une étude transversale auprès de 33 égoutiers et de 30 témoins (employés administratifs non exposés à l'H₂S) dans l'objectif d'évaluer le lien entre l'exposition à l'H₂S et les troubles des fonctions cognitives. L'exposition à l'H₂S a été évaluée en mesurant les thiosulfates urinaires. Chaque participant a subi un examen médical et neurologique au cours duquel des tests neurophysiologiques (temps de réaction, mesure de l'onde cérébrale P300) et neuropsychologiques (échelle de Weschler visant à évaluer la mémoire, Minimal Mental State examination (MMSE)) ont été réalisés. Enfin, chaque participant a été interrogé sur son historique professionnel et sur ses antécédents de symptômes ou de pathologies neurologiques. Les résultats de l'étude montrent un excès statistiquement significatif de symptômes neurologiques (céphalées, troubles de la mémoire, perte de concentration) chez les égoutiers comparativement à la population témoin ($p < 0,05$). Cette étude a également mis en évidence un allongement significatif du temps de réaction et de la latence de l'onde P300 chez les égoutiers par rapport aux témoins ($p < 0,001$). En outre, les scores des tests neuropsychologiques sont significativement plus faibles pour les égoutiers ($p < 0,001$), après ajustement sur le niveau d'éducation et l'âge.

Enfin, les mesures des thiosulfates sont significativement plus élevées chez les égoutiers ($p < 0,001$). Cependant, aucun lien entre ce résultat et la durée d'exposition ou les résultats des tests neurophysiologiques et neuropsychologiques n'a été mis en évidence.

10.1.3 Synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les travailleurs de STEU

Vingt-deux études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les travailleurs de STEU (Mattsby *et al.* 1978 (même étude que Rylander *et al.* 1976); Lundholm *et al.* 1983; Morgan *et al.* 1984; Scarlett-Kranz *et al.* 1987; Kraut *et al.* 1988 ; Nethercott *et al.* 1988; Lemasters *et al.* 1991 ; Melbostad *et al.* 1994; Kuo *et al.* 1996; Khuder *et al.* 1998; Friis *et al.* 1998; Friis, Norbäck, *et al.* 1999 ; Rylander 1999 ; Douwes *et al.* 2001; Thorn *et al.* 2002 ; Thorn *et al.* 2004; Krajewski *et al.* 2004; Smit *et al.* 2005; Dzaman *et al.* 2009; Heldal *et al.* 2010; Tschopp *et al.* 2011 ; Al-Batanony *et al.* 2011) ont été identifiées dans la littérature. Excepté l'étude de Tschopp *et al.* 2011, qui utilisait les données d'une cohorte prospective, toutes les autres études étaient des études transversales. Trois études décrivent la prévalence de symptômes chez les travailleurs de STEU sans comparaison avec un groupe de référence (Kraut *et al.* 1988; Nethercott *et al.* 1988; Krajewski *et al.* 2004). Les autres études comparaient la prévalence avec un groupe de référence qui pouvait être interne au STEU ou d'un autre secteur (employés municipaux non exposés aux eaux usées par exemple). Le nombre de travailleurs en STEU variait de 19 (Kraut *et al.* 1988) à 1463 (Thorn *et al.* 2002). Douze des vingt-deux études ont un nombre de travailleurs en STEU inférieur à 100. La faiblesse des effectifs peut conduire à une faible puissance dans les comparaisons et à un degré de précision faible dans les estimations. Le détail des 22 études est présenté Annexe 14 et en Annexe 15

Les symptômes les plus fréquemment rapportés dans ces études concernent les symptômes digestifs, respiratoires, ORL, généraux et neurologiques.

10.1.3.1 Etude de la prévalence de symptômes digestifs chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Douze études ont décrit la prévalence de symptômes digestifs parmi les travailleurs de STEU (Cf Tableau 29). Parmi celles-ci, toutes sauf les études de Douwes *et al.* (2001) et de Krajewski *et al.* 2004 ont comparé cette prévalence à un groupe de référence.

Tableau 29 : Résumé des études de prévalence des symptômes digestifs chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Études	Localisation de l'étude	prévalence des symptômes			
		Diarrhées	Douleurs abdominales	Nausées / vomissements	Symptômes gastro-intestinaux dans leur ensemble
Albatanony <i>et al.</i> , 2011	Egypte	-	X	-	-
Smit <i>et al.</i> , 2005	Pays-Bas	X	-	X	-
Krajewski <i>et al.</i> , 2004	Pologne	-	-	(X)	-
Thorn <i>et al.</i> , 2004	Suède	X	-	X	-
Thorn <i>et al.</i> , 2002	Suède	X	X	X	-
Friis <i>et al.</i> , 1998	Suède	X	X	X	-
Khuder <i>et al.</i> , 1998	USA	X	X	X	X
Rylander <i>et al.</i> , 1999	Suède	X	-	-	-
Douwes <i>et al.</i> , 2001	Pays-Bas	(X)	-	-	-
Scarlett-Kranz, 1987	USA	X	-	X	-
Lundholm <i>et al.</i> , 1983	Suède	X	-	-	-
Rylander <i>et al.</i> 1976 Mattsby <i>et al.</i> 1978	Suède	X	-	-	-
Melbostad <i>et al.</i> , 1994	Norvège	-	-	X	-

-: non étudié
 X : symptôme étudié avec groupe de comparaison
 (X) : symptôme étudié sans groupe de comparaison
 case grisée : augmentation statistiquement significative

Parmi les dix études ayant analysé l'association entre le risque de diarrhées chez les travailleurs de STEU, six rapportent une augmentation significative des épisodes de diarrhées. Il est à noter que la période concernée par le recueil des symptômes variait d'une étude à l'autre expliquant au moins en partie les différences de prévalence rapportées. Ainsi par exemple, l'étude de Friis *et al.* (1998) rapporte une prévalence de 14,8% les 3 mois précédant l'enquête tandis que la plupart des autres études s'intéressent à une période de 12 mois précédant l'enquête.

Sur les quatre études analysant la relation entre le travail en STEU et des douleurs abdominales toutes, exceptée l'étude de Friis *et al.* (1998), rapportent une plus grande prévalence chez les travailleurs de ces secteurs en comparaison avec le groupe non exposé. La prévalence des caas de nausées est statistiquement moins élevée chez les travailleurs de STEU comparativement aux témoins dans l'étude de Friis *et al.* (1998).

Concernant les épisodes de nausées ou de vomissements, une seule des sept études réalisées rapporte un excès significatif de ces symptômes dans les groupes exposés.

Enfin, une seule étude a regardé les symptômes gastro intestinaux dans leur ensemble et rapporte une fréquence significativement plus importante chez les travailleurs de STEU.

10.1.3.2 Etude de la prévalence de symptômes respiratoires chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Douze études se sont intéressées à la relation entre le travail en STEU et la survenue de symptômes respiratoires (Cf. Tableau 30)

Parmi les onze études s'intéressant aux épisodes de toux avec expectoration ou de bronchites chroniques, trois rapportent des augmentations significatives de leur prévalence.

Trois études, parmi les huit études s'intéressant aux épisodes de toux sèches, rapportent significativement plus de symptômes parmi les travailleurs de STEU par rapport au groupe de référence.

Parmi les sept études s'intéressant aux sifflements, deux rapportent significativement plus de symptômes chez les travailleurs de STEU.

Parmi les cinq études ayant étudié la prévalence d'asthme chez les travailleurs de STEU, trois études rapportent une prévalence significativement plus élevée de l'asthme dans le groupe exposé.

Trois des sept études s'intéressant aux prévalences de dyspnée rapportent des augmentations significatives par rapport aux travailleurs non exposés.

Une des trois études s'intéressant à des sensations d'oppression thoracique rapporte des symptômes significativement plus fréquents chez les travailleurs de STEU.

Six études ont réalisé des explorations fonctionnelles respiratoires. Cinq d'entre elles rapportent des modifications de ces explorations. Une diminution significative du VEMS est rapportée chez les travailleurs de STEU par rapport aux travailleurs non exposés (Al-Batanony *et al.* 2011). Une autre étude rapporte une diminution significative des indices de la fonction pulmonaire (CVF% et VEMS/CVF) chez les employés manipulant des boues sèches comparativement aux autres employés de STEU (Heldal *et al.* 2010). Thorn *et al.* (2004) observent une diminution du VEMS par rapport aux valeurs théoriques plus importante pour les travailleurs ayant rapporté des symptômes respiratoires ou digestifs comparativement à ceux n'en ayant pas rapporté. Dans une autre étude, la diminution du VEMS après test de provocation à la métacholine est significativement plus importante dans le groupe exposé (Rylander 1999). Une diminution du VEMS et de la CVF par rapport aux valeurs prédites est également rapportée dans une autre étude (Nethercott *et al.* 1988). La seule étude ne rapportant pas d'association avec le travail exposant aux eaux usées est l'étude de Tschopp *et al.* (2011). Il s'agit d'une étude prospective. Une explication possible selon les auteurs à cette absence d'association serait une amélioration des conditions de travail des professionnels de ce secteur.

Tableau 30 : Résumé des études de prévalence des symptômes respiratoires chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Études	Localisation de l'étude	prévalence des symptômes							exploration fonctionnelles respiratoires
		toux avec expectoration ou de bronchites chroniques	toux sèche	asthme	dyspnée	Respiration sifflante	oppression thoracique	symptômes respiratoires dans leur ensemble	
Albatanony <i>et al.</i> , 2011 ;	Egypte	X	X	X	X	X	X	-	X
Tschopp <i>et al.</i> , 2011 ;	Suisse	X	-	X	X	-	-	-	X
Heldal <i>et al.</i> , 2010 ;	Norvège	X	X	X	-	-	-	-	X
Smit <i>et al.</i> , 2005 ;	Pays-Bas	X	X	X	X	X	-	-	-
Thorn <i>et al.</i> , 2004 ;	Suède	X	X	-	-	X	-	-	X
Thorn <i>et al.</i> , 2002 ;	Suède	X	X	-	X	X	X	-	-
Douwes <i>et al.</i> , 2001 ;	Pays-Bas	-	-	-	-	-	-	X	-
Rylander <i>et al.</i> , 1999 ;	Suède	-	-	-	-	-	-	X	X
Friis <i>et al.</i> , 1999 ;	Suède	X	X	X	X	-	-	-	-
Khuder <i>et al.</i> , 1998 ;	USA	-	-	-	-	-	-	X	-
Nethercott <i>et al.</i> , 1988	Canada	(X)	(X)	-	(X)	(X)	-	-	(X)
Krajewski <i>et al.</i> 2004	Pologne	(X)	(X)	-	(X)	(X)	(X)	-	-
Scarlett-Kranz <i>et al.</i> 1987	USA	X	X	-	-	-	-	-	-
Melbostad <i>et al.</i> , 1994 (Norvège)	Norvège	X	-	-	-	X	-	-	-

- : non étudié
X : symptôme étudié avec groupe de comparaison
(X) : symptôme étudié sans groupe de comparaison
case grisée : augmentation statistiquement significative de la prévalence des symptômes ou modification des explorations fonctionnelles respiratoires

10.1.3.3 Etude de la prévalence de symptômes ORL et troubles de l'olfaction et du goût

Les prévalences des symptômes ORL ont été étudiées dans sept articles, et une publication s'est intéressée aux troubles du goût et de l'olfaction chez les travailleurs de STEU en comparaison avec une population de référence (Cf. Tableau 31).

Tableau 31 : Résumé des études de prévalence des symptômes ORL chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Etudes	Localisation de l'étude	prévalence des symptômes				
		ORL	irritation nasale	irritation gorge	trouble du goût	trouble de l'olfaction
Dzaman <i>et al.</i> 2009	Pologne	-	-	-	X	X
Krajewski <i>et al.</i> 2004	Pologne	-	(X)	(X)	-	-
Thorn <i>et al.</i> 2002	Suède	-	X	X	-	-
Douwes <i>et al.</i> 2001	Pays-Bas	X	-	-	-	-
Rylander 1999	Suède	-	X	X	-	-
Khuder <i>et al.</i> 1998	USA	-	-	X	-	-
Melbostad <i>et al.</i> 1994	Norvège	-	X	-	-	-
Nethercott <i>et al.</i> 1988	Canada	-	(X)	(X)		
Scarlett-Kranz <i>et al.</i> 1987	USA	-	-	X	-	-

- : non étudié
X : symptôme étudié avec groupe de comparaison
(X) : symptôme étudié sans groupe de comparaison
case grisée : augmentation statistiquement significative de la prévalence des symptômes ou augmentation du seuil de perception

Parmi les cinq études ayant testé la relation entre travail en STEU et irritation nasale, deux rapportent une augmentation significative des symptômes en comparaison à une population de référence. Trois des six études ayant étudié la relation entre irritations de gorge et travail en STEU en comparaison à une population de référence rapportent des épisodes statistiquement plus fréquents chez les travailleurs de STEU.

Dans l'étude sur les troubles du goût et de l'olfaction chez les travailleurs de STEU (Dzaman *et al.*, 2009), les valeurs seuils de perception des goûts (sucrés, salés et amers avant la prise de poste et amers et acides à la fin de la journée de travail) sont significativement plus élevées chez les travailleurs de STEU par rapport au groupe contrôle.

10.1.3.4 Etude de la prévalence des symptômes généraux et neurologiques chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Quatorze études traitant de la prévalence de symptômes généraux ou neurologiques ont été recensées (Cf. Tableau 32).

Parmi celles-ci, onze études se sont intéressées à la prévalence des céphalées chez les travailleurs exposés aux eaux usées. Sur les 10 études disposant d'un groupe de comparaison, cinq rapportent un excès significatif avec le travail en STEU dont une avec la manipulation de boues séchées en STEU et une autre avec une exposition aux bactéries totales et bactéries en forme de batonnet.

Douze études, dont dix disposant d'un groupe de comparaison, rapportent des prévalences concernant l'asthénie chez les travailleurs de STEU. Parmi ces études, quatre observent une fréquence significativement plus importante d'asthénie dans le groupe exposé.

Plusieurs études rapportent également des prévalences de vertiges, de fièvre ou de syndrome grippal. Parmi ces études, des associations statistiquement significatives sont rapportées : la présence de vertige et le travail en STEU, une prévalence plus élevée de syndrome grippal et l'exposition aux endotoxines ou aux égouts.

Cinq études rapportent une prévalence de difficultés de concentration chez les travailleurs de STEU. Parmi les quatre études comparant cette prévalence avec un groupe de référence, seule l'étude de Thorn *et al.* (2002) rapporte une augmentation statistiquement significative de ces symptômes. Enfin, une étude rapporte des déficits aux tests neurocomportementaux chez les 4 participants ayant travaillé plus de 9 ans dans la STEU et chez 5 / 15 des autres participants (Kraut *et al.* 1988).

Tableau 32 : Résumé des études de prévalence de symptômes généraux et neurologiques chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Études	Localisation de l'étude	Symptômes						
		céphalées	Asthénie	vertiges	fièvre	syndrome grippal	difficulté de concentration	déficits aux tests neuro-comportementaux
Al-Batanony <i>et al.</i> 2011	Egypte	X	-	-	X	-	-	-
Heldal <i>et al.</i> 2010	Norvège	X (manipulation des boues)	X	-	X	-	-	-
Krajewski <i>et al.</i> 2004	Pologne	-	(X)	(X)	-	-	(X)	-
Thorn <i>et al.</i> 2004	Suède	X	X	-	-	-	X	-
Thorn <i>et al.</i> 2002	Suède	X	X	-	-	-	X	-
Douwes <i>et al.</i> 2001	Pays-Bas	X ⁽¹⁾	X	X ⁽¹⁾	X	X	X	-
Rylander 1999	Suède	X	X	-	-	-	-	-
Khuder <i>et al.</i> 1998	USA	X	X	-	X	-	-	-
Melbostad <i>et al.</i> 1994	Norvège	X (bactéries)	X (bactéries)	X	-	-	-	-
Scarlett-Kranz <i>et al.</i> 1987	USA	X	-	X	-	-	-	-
Lundholm <i>et al.</i> 1983	Suède	-	X	-	X	-	-	-
Smit <i>et al.</i> 2005	Pays-Bas	X	X	X	X	(X) (exposition aux endotoxines)	X	-
Kraut <i>et al.</i> 1988	USA	(X)	(X)	(X)	-	-	-	(X)
Rylander <i>et al.</i> 1976 Mattsbj <i>et al.</i> 1978	Suède	-	X	-	X	-	-	-

X : symptôme étudié avec groupe de comparaison
(X) : symptôme étudié sans groupe de comparaison
- : symptôme non étudié
case grisée : augmentation statistiquement significative de la prévalence des symptômes

⁽¹⁾ : l'étude de Douwes montre une association positive entre exposition aux eaux usées et symptômes neurologique (englobant céphalée et vertiges)

10.1.3.5 Etude de la prévalence d'autres symptômes chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Les irritations cutanées ou oculaires ont également été étudiées chez les travailleurs exposés aux eaux usées (Cf. Tableau 33).

Sept études rapportent des prévalences d'irritation cutanée ou d'eczéma chez les travailleurs de STEU. Parmi ces études, cinq font des comparaisons avec une population de référence dont trois rapportaient une augmentation des prévalences pour le groupe exposé aux eaux usées.

Tableau 33 : symptomes d'irritation chez les travailleurs exposés aux eaux usées

Études	Localisation de l'étude	prévalence des symptômes	
		irritations cutanées ou eczema	Irritations oculaires
Smit <i>et al.</i> 2005	Pays-Bas	X	-
Krajewski <i>et al.</i> 2004	Pologne	(X)	(X)
Thorn <i>et al.</i> 2002	Suède	-	X
Douwes <i>et al.</i> 2001	Pays-Bas	X	X
Nethercott <i>et al.</i> 1988	Canada	(X)	(X)
Scarlett-Kranz <i>et al.</i> 1987	USA	X	-
Lundholm <i>et al.</i> 1983	Suède	X	X
Rylander <i>et al.</i> 1976 et Mattsby <i>et al.</i> 1978	Suède	X	X
Melbostad <i>et al.</i> 1994	Norvège	-	X
Thorn <i>et al.</i> 2004	Suède	-	X

X : symptôme étudié avec groupe de comparaison
(X) : symptôme étudié sans groupe de comparaison
 - : symptôme non étudié
 case grisée : augmentation statistiquement significative de la prévalence des symptômes

Huit études rapportent des prévalences d'irritation oculaire chez les travailleurs de STEU. Parmi celles-ci, sept études comparent cette prévalence avec un groupe de référence. Une augmentation significative des signes pour la population exposée est rapportée pour trois de ces études (Cf. Tableau 33).

Concernant les risques pour la reproduction, les études de Lemasters *et al.* (1991) et de Hertzberg *et al.* (1991) ne montrent pas d'effets sur la fertilité et sur le risque de fausse couche chez les couples dont l'homme était exposé aux eaux usées, tandis que l'étude de Morgan *et al.* (1984) montrent un risque relatif plus élevé de fausses couches / mortinatalité pour les couples dont l'homme était exposé au moment de la conception.

En résumé :

Il existe peu d'études publiées de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers. Bien qu'il s'agisse d'activités différentes, le GT a estimé que les symptômes rapportés chez les travailleurs de STEU étaient susceptibles de concerner également les égoutiers de part leur exposition quotidienne aux eaux usées.

La quasi-totalité des études recensées chez les égoutiers / STEU sont des études transversales portant sur des indicateurs de morbidité recueillis par questionnaire et, beaucoup plus rarement, sur des explorations complémentaires comme l'exploration de la fonction pulmonaire par spirométrie par exemple.

Ce type d'études présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre et permet de générer des hypothèses sur les liens entre l'exposition aux eaux usées et les symptômes déclarés. Cependant, elles génèrent un certain nombre d'incertitudes liées :

- à l'absence de temporalité entre l'exposition et la survenue des symptômes,
- à l'exclusion de certains sujets de l'étude liée à la survenue de symptômes en amont ou au cours de l'étude (biais de sélection),
- au mode de recueil des indicateurs de morbidité, sans analyse objective de l'état de santé (diagnostic médical) qui pourrait conduire à une sur ou une sous déclaration des symptômes (biais de déclaration).

Par ailleurs, la plupart des études recensées ont des effectifs faibles (moins de 100 sujets) pouvant expliquer l'absence de mise en évidence d'association significative.

De plus, ces études ne s'intéressent pas toutes aux mêmes symptômes et parfois pour des symptômes identiques avec des définitions différentes. D'autres éléments comme le choix de la population de référence, la période de rappel des symptômes (le mois dernier, les 3 derniers mois ou les 6 derniers mois), la prise en compte des facteurs de confusion potentiels peuvent expliquer les différences dans les résultats rapportés. De ce fait, il est difficile de tirer une conclusion générale sur les effets sanitaires de l'exposition professionnelle aux eaux usées.

Chez les égoutiers, l'étude la plus informative est une étude réalisée auprès du personnel de la communauté urbaine du grand Lyon qui rapporte une prévalence de symptômes et de maladies respiratoires plus élevée chez les égoutiers comparée aux témoins, avec un excès statistiquement significatif de toux productive notamment, liée selon les auteurs à l'exposition aux endotoxines. Les prévalences des différents symptômes rapportés par les égoutiers de Lyon sont nettement inférieures à celles rapportées par les égoutiers de Paris. Ces différences peuvent être expliquées par les éléments pré-cités et par les conditions d'exposition qui peuvent varier d'un réseau à l'autre.

Chez les travailleurs des STEU, les résultats les plus concordants concernent les épisodes de diarrhées aiguës en excès par rapport aux groupes de référence. La majorité des études réalisées rapporte également des excès des symptômes suivants par rapport au groupe de référence :

- symptômes respiratoires, bronchite chronique, explorations fonctionnelles,
- ORL, notamment irritations nasales et de la gorge,
- généraux et neurologiques : céphalées, asthénie ,

Ces symptômes concordent avec les résultats de l'étude INRS chez les égoutiers de la Ville de Paris, même si le rapprochement entre ces 2 études doit être réalisé avec précaution.

En ce qui concerne les agents susceptibles d'expliquer les symptômes déclarés, plusieurs études se sont penchées sur le rôle des endotoxines et de l'H₂S. Ces éléments sont notamment discutés dans le chapitre 11.

10.2 Marqueurs biologiques de dysfonctionnement de certaines fonctions

Ce paragraphe synthétise les études identifiées dans la littérature présentant des résultats de mesures biologiques chez les travailleurs exposés aux eaux usées (travailleurs de STEU et/ou égoutiers). Plusieurs de ces études sont déjà présentées dans le paragraphe précédent, la recherche de marqueurs biologiques d'inflammation ou d'atteinte de certaines fonctions ayant été réalisée en appui à l'évaluation de symptômes cliniques. A noter que les données sur les marqueurs biologiques d'infections sont présentées dans le paragraphe 10.5 « Morbidité et mortalité des maladies infectieuses et des endotoxines ».

10.2.1 Marqueurs biologiques d'inflammation

La protéine C réactive (CRP) et les produits de dégradation de la fibrine ou du fibrinogène (PDF)⁵⁸ sont les marqueurs les plus fréquemment recherchés pour confirmer l'existence d'une inflammation. Quatre études présentant des dosages de marqueurs de réponse inflammatoire chez les travailleurs de STEU exposés aux eaux usées ont été identifiées dans la littérature (Rylander *et al.* 1976, Lundholm *et al.* 1983, Thorn *et al.* 2004; Heldal *et al.* 2010).

L'objectif de ces 4 études était de voir si les symptômes déclarés par les travailleurs de STEU pouvaient être liés à un mécanisme inflammatoire, en lien avec une exposition aux endotoxines qui sont reconnues comme des agents provoquant une réponse inflammatoire. Les résultats de ces 4 études sont synthétisés dans le Tableau 34.

Dans l'étude de Rylander *et al.* (1976), la CRP et les PDF ont été dosés respectivement dans le sang et les urines de 30 travailleurs de STEU et de 16 employés d'une raffinerie (population témoin). Cette étude montre une plus forte proportion de travailleurs présentant des concentrations en CRP supérieures à 1mg/L et en PDF supérieures à 10 mg/L chez les travailleurs de STEU, comparativement au groupe témoin (13/30 travailleurs de STEU contre 2/16 témoins ont des concentrations en CRP > 1mg/L et 14/30 travailleurs de STEU contre 2/16 témoins ont des concentrations en PDF > 10 mg/L). Les auteurs ne précisent pas si ce résultat est statistiquement significatif. Pour rappel, cette étude montre une prévalence plus élevée d'épisodes de fièvre, d'irritation oculaire et d'atteintes cutanées chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins (significativité statistique des résultats non précisée). Ils concluent que l'exposition aux endotoxines mesurées dans l'étude pourrait expliquer ces résultats.

Des résultats similaires sont mis en évidence dans l'étude de Lundholm *et al.* (1983) réalisée auprès de 199 travailleurs de STEU et 41 employés d'une usine de production d'eau potable, appariés sur l'âge et la consommation de tabac. Seuls les PDF urinaires ont été dosés. Les résultats de l'étude montrent une proportion plus élevée de travailleurs de STEU avec des concentrations en PDF supérieures à 10 mg/L que celle dans la population témoin. Cette proportion est de 33% chez les travailleurs de STEU non fumeurs contre 6 % chez les témoins non fumeurs ($p < 0,001$). Les concentrations en bactéries à Gram négatif mesurées dans l'air pourraient expliquer l'augmentation des PDF urinaires selon les auteurs qui supposent une corrélation positive entre les bactéries retrouvées et les endotoxines susceptibles d'être présentes.

⁵⁸Protéine C réactive (CRP): La protéine C réactive est le marqueur le plus fréquemment recherché pour confirmer l'existence d'une inflammation. Il s'agit d'un marqueur non spécifique, synthétisé par le foie, sous la dépendance de cytokines. C'est une protéine à cinétique rapide, généralement mesurée comme marqueur de la phase aiguë de l'inflammation. Des techniques de dosages plus sensibles permettent également de l'utiliser comme marqueur d'un état inflammatoire chronique. A noter que la valeur normale de CRP varie selon les techniques de dosage, d'où la nécessité de se référer aux normes du laboratoire.

Produits de dégradation de la fibrine ou du fibrinogène (PDF): les PDF sont également des marqueurs non spécifiques de la réaction inflammatoire couramment recherchés. Il s'agit de marqueurs de l'activation de la fibrinolyse lors de la réaction inflammatoire. Ils participent à l'activation de différentes cellules de l'inflammation.

Pour rappel, cette étude met en évidence un excès statistiquement significatif de symptômes cutanés, de diarrhées et autres symptômes gastro intestinaux chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins (cf. Annexe 14 et Annexe 15).

Thorn *et al.* (2004) ont mesuré plusieurs marqueurs de l'inflammation dans le sang et le liquide de lavage nasal de 59 travailleurs de STEU et 55 employés municipaux (population témoin). Les marqueurs recherchés dans le sang et le NAL sont la CRP, le fibrinogène, des cytokines pro-inflammatoires (IL-6, IL-8, TNF α)⁵⁹, la protéine cationique des éosinophiles (ECP)⁶⁰, et la myelopéroxydase. Une numération des leucocytes a également été réalisée. L'objectif de cette étude est d'évaluer le lien entre l'exposition aux endotoxines, les symptômes déclarés par les travailleurs de STEU et les niveaux de marqueurs mesurés. Les résultats de ces prélèvements montrent un taux de polynucléaires neutrophiles (PNN) significativement plus élevé sur le plan statistique ($p < 0,05$) et un taux de lymphocytes significativement plus faible sur le plan statistique ($p < 0,01$) chez les travailleurs de STEU, comparativement à la population témoin. L'augmentation des PNN conforte les résultats d'études précédentes montrant que l'inhalation d'endotoxines induit une réponse inflammatoire à PNN, et que cette activation des PNN pouvait être détectée dans le sang après inhalation de faibles concentrations d'endotoxines. Aucune différence significative n'est observée pour les autres marqueurs de réponse inflammatoire. Les concentrations sériques en CRP sont significativement plus élevées chez les travailleurs de STEU ayant rapporté des symptômes généraux (asthénie, douleurs articulaires, céphalées, difficultés de concentration, sensation de lourdeur/pesanteur de la tête), comparativement aux travailleurs de STEU n'ayant pas rapporté de tels symptômes. Des concentrations sériques en CRP plus élevées (mais de façon non statistiquement significative) sont également rapportées chez les travailleurs de STEU ayant déclaré des douleurs articulaires. Enfin, les concentrations en IL-8 dans le liquide de lavage nasal des travailleurs de STEU ayant rapporté des symptômes de congestion nasale sont significativement plus élevées que celles mesurées chez les travailleurs de STEU n'ayant pas rapporté de tels symptômes.

Enfin, l'étude d'Heldal *et al.* (2010) montre des concentrations en CRP significativement plus élevées sur le plan statistique chez 44 travailleurs de STEU, comparé à une population témoin constituée de 36 employés de bureaux. Les auteurs ne concluent pas formellement sur le lien entre l'exposition aux endotoxines et les concentrations sanguines en CRP mesurées chez les travailleurs de STEU. Ils considèrent que les niveaux en CRP mesurés chez les travailleurs de

⁵⁹Cytokines pro inflammatoires (IL-6, IL-8, TNF α ...): famille de protéines agissant comme des médiateurs inter-cellulaires et intervenant dans les mécanismes de l'inflammation et de l'immunité. Chaque cytokine est produite par plusieurs types de cellules et agit sur plusieurs cibles. Parmi elles se trouvent :

- L'IL-6 (interleukine-6) est produite par différentes cellules (Monocytes, fibroblastes..) en réponse à un stimulus (ex agent infectieux). L'IL-6 intervient dans la réponse inflammatoire en stimulant la production hépatocytaire des protéines de la phase aiguë de l'inflammation (CRP, fibrinogène...). L'IL-6 intervient également dans les mécanismes de l'immunité.
- L'IL-8 (interleukine-8) est une chimiokine produite lors des réactions inflammatoires pour activer les cellules immunitaires et les recruter sur le site de l'inflammation. L'IL-8 attire les leucocytes circulants vers le foyer inflammatoire. Elle est produite par de nombreuses cellules (macrophages, monocytes, fibroblastes...) sous la dépendance d'IL-1 et de TNF α .
- Le TNF α (facteur de nécrose tumorale) est la plus importante des cytokines pro-inflammatoires. Il agit notamment au niveau hépatique en induisant la synthèse des protéines de la phase aiguë de l'inflammation (CRP, fibrinogène...).

⁶⁰Protéine cationique des éosinophiles (ECP): Libérée par les granules intracytoplasmiques des polynucléaires éosinophiles activés dans la phase retardée de l'asthme. Reflet de l'inflammation bronchique lors d'une exposition allergénique (même en l'absence de signes cliniques). Permet de surveiller l'efficacité d'un traitement anti-inflammatoire, d'adapter la posologie dans l'asthme (en complément des explorations fonctionnelles respiratoires).

STEU suggèrent une inflammation systémique, probablement respiratoire, d'après les symptômes déclarés par les travailleurs (excès statistiquement significatif de céphalées, toux, diminution significative des indices de la fonction pulmonaire par rapport aux valeurs théoriques chez les travailleurs de STEU qui manipulent des boues sèches par rapport aux témoins en STEU).

Tableau 34 : Synthèse des 4 études ayant analysé des marqueurs d'inflammation

Etude	Type d'étude	Nombre de sujets exposés / population témoins (non exposée)	Marqueurs recherchés	Mesures d'exposition	Résultats
Rylander <i>et al.</i> 1976 (Suède)	Transversale	30 (STEU) / 16 (employés de raffinerie)	CRP (sérum), PDF (urines)	Bactéries : 10^4 à 10^7 UFC/ m ³	Concentrations en CRP > 1 mg/l chez 13/30 STEU vs 2/16 témoins. Concentrations en PDF > 10 mg/L chez 14/30 STEU vs 2/16 témoins (significativité statistique des résultats non précisée)
Lundholm <i>et al.</i> 1983 (Suède)	Transversale	199 (STEU) / 41 (employés d'usines de production d'eau potable)	PDF (urines)	Bactéries : 0,2 à 50 UFC/L d'air	Proportion significativement plus élevée sur le plan statistique de travailleurs de STEU avec des concentrations en PDF supérieures à 10 mg/L que celle dans la population témoin (33% vs 6 %, p < 0,001)
Thorn <i>et al.</i> 2004 (Suède)	Transversale	59 (STEU) / 55 (employés municipaux)	CRP (sérum), leucocytes (sérum), fibrinogène (sérum), Protéine cationique des éosinophiles (ECP) (sérum et NAL), cytokines pro inflammatoires (IL-6, IL-8, TNF α) (sérum et NAL), myelopéroxydase (NAL)	Endotoxines : Niveaux mesurés faibles, pics à 185 ng/m ³	Taux de neutrophiles plus élevé (56% vs 50%, p<0,05) et taux de lymphocytes plus faible (40% vs 44%, p<0,01) chez les travailleurs de STEU (différences significatives). Pas de modification significative des autres marqueurs. Concentrations en CRP sérique plus élevées chez les travailleurs de STEU ayant rapporté des symptômes généraux (médiane = 1.1mg/L vs médiane=0.79 mg/L, p < 0.05) (différence significative) et des douleurs articulaires ((médiane = 1.1 mg/L, vs médiane=0.83 mg/L, p = 0.06) (différence non significative) comparée au travailleurs de STEU n'ayant pas rapporté de tels symptômes. Concentrations en IL-8 dans le NAL significativement plus élevées sur le plan statistique chez les travailleurs de STEU ayant rapporté des symptômes de congestion nasale (médiane = 317 pg/mL, vs médiane = 215 pg/mL, p < 0.05) comparé aux travailleurs de STEU n'ayant pas rapporté de tels symptômes.
Heldal <i>et al.</i> 2010 (Norvège)	Transversale	44 (STEU, dont 19 manipulant des boues séchées et 25 n'en manipulant pas) / 36 (employés de bureaux)	CRP (sérum)	Endotoxines : Moyennes arithmétiques de 0,2 à 2,1 UE/m ³ Bactéries : Moyennes arithmétiques de 530.10^3 à 650.10^3 UFC/m ³	Concentrations en CRP significativement plus élevées sur le plan statistique chez les travailleurs de STEU comparé au groupe témoin (facteur 1,57, p = 0,04)

En Rsumé :

Les études recensées sont des études transversales de type exposés / non exposés portant sur des indicateurs de morbidité recueillis par questionnaire. Les mesures de marqueurs d'inflammation ont été réalisées en complément pour confirmer l'existence d'un état inflammatoire sous jacent aux symptômes déclarés et résultant potentiellement d'une exposition aux endotoxines.

La CRP est le marqueur le plus couramment recherché. Il s'agit d'un marqueur non spécifique, qui ne permet pas d'identifier l'origine de l'inflammation. Elle est généralement mesurée comme marqueur de la phase aiguë de l'inflammation mais peut également être utilisée comme marqueur d'une réponse inflammatoire chronique grâce à des techniques de dosage plus sensibles. Cependant, cet aspect n'est pas détaillé dans les résultats des études. A noter que la valeur normale de CRP peut varier selon les techniques de dosage et qu'il est nécessaire de se référer aux normes du laboratoire. Ceci n'impacte pas l'interprétation des résultats dans la mesure où il s'agissait à chaque fois de comparer des mesures entre groupe exposé et groupe non exposé et non de comparer des mesures par rapport aux valeurs normales de CRP.

L'ensemble des études a mis en évidence des concentrations sanguines (ou dans le liquide de lavage nasal) en marqueurs d'inflammation plus élevées chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins, ce qui semble montrer que l'exposition aux eaux usées induit un état inflammatoire aigu ou chronique chez ces personnes. Cependant, ces études présentent un certain nombre de limites liées : 1/ à leur puissance statistique relativement faible (à l'exception de l'étude de Lundholm *et al.* (1983), 2/ au manque de précision quant à la prise en compte ou non des facteurs de confusion. De plus, l'absence de temporalité entre les prélèvements sanguins et la déclaration d'indicateurs de morbidité ne permettent pas de conclure sur le lien de causalité entre les niveaux de marqueurs mesurés et les symptômes déclarés.

10.2.2 Marqueurs biologiques d'atteinte hépatique

Trois études présentant des résultats de mesures de transaminases (ASAT (aspartate amino transférase), ALAT (alanine amino transférase)) et des enzymes cholestatiques chez les travailleurs de STEU ont été identifiées dans la littérature. A noter que les ASAT ne sont pas des enzymes strictement hépatocytaires ; d'autres cellules, principalement les cellules musculaires et notamment myocardiques, en contiennent.

Hogstedt *et al.* (1980) ont réalisé une étude transversale auprès de 74 salariés de STEU et 81 employés municipaux non exposés aux eaux usées (population témoin) (d'après Thorn *et al.* 2001, étude originale en suédois). La survenue de différents symptômes et la consommation d'alcool ont été évaluées par questionnaire. Des prélèvements sanguins ont été réalisés pour évaluer l'activité des transaminases et des glutamyl transférases. Aucune différence significative de l'activité enzymatique n'a été mise en évidence chez les travailleurs de STEU comparé à la population témoin après ajustement sur la consommation d'alcool. Les résultats des questionnaires sur les symptômes rapportés par les travailleurs de STEU et les témoins ne sont pas disponibles dans la revue de Thorn *et al.* 2001.

Lundholm *et al.* (1983) ont mesuré les transaminases sériques chez 16 travailleurs de STEU exposés à de forts niveaux d'aérosol (exposition supposée selon les tâches des travailleurs) au cours de leurs activités. Ces travailleurs ont été sélectionnés dans une cohorte de 199 employés de STEU. Les résultats de cette étude n'ont pas montré de différences significatives des concentrations en ASAT et ALAT avant et après la journée de travail ou les vacances d'été. Des concentrations en ASAT supérieures à la limite normale (0,70 μ kat/L) ont été mesurées chez 6/16 travailleurs avant les vacances d'été. Ces concentrations sont revenues à la normale chez 4 de ces travailleurs à la fin des vacances d'été et ont diminué chez 1 autre participant. Ces résultats ne sont pas discutés par les auteurs de l'étude. Pour rappel, cette étude a mis en évidence un excès

statistiquement significatif de symptômes cutanés et de diarrhées et autres symptômes gastro intestinaux chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins (cf. Annexe 14 et Annexe 15).

Thorn *et al.* 2004 ont mesuré l'activité des ALAT, ASAT et PAL (phosphatase alcaline) chez 59 travailleurs de STEU et 55 employés municipaux (population témoin). Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux populations étudiées. Pour rappel, cette étude a mis en évidence un excès statistiquement significatif d'asthénie, de diarrhée, de douleurs articulaires et de symptômes évoquant une pneumonie chimique chez les travailleurs des STEU par rapport aux témoins (cf. Annexe 14 et Annexe 15).

Tableau 35 : Synthèse des études ayant analysé des marqueurs d'atteinte hépatique

Etude	Type d'étude	Nombre de sujets exposés / population témoins (non exposée)	Marqueurs recherchés	Résultats
Hogstedt <i>et al.</i> 1980 (d'après Thorn <i>et al.</i> 2001)	Transversale	74 (STEU) / 81 (employés municipaux)	Transaminases Glutamyltransférases	Pas de différence significative des concentrations en transaminases et glutamyltransférases
Lundholm <i>et al.</i> 1983 (Suède)	Transversale	16 (STEU)	ASAT, ALAT	Pas de différence significative des concentrations en ASAT et ALAT avant/après journée de travail ou avant/après vacances d'été Concentrations en ASAT supérieures à la limite normale chez 6/16 STEU avant l'été. Retour à la normale chez 4/6 STEU après l'été.
Thorn <i>et al.</i> 2004 (Norvège)	Transversale	59 (STEU) / 55 (employés municipaux)	ASAT, ALAT, PAL	Pas de différences significatives : ASAT (med) (min-max) (µkat/L): STEU : 0,4 (0,3 – 0,9) Témoins : 0,4 (0,2 – 0,8) ALAT (med) (min-max) (µkat/L): STEU : 0,4 (0,1 – 1,5) Témoins : 0,4 (0,2 – 0,9) PAL (med) (min-max) (µkat/L): STEU : 2,6 (1,4 – 5,3) Témoins : 2,7 (1,5 – 4,9)

En résumé :

Les études recensées n'ont pas mis en évidence de différences significatives des concentrations en enzymes hépatiques chez les travailleurs de STEU comparé aux témoins. L'étude de Lundholm *et al.* 1983 a mis en évidence des concentrations en ASAT supérieures à la limite normale chez 6/16 STEU lors de mesures réalisées avant les vacances d'été. Ces concentrations sont retournées à la normale après les vacances d'été chez 4/6 STEU et ont diminué chez 1 des 2 autres STEU. Cependant, les différences de concentrations avant/après n'étaient pas significatives.

10.2.3 Marqueurs biologiques d'atteinte pulmonaire

Les pneumoprotéines mesurées dans les études analysées ci-dessous sont les protéines des cellules de Clara (CC16), et les protéines du surfactant A, B et D (SPA, SPB et SPD). Les CC16 sont sécrétées par les cellules pulmonaires de Clara qui tapissent l'arbre bronchique et qui ont un rôle anti-inflammatoire important. Une fraction de ces CC16 traverse normalement la barrière épithéliale broncho-alvéolaire et se retrouve dans le sang circulant pour être éliminée par excrétion

rénale. Les CC16 peuvent être considérées comme un marqueur biologique indiquant une blessure pulmonaire (cette hypothèse s'appuie sur des études expérimentales et cliniques suggérant un tel lien). Ainsi, l'augmentation de CC16 dans le sang peut être due à une augmentation de sa sécrétion au niveau du poumon lésé ou à une diminution de son excrétion rénale. L'inflammation non-spécifique des poumons suite à une exposition chronique ou aiguë à des endotoxines peut aussi augmenter la perméabilité de la barrière épithéliale broncho-alvéolaire et laisser passer ainsi les CC16 dans la circulation sanguine.

Les protéines du surfactant sont au nombre de 4 (A, B, C et D). Leur rôle est essentiel. Les protéines A et D sont de grande taille, hydrophiles, et ont des fonctions multiples. Elles sont probablement impliquées dans la régulation du système immunitaire inné et des mécanismes de défense contre les microorganismes inhalés. Les protéines B et C sont de petite taille, très hydrophobes et étroitement associées aux phospholipides dont elles facilitent l'étalement.

Deux études menées au sein de populations de travailleurs de STEU présentent des résultats de mesures de concentration sérologique de pneumoprotéines. Il s'agit d'une étude transversale faite en Norvège (Heldal *et al.* 2013) sur 44 travailleurs (avec un groupe contrôle de 36 témoins travaillant dans une usine de compost et dans une STEU (il est supposé que ces travailleurs de STEU ne sont pas exposés aux eaux usées, mais ceci n'est pas détaillé)) et d'une étude longitudinale menée en Suisse, dans le canton de Zürich, durant 5 ans sur une population de 247 travailleurs de STEU et 304 travailleurs témoins (jardiniers, cantonniers, forestiers et employés de transport publique) (Steiner *et al.* 2005, Widmeier *et al.* 2007, Daneshzadeh Tabrizi *et al.* 2010 et Tschopp *et al.* 2011).

L'étude suisse a procédé durant 5 ans, à raison d'une fois par année, au dosage des pneumoprotéines dans le sérum de la cohorte de travailleurs de STEU (355 travailleurs à l'inclusion et 247 après 5 ans) et de travailleurs témoins (337 à l'inclusion et 304 après 5 ans). La métrologie (prélèvements personnels) des endotoxines dans ces STEU avait préalablement montré une exposition moyenne relativement faible (environ 50 UE/m³) avec des pics d'exposition allant jusqu'à 500 UE/m³, lors de certaines tâches générant des aérosols (nettoyage au jet d'eau). Lors de la première année de suivi de cette cohorte, une légère augmentation des CC16 avait été observée chez les travailleurs des STEU (Steiner *et al.* 2005). Cette observation n'a pas été confirmée par l'analyse des résultats finaux (Tschopp *et al.* 2011). Les résultats finaux ne montrent aucune différence dans les concentrations sérologiques des 4 pneumoprotéines entre les travailleurs des STEU et le groupe contrôle. Dans les analyses statistiques, la durée de l'exposition aux eaux usées (brutes et en voie de traitement), aux eaux usées brutes uniquement ainsi qu'aux éclaboussures sont prises en compte au moyen de 4 indicateurs : a) exposition aux eaux usées durant la période investiguée (oui/non) ; b) durée de l'exposition (nombre de mois) ; c) occurrence des éclaboussures durant la période investiguée (jamais, moins de 20 fois, plus de 20 fois) ; et d) exposition aux eaux usées brutes (jamais, < 5 fois par mois ; > 5 fois par mois). Les résultats montrent que la durée de l'exposition aux eaux usées en général, aux éclaboussures et aux eaux usées brutes sont associées à une diminution significative des CC16 et à une légère augmentation significative des SPD au cours des 5 ans. Les autres pneumoprotéines ne sont pas influencées par ces facteurs. Les auteurs pensent que l'augmentation des SPD peut être liée aux expositions courtes mais élevées aux endotoxines lors de tâches spécifiques très exposantes. Ces expositions causeraient une réaction inflammatoire subclinique avec augmentation de la perméabilité de la barrière épithéliale poumon-sang. Une explication alternative émise par les auteurs est que la synthèse de SPD serait augmentée pour maintenir les poumons dans un état non-enflammé. Dans ce cas, cela représenterait une réaction physiologique plutôt qu'une véritable atteinte subclinique.

Les résultats de l'étude norvégienne (Heldal *et al.* 2013) montrent une diminution des CC16 chez les travailleurs des STEU comparé aux concentrations trouvées chez les travailleurs témoins. Les concentrations des autres pneumoprotéines (SPA et SPD) ne sont pas significativement différentes entre les deux groupes. Des corrélations positives entre la concentration aérienne de bactéries totales et les concentrations de CC16 et SPD sont observées alors qu'aucune corrélation n'est mise en évidence entre les pneumoprotéines et les concentrations en endotoxines et poussières inhalables dans l'air. La métrologie de ces différents bioaérosols a été faite, par prélèvement personnel, le même jour que la prise de sang. Les auteurs suggèrent que cette

diminution de CC16 est due à la diminution des cellules de Clara endommagées par une exposition chronique à la poussière des STEU.

En résumé :

- Très peu d'études (2) ont mesuré les pneumoprotéines circulantes chez les travailleurs de STEU.
- L'une des études montre une diminution des CC16 chez les travailleurs des STEU comparativement aux témoins. L'autre étude faite sur une plus grande population et sur 5 ans ne montre, au final et pour 4 pneumoprotéines, pas de différence significative entre les travailleurs des STEU et les témoins.
- Cependant, dans cette même étude, la durée/intensité de l'exposition aux eaux usées est associée à une diminution des CC16 et une augmentation des SPD.
- Le mécanisme physiologique responsable des ces modifications n'est pas clairement identifié.

10.2.4 Marqueurs biologiques d'exposition à des agents génotoxiques ou mutagènes

Trois études *ex-vivo* ou *in vitro* ont recherché des marqueurs biologiques d'exposition à des génotoxiques chez les égoutiers et les travailleurs de STEU. Ces études visent à identifier des marqueurs d'exposition à des agents mutagènes ou génotoxiques et non des marqueurs d'effets sanitaires à long terme (cancérogènes ou autres). Un des objectifs de ces études était de voir si la surmortalité par cancers mise en évidence dans certaines études épidémiologiques (cf § 10.3) pouvait être expliquée par une exposition à des substances génotoxiques.

L'objectif de la première étude était d'évaluer et de comparer l'exposition de travailleurs de STEU et d'usines de traitement d'eau potable à des mutagènes (Scarlett-Kranz *et al.* 1986). La population d'étude était constituée de 189 travailleurs recrutés au sein de 16 STEU de l'Etat de New York (USA) et de 82 travailleurs recrutés dans 14 usines de traitement d'eau potable, dans les mêmes communautés d'agglomération (population témoin). La présence de mutagènes dans les urines a été évaluée à partir du test d'Ames sur souche de *Salmonella typhimurium* TA 100. Pour chaque échantillon d'urines, deux essais ont été réalisés, avec ou sans ajout de fraction S9 (effet du métabolisme). En complément, un questionnaire sur la consommation de tabac et d'alcool, la carrière et la survenue de différents symptômes au cours des mois précédant l'étude a été complétée par les participants.

Les résultats de l'étude ont montré que la fréquence de détection des mutagènes dans les urines était significativement plus élevée chez les travailleurs de STEU que chez les témoins, après ajustement sur les principales variables (âge, tabac, alcool...). Ces résultats s'observent avec et sans activation métabolique (ajout de S9).

Les auteurs concluent que les travailleurs de STEU sont davantage exposés à des agents mutagènes ou promutagènes que les travailleurs d'usines d'eau potable. Cependant il n'est pas possible de prédire les effets à long terme d'une telle exposition, un effet mutagène sur les bactéries n'impliquant pas nécessairement d'effet mutagène sur l'Homme et encore moins d'effet cancérogène. D'autre part, les résultats des tests de mutagénicité réalisés dans cette étude ne sont pas représentatifs de l'exposition à long terme des travailleurs. Des mesures simultanées dans l'eau et les aérosols permettraient de mettre en perspective les résultats des tests urinaires et l'exposition professionnelle à des substances mutagènes.

La deuxième étude a été réalisée en Suède auprès de 35 travailleurs de STEU et 30 employés municipaux travaillant dans le secteur de la construction, appareillés sur l'âge et la consommation de tabac (Friis *et al.* 1997). Dans un premier temps, les données d'exposition (évaluée à partir des activités professionnelles et des tâches réalisées), d'habitudes de vie et l'historique médical des participants ont été collectés par questionnaire et lors d'entretiens individuels. Il est ressorti de

cette première étape que certains employés municipaux pouvaient être exposés aux eaux usées lors de certaines tâches (travaux de maçonnerie dans les égouts par exemple) et que certains travailleurs de STEU n'étaient pas exposés aux eaux usées, leurs activités étant consacrées à des tâches administratives. Pour limiter les biais liés à des erreurs de classification, les participants ont donc été répartis en 3 catégories en fonction de la durée de l'exposition au contact des eaux usées :

- Groupe A : Exposés/Témoins = travailleurs de STEU et employés municipaux exposés aux eaux usées au moins 8 heures sur une durée de 15 jours / autres participants à l'étude ;
- Groupe B : Exposés/Témoins = travailleurs de STEU exposés aux eaux usées au moins 8 heures sur une durée de 15 jours / autres participants à l'étude (dont employés municipaux précédemment inclus dans le groupe A) ;
- Groupe C : Exposés/Témoins = travailleurs de STEU exposés aux eaux usées au moins 8 heures sur une durée de 15 jours / travailleurs de STEU et employés municipaux jamais exposés aux eaux usées.

L'exposition à des agents génotoxiques a été évaluée par le test des comètes effectué sur les lymphocytes périphériques. Pour limiter les incertitudes liées aux variations de mesures, les prélèvements sanguins ont été réalisés au même moment pour les exposés et les témoins. Les facteurs de confusion pris en compte sont la consommation de tabac et d'alcool, l'exposition professionnelle à des solvants organiques, des infections, un effort physique important, la prise de vitamines ou des procédures médicales exposant à des agents génotoxiques (radiations ionisantes, prise de cytostatiques). L'exposition à ces agents a été évaluée sur une période d'une semaine précédant la prise de sang.

Les résultats de l'étude n'ont pas mis en évidence de différences significatives dans les résultats des tests de comètes, quel que soit le groupe d'exposition considéré, ce qui suggère que les travailleurs exposés aux eaux usées ne sont pas plus exposés à des agents génotoxiques que les autres travailleurs considérés dans cette étude. D'après ces résultats, la surmortalité par cancers mise en évidence dans les études épidémiologiques ne serait pas liée à des mécanismes génotoxiques (en tenant compte des limites inhérentes aux études épidémiologiques). Les auteurs soulignent néanmoins que l'altération (ou l'absence d'altérations) de l'ADN des lymphocytes ne reflète pas forcément l'atteinte de l'ADN d'autres cellules plus susceptibles d'être affectées compte tenu de la nature des cancers mis en évidence dans les études épidémiologiques (e.g. hépatocytes). Cependant, le prélèvement de ces cellules chez des travailleurs sains est un obstacle à la réalisation de telles études.

La troisième étude a été réalisée auprès de 34 égoutiers et de 30 agents administratifs de la Ville de Paris (Al Zabadi *et al.* 2011). Les objectifs de cette étude étaient :

1/ d'évaluer, à l'aide de deux tests (test de la comète et test des micronoyaux), la génotoxicité des extraits urinaires des participants, comme biomarqueur non spécifique de l'exposition à des agents génotoxiques.

2/ d'explorer les effets précoces d'une exposition à des génotoxiques par la mesure de la 8-oxo-DG urinaires, marqueur du stress oxydatif induit par l'exposition à des génotoxiques conduisant à l'oxydation de la guanine et à son excrétion urinaire lors des mécanismes de réparation de l'ADN.

En complément, des prélèvements d'air ont été réalisés pour évaluer et comparer l'exposition des égoutiers et des témoins à 13 HAP et à 12 COV. Les échantillons d'air ont été prélevés durant trois jours consécutifs par des capteurs actifs et passifs dans l'espace de travail des participants à l'étude. Les concentrations en HAP et en COV dans l'air extérieur ont été obtenues via les stations de mesures des AASQA (prélèvements urbains et périphériques, à proximité des lieux de travail). A l'issue des trois jours de prélèvement d'air, les urines de 24h ont été collectées afin : 1/d'évaluer la génotoxicité des extraits urinaires par le test des comètes et des micronoyaux sur une lignée cellulaire HepG2 et 2/ de mesurer la 8-oxo-DG. Ce même jour, un test de métabolisation à la caféine, un bilan sanguin, un EFR, un ECG et un audiogramme ont été réalisés par la médecine du travail. Un questionnaire portant sur les activités professionnelles et la consommation alimentaire a également été adressé aux participants. Enfin, des modèles de régression linéaire

univariés et multivariés ont été construits pour étudier les associations entre les différentes variables.

Les résultats des mesures atmosphériques sont détaillés dans le chapitre 8.2.1.2. Les concentrations sur les lieux de travail en HAP et en COV étaient significativement plus élevées dans les égouts que dans les bureaux et dans l'air ambiant ($p < 0,01$). Les concentrations mesurées pour chaque composé étaient systématiquement en deçà des valeurs limites d'exposition professionnelles réglementaires. En revanche, elles sont respectivement dépassées pour la famille des HAP et des COV si l'on calcule un facteur d'équivalence toxique⁶¹ ou un indice benzène.

Les tests de génotoxicité *in vitro* ont montré une altération de l'ADN des cellules en culture plus importante lors d'une exposition de ces cellules à des extraits urinaires d'égoutiers qu'à des extraits urinaires de témoins (personnel administratif). L'atteinte de l'ADN, mise en évidence par le test des comètes était positivement associée à l'âge ($p = 0,01$) et au niveau d'éducation ($p = 0,04$) des participants. L'atteinte chromosomique, mise en évidence par le test des micronoyaux, était associée positivement à l'âge ($p = 0,02$) à la consommation d'alcool (significativité faible, $p = 0,05$) des participants. Une relation inverse a été observée pour les résultats des deux tests et la consommation de légumes, qui pourrait agir comme un facteur protecteur. Enfin, l'analyse multivariée a montré une association significative entre les résultats des tests de génotoxicité et les concentrations atmosphériques pour certains COV chez les égoutiers âgés de plus de 39 ans en prenant en compte les facteurs d'ajustement appropriés. Les concentrations en HAP étaient corrélées de façon positive avec les résultats des tests des comètes uniquement (égoutiers de plus de 39 ans).

Il n'y avait pas de différence significative entre les concentrations urinaires moyennes en 8-oxo-DG des égoutiers comparé aux témoins. Aucune association entre les concentrations urinaires en 8-oxo-DG et les concentrations atmosphériques en HAP et en COV n'a été mise en évidence.

Les auteurs concluent que l'exposition atmosphérique des égoutiers à certains HAP et COV, du fait des dépassements des valeurs sanitaires observés et des résultats des tests de génotoxicité, pourraient expliquer en partie les excès de décès par cancers observés dans certaines études épidémiologiques.

En résumé :

Les résultats des études de Scarlett-Kranz *et al.* (1986) montrent que les travailleurs de STEU sont exposés à des agents mutagènes et ceux de l'étude d'Al Zabadi *et al.* (2011) que les égoutiers sont exposés à des agents génotoxiques. De plus, des associations positives entre l'exposition des égoutiers à certains HAP et COV classés CMR et les résultats des tests de génotoxicité ont été mis en évidence dans l'étude d'Al Zabadi *et al.* (2011).

Ces résultats ne sont pas des marqueurs d'effets sanitaires à long terme. En effet, l'exposition à des génotoxiques ou à des mutagènes n'est pas synonyme d'un effet mutagène et encore moins d'un effet cancérigène futur. Toutefois, ils suggèrent que les travailleurs sont exposés à des substances mutagènes/ génotoxiques au cours de leur activité, ce qui pourrait en partie expliquer les excès de mortalité par cancer observés dans les études épidémiologiques.

En revanche, Friis *et al.* (1997) n'ont pas observé de différences significatives dans les résultats des tests de génotoxicité chez les travailleurs exposés aux eaux usées par rapport aux témoins.

⁶¹Le facteur d'équivalence toxique (FET) (en anglais Toxic Equivalency Factor, TEF) est un facteur de pondération théorique utilisé pour calculer et exprimer la toxicité d'une famille de molécules chimiques en les comparant à une référence de base (la molécule la plus toxique connue dans la même famille).

10.3 Mortalité et morbidité par cancers

La revue de la littérature (cf. Tableau 36) montre que peu d'études de mortalité ou d'incidence des cancers ont été menées parmi la population des égoutiers telle qu'elle est définie dans le chapitre 3.2.1. La plupart des études concerne les travailleurs de STEU. Comme les égoutiers, ces travailleurs sont exposés aux eaux usées mais exécutent des tâches différentes, dans des conditions d'exposition différentes.

Dans ce paragraphe, les études épidémiologiques menées parmi les égoutiers sont décrites. Puis sont abordées celles menées parmi les travailleurs des STEU.

D'après les données disponibles, seules trois études sur la mortalité ou l'incidence des cancers ont été menées parmi les égoutiers. La première étude a été rapportée en 1979 par Dean (Dean 1979) dans les actes d'un congrès organisé par l'Agence américaine de protection de l'environnement. Cette étude a été menée par l'Université de Copenhague. Elle consiste à décrire la mortalité rétrospective d'une cohorte de 142 égoutiers de Copenhague comparativement à la population masculine de cette ville ayant des âges comparables. L'activité des égoutiers consistait à curer et entretenir les collecteurs, les regards, les grilles et les stations de pompage. Cette étude montre une surmortalité toutes causes deux fois plus importantes pour les sujets ayant travaillé plus de 8 ans dans les égouts comparativement à tous les hommes de Copenhague. En revanche, des taux de mortalité proches de ceux de la population de référence ont été retrouvés pour les égoutiers ayant travaillé moins de 8 ans dans les égouts. Parmi les causes de décès, seul le cancer du pancréas présente un excès de mortalité par rapport au nombre attendu, bien qu'un petit nombre de décès ait été observé (Observés=3 ; Attendus=0,4). Les facteurs de confusion, comme le tabac, n'ont pas été pris en compte.

Le second travail décrit la mortalité des égoutiers de la Ville de Paris. Le premier suivi des égoutiers embauchés entre 1970 et 1999 (INRS 2004 et Wild *et al.* 2006) montre un excès de mortalité pour les cancers des voies aéro-digestives supérieures (cavité buccale, pharynx, fosses nasales, sinus, larynx), les cancers de l'œsophage, les cancers primaires ou métastatiques du foie, et les cancers du poumon. Les excès de décès par cancers de l'œsophage et cancer du poumon augmentent légèrement avec la durée d'emploi.

Un nouveau suivi, au cours de la période 2000-2007, de la mortalité des égoutiers, vivants au 1^{er} janvier 2000 (INRS 2009) montre des excès de cancer pour les localisations suivantes : œsophage, poumon et rectum. Un excès statistiquement non significatif est observé pour le cancer primaire ou métastatique du foie.

Ces deux études sont détaillées dans le chapitre 9 précédent.

La troisième étude a analysé la mortalité et l'incidence des cancers d'une cohorte comprenant des égoutiers et des travailleurs de deux STEU de la Ville de Copenhague (Hansen *et al.* 2003). La période de suivi s'étend de 1965 à 1997. Comparativement à la population des travailleurs de la distribution d'eau de Copenhague et des travailleurs non qualifiés de Copenhague, la cohorte étudiée présente une surmortalité par cancers statistiquement non significative (45 décès ; RR=1,34 ; 0,95-1,89 et SMR=1,22 ; 0,89-1,63 ; respectivement). Il en est de même pour la survenue des cancers comparativement à la population des travailleurs de la distribution d'eau (RR=1,27 ; 0,97-1,67 ; 68 cas). Cette étude met en évidence un excès de cas de cancer du foie statistiquement significatif par rapport à la population des travailleurs de distribution d'eau de Copenhague (RR=8,90 ; IC95% 1,50-51,5 ; 4 cas) et par rapport à la population générale du Danemark (SIR=5,26 ; IC95% 1,43-13,5). Un excès de cas de cancer « trachée, bronches, poumon » statistiquement non significatif (RR=1,48 ; IC95% 0,46-4,74 ; 17 cas) est observé comparativement à la population des travailleurs de distribution d'eau de Copenhague et statistiquement significatif par rapport à la population générale du Danemark (SIR=2,03 ; IC95% 1,18-3,25).

Trois études ont analysé la mortalité ou l'incidence des cancers parmi les travailleurs des STEU.

Gartside *et al.* (1979) décrivent les résultats d'une étude de mortalité menée parmi les travailleurs de STEU de Chicago. La mortalité des travailleurs a été suivie de 1960 à 1979 et comparée à la population masculine de l'état de l'Illinois. Une surmortalité statistiquement non significative a été

observée pour tous cancers (PMR=1,15 ; p=0,20 ; 90 décès). Cette étude ne met pas en évidence de relation entre la mortalité tous cancers et la durée d'emploi, les secteurs d'activité et les catégories d'emploi. Excepté pour le cancer du pancréas, les résultats par localisation de cancer ne sont pas connus. Une mise à jour de la mortalité de cette population, comprenant 3175 hommes blancs, a été rapportée par Betemps *et al.* (1994). La période de suivi de la mortalité a été étendue jusqu'en 1986 et la mortalité de la cohorte a été comparée à celle de la population générale d'hommes blancs, des Etats-Unis. La mortalité observée dans la cohorte est proche de celle attendue pour l'ensemble des cancers, quelle que soit leur localisation (PMR=1 ; 0,89-1,12 ; 218 décès). Des excès statistiquement non significatifs ont été observés pour les cancers de l'œsophage (PMR=1,58 ; 0,80-3,13 ; 8 décès), de l'estomac (PMR=1,47 ; 0,89-2,42 ; 15 décès) et de la prostate (PMR=1,30 ; 0,87-1,94 ; 23 décès). Un excès statistiquement significatif a été mis en évidence pour les « tumeurs bénignes ⁶² » regroupés (PMR=2,51 ; 1,16-5,42 ; 6 décès).

Lafleur *et al.* (1991) ont réalisé une étude de la mortalité historique d'une cohorte de 487 hommes blancs employés dans une STEU, située à Buffalo aux Etats-Unis. La mortalité de cette cohorte a été comparée à celle de la population générale d'hommes blancs des Etats-Unis. Les sujets de la cohorte ont été répartis en deux groupes d'exposition basés sur les intitulés d'emploi. Le premier groupe comprenait les travailleurs ayant été exposés aux eaux usées et aux boues (n=402). Le second groupe rassemblait les travailleurs n'ayant jamais été exposés (n=85). Parmi les exposés, les excès de décès par cancer du larynx (SMR=7,93 ; 1,59-23,2 ; 3 décès) et cancer du foie (SMR=5,49 ; 1,10-16,1 ; 3 décès) sont statistiquement significatifs. Un excès non significatif est rapporté pour le cancer de l'estomac (SMR=1,95 ; 0,39-5,68 ; 3 décès) et le cancer du colon (SMR=1,71 ; 0,46-4,39 ; 4 décès). Ces résultats ne sont pas observés dans le groupe des non exposés. Une analyse de l'histoire professionnelle des 3 cas de cancer du larynx montre que l'exposition aux eaux usées d'un des cas est plus élevée alors que celle des 2 autres cas est intermittente avec présence de solvants et de détergents. La durée moyenne d'exposition aux eaux usées de ces 3 cas est de 13 ans et la latence moyenne (délai entre le début de l'exposition et la date de décès) est de 26 ans. Ces éléments ont amené les auteurs à évoquer une relation possible avec les expositions professionnelles rencontrées. Il n'en est pas de même pour les cancers du foie. En effet, les 3 cas observés apparaissent dans la population moins exposée et aucun cas dans la population la plus exposée.

Friis *et al.* (1993) ont étudié la mortalité et l'incidence des cancers parmi une cohorte de 656 hommes travaillant dans les STEU de 17 villes de Suède au cours de la période 1965-1986. La mortalité des travailleurs et l'incidence des cancers ont été étudiées de 1965 à 1987 et ont été comparées à la population générale de Suède. Quatre groupes d'emploi (de la plus faible à la plus forte intensité) ont été définis en fonction de l'exposition des travailleurs aux eaux usées et d'une impression générale de malpropreté de l'environnement de travail : travail de laboratoire, travail à l'usine de traitement des eaux, nettoyage à grandes eaux des canalisations et travail à la station de pompage des eaux usées. Globalement, une sous-mortalité toutes causes de décès statistiquement significative a été mise en évidence (SMR=0,75 ; 0,58-0,97 ; 62 décès). En revanche, un excès de décès par cancer non significatif a été observé (SMR=1,08 ; 0,68-1,67 ; 21 décès). Une sur-incidence non significative a été observée pour le cancer du rein (SIR=1,68 ; 0,35-4,90 ; 3 cas) mais aucune relation n'a été mise en évidence avec la durée d'emploi. En revanche, une tendance positive, à la limite de la signification statistique (OR⁶³=2,60 ; 1,00-6,80) a été mise en évidence entre l'incidence du cancer du rein et l'exposition professionnelle définie sous la forme d'un indice (somme de la durée d'emploi pondérée selon le groupe d'emploi). Un excès de cas incidents de cancer de l'estomac (SIR=2,73 ; 1,00-5,94 ; 6 cas) a été mis en évidence mais aucune relation avec les variables d'exposition n'a été retrouvée. Une étude complémentaire, portant sur 289 sujets (151 travailleurs des eaux usées et 138 travailleurs municipaux), n'a pas

⁶² Terme employé dans l'étude. Détail des causes non précisé

⁶³ Définir SIR ET OR

permis d'expliquer cet excès de cancers de l'estomac par une infection par *Helicobacter pylori* (Friis 2001).

Une mise à jour des cas incidents de cancer a été réalisée sur cette même cohorte suédoise au cours de la période 1965-1994 (Friis, Mikoczy, *et al.* 1999). Un excès d'incidence, à la limite de la signification statistique, a été retrouvé pour le cancer de la prostate (SIR=1,6 ; 1,0-2,5 ; 21 cas) et un excès non significatif pour le cancer de l'estomac (SIR=2,3 ; 0,99-4,5 ; 8 cas). Aucune relation exposition-effet n'a été mise en évidence pour le groupe des cancers, quelle que soit la localisation.

Une mise à jour de la mortalité de cette même cohorte suédoise a été réalisée par Friis *et al.* (2001). La période de suivi s'étend de 1965 à 1995. Comme dans la première étude (Friis *et al.* 1993), une sous-mortalité statistiquement significative a été retrouvée pour toutes causes de décès (SMR=0,80 ; 0,67-0,95). Les auteurs expliquent que l'analyse par cause ne montre pas d'excès de décès significatifs (données non présentées dans l'article).

Synthèse par localisation de cancer

Au total, six études ont décrit la mortalité et/ou l'incidence des cancers parmi les travailleurs en contact avec les eaux usées : 2 études parmi les égoutiers (Dean 1979 ; INRS 2004 et Wild *et al.* 2006) et 3 études parmi les travailleurs de STEU (Gartside *et al.* 1979; Lafleur *et al.* 1991; Friis *et al.* 1993) et 1 étude parmi les deux populations (Hansen *et al.* 2003). Certaines études ont fait l'objet d'une actualisation de leur période de suivi en mortalité ou en incidence (INRS 2009; Betemps *et al.* 1994; Friis, Mikoczy, *et al.* 1999).

Cancer toutes localisations : Un excès de mortalité tous cancers a été observé dans cinq études (INRS 2004 et Wild *et al.* 2006 ; Hansen *et al.* 2003 Gartside *et al.* 1979; Lafleur *et al.* 1991; Friis *et al.* 1993). Cet excès est statistiquement significatif pour l'étude menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris avec pour période de suivi 1970-1999 (SMR=1,37 ; 1,20-1,56 ; 235 décès) (INRS 2004). Il est confirmé lors du deuxième suivi de la mortalité 2000-2007 (SMR=1,82 ; 1,51-2,19 ; 112 décès) (INRS 2009). Un excès de décès et un excès de cas incidents ont été observés parmi les égoutiers et travailleurs de STEU de Copenhague. Ces excès statistiquement non significatifs lors de la comparaison à la population des travailleurs de la distribution d'eau apparaissent statistiquement significatifs lors de la comparaison à la population masculine danoise. Une incidence proche de la population de référence a été obtenue parmi les travailleurs de STEU en Suède (SIR⁶⁴=1,02 ; 0,72-1,38 ; 37 cas) (Friis *et al.* 1993). Cependant, la prolongation de la période de suivi a mis en évidence un excès de cas de cancers mais qui reste statistiquement non significatif (SIR=1,20 ; 0,92-1,50 ; 77 cas) (Friis, Mikoczy, *et al.* 1999).

Cancer de l'œsophage : Quatre études rapportent des résultats concernant le cancer de l'œsophage (INRS 2004; Betemps *et al.* 1994 ; Lafleur *et al.* 1991; Friis, Mikoczy, *et al.* 1999). Parmi celles-ci, trois études montrent un excès de décès ou de maladie. Seule l'étude menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris présente un excès statistiquement significatif (SMR=1,97 ; 1,24-2,99 ; 22 décès) (INRS 2004) qui se retrouve lors de la deuxième période de suivi de la mortalité (SMR=4,79 ; 2,19-9,09 ; 9 décès) (INRS 2009). Cependant, aucune de ces études ne tient compte des facteurs de confusion potentiels.

Cancer de l'estomac : Un excès de décès ou de maladie a été rapporté dans quatre études (INRS 2009 ; Betemps *et al.* 1994 ; Lafleur *et al.* 1991 ; Friis *et al.* 1993). Plusieurs études ont été réalisées en population générale. Ainsi, dans l'analyse de données issues du registre suédois « Cancer-Environnement », un risque accru de cancer de l'estomac a été retrouvé pour les « industries de l'eau⁶⁵ » (SIR=1,7 ; p<0,01 ; 32 cas) et les « activités de nettoyage public⁶⁶ »

⁶⁴ SIR (standardized incidence ratio) : Ratio standardize d'incidence (cf. Annexe 8)

⁶⁵ Traduction de « waterworks » (5-Municipal services/50-Electrical, gas and waterwork/503-Waterworks)

(SIR=1.4 ; $p < 0,01$; 81 cas) (Chow *et al.* 1994). Une étude cas-témoins en population générale a été menée sur les risques de cancers de l'estomac à partir des certificats de décès dans 24 états des Etats-Unis. Un excès statistiquement significatif est retrouvé pour l'activité « approvisionnement en eau et irrigation⁶⁷ » (OR=5,6 ; IC95% 1,6-19,9 ; 5 cas)¹². Pour ces 2 dernières études, il n'est pas précisé si ces activités concernent les travailleurs des eaux usées.

Cancer du rectum : L'étude de mortalité menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris montre, au cours de la période de suivi 2000-2007, un excès statistiquement significatif (INRS 2009). Ce qui n'était pas le cas pour la première étude réalisée sur cette même population avec la période de suivi 1970-1999 (Wild *et al.* 2006) et pour les deux autres études menées aux USA (Lafleur *et al.* 1991) et en Suède (Friis, Mikoczy, *et al.* 1999). A noter que les cas de décès ou de maladies observés dans ces études sont peu nombreux.

Cancer du foie : L'excès de décès statistiquement significatif rapporté parmi les égoutiers de la Ville de Paris au cours de la période de suivi 1970-1999 (SMR=1,85 ; 1,06-3,00 ; 16 décès) (Wild *et al.* 2006) s'observe également dans l'étude menée parmi le personnel de STEU aux USA au cours de la période 1950-1979 (SMR=5,49 ; 1,10-16,05 ; 3 décès) (Lafleur *et al.* 1991) ainsi que dans une étude menée parmi le personnel égoutiers et le personnel de STEU au Danemark au cours de la période 1965-1997 (RR=8,90 ; 1,50-51,5 ; 4 cas) (Hansen *et al.* 2003). En revanche, lors du suivi 2000-2007 de la population des égoutiers de la Ville de Paris, un excès de décès non statistiquement significatif est observé (SMR=1,51 ; 0,56-3,29 ; 6 décès) (INRS 2009). Il est à noter que les analyses réalisées dans ces études ne prennent pas en compte les facteurs de confusion potentiels. Plusieurs études cas-témoins ont été réalisées en population générale pour évaluer l'association entre le cancer du foie et différents métiers (Stemhagen *et al.* 1983; Austin *et al.* 1987 ; Suarez *et al.* 1989; Døssing *et al.* 1997; Porru *et al.* 2001 ; Ferrand *et al.* 2008). Aucune ne fait mention d'un risque associé à des emplois en contact avec les eaux usées.

Cancer du pancréas : Ce cancer a été recherché dans toutes les études répertoriées. Cependant, aucune ne met en évidence d'excès de décès ou de maladie statistiquement significatif. La plupart de ces études recensent un faible nombre de cas de décès ou de malades.

Cancer du larynx : Seule l'étude menée aux USA parmi les travailleurs de STEU montre un excès statistiquement significatif de cancer du larynx, résultat basé sur un petit effectif (SMR=7,93 ; 1,59-23,16 ; 3 décès) (Lafleur *et al.* 1991). D'après les auteurs, cet excès pourrait être attribuable à une exposition professionnelle.

Cancer « trachée, bronches, poumon » : L'excès retrouvé dans l'étude menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris (périodes de suivi en mortalité 1970-1999 (Wild *et al.* 2006, INRS 2004) et 2000-2007 (INRS 2009)) n'est observé que dans l'étude menée parmi les égoutiers et les travailleurs de STEU de Copenhague. Parmi les autres travaux menés chez les personnels de STEU, l'étude menée sur les cas incidents de cancer en Suède rapporte même une sous-mortalité statistiquement non significative (SIR=0,70 ; 0,15-2,05 ; 3 cas) (Friis *et al.* 1993). Cependant, le prolongement de la période de suivi des cas de cancer montre une mortalité proche de celle de la population de référence (SIR=0,99 ; 0,40-2,00 ; 7 cas) (Friis, Mikoczy, *et al.* 1999). Les auteurs expliquent cette sous-mortalité par l'utilisation, dans les analyses, d'une population de référence présentant des taux d'incidence de cancer du poumon différents de ceux observés dans la population dont sont issus les travailleurs STEU étudiés. Il est à noter que les résultats obtenus pour l'ensemble des études ne tiennent pas compte de la consommation de tabac.

Cancer de la plèvre : Seule l'étude menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris rapporte des décès par cancer de la plèvre (Wild *et al.* 2006).

⁶⁶Traduction de « Public cleaning works » (5-Municipal services/50-Electrical, gas and waterwork/504-Public cleaning work)

⁶⁷ Traduction de « water supply and irrigation »

Cancer de la prostate : Trois études décrivant la mortalité par cancer de la prostate montrent un excès de décès statistiquement non significatif (Betemps *et al.* 1994, Wild *et al.* 2006, INRS 2009). Cet excès se retrouve à la limite de la signification statistique lors de l'étude des cas incidents en Suède parmi les travailleurs de STEU (SIR=1,60 ; 1,00-2,50 ; 21 cas) (Friis, Mikoczy, *et al.* 1999).

En résumé :

Deux études épidémiologiques ont été menées auprès d'égoutiers concernant la mortalité par cancer, à Copenhague de 1965 à 1997 (Dean 1979, Hansen *et al.* 2003) et à Paris de 1970 à 2007 (INRS 2004, Wild *et al.* 2006 et INRS 2009). Ces deux études de cohorte ont montré une surmortalité chez les égoutiers par rapport à la population de référence retenue, en général et pour certains cancers, notamment lorsque la durée cumulée (durée d'exposition) de travail dans les égouts augmente : cancers toutes localisations (Copenhague, Paris), du poumon (Paris, Copenhague), des voies aérodigestives supérieures (Paris), de l'oesophage (Paris), du rectum (Paris), du foie (Paris, Copenhague). Trois études épidémiologiques concernent la mortalité ou la morbidité par cancers chez les travailleurs de STEU à Chicago, de 1960 à 1986 (Gartside *et al.* 1979 et Betemps *et al.* 1994), à Buffalo, de 1950 à 1979 (Lafleur *et al.* 1991) et en Suède, de 1965 à 1994 (Friis *et al.* 1993 et 1999 et Friis 2001). Ces études de cohorte n'ont pas montré de surmortalité par cancer, sauf pour les tumeurs bénignes (Chicago), les cancers du larynx et du foie (Buffalo) et les cancers de l'estomac et de la prostate (Suède). Dans aucune de ces études, les facteurs de confusion, tels que le tabagisme, n'ont été pris en compte.

10.4 Mortalité par autres causes

Certaines études épidémiologiques mentionnées dans le paragraphe « Mortalité et morbidité par cancers » décrivent également la mortalité de travailleurs par maladies non malignes et par causes externes (*cf.* tableaux 36 et 37). C'est le cas de l'étude menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris (Wild *et al.* 2006 et INRS 2009), de celle menée parmi les égoutiers et les travailleurs de STEU de Copenhague (Danemark) (Hansen *et al.* 2003) et des trois études menées parmi les travailleurs de STEU de Buffalo (USA) (Lafleur *et al.* 1991), de Chicago (USA) (Gartside *et al.* 1979; Betemps *et al.* 1994) et de Suède (Friis *et al.* 1993). Dans ces études, les causes de décès ont été rassemblées par chapitre de causes selon la classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (CIM)⁶⁸.

En ce qui concerne les **maladies de l'appareil circulatoire**, la plupart des études ne montre pas d'excès de mortalité statistiquement significatif. Une sous-mortalité statistiquement significative a été mise en évidence dans l'étude menée parmi les travailleurs de STEU de Suède (SMR=0,61 ; IC95% 0,39-0,91 ; 24 cas) (Friis *et al.* 1993). En revanche, un excès de décès a été observé dans une actualisation de l'étude menée parmi les travailleurs de STEU de Chicago (USA)⁶. Cependant, cet excès concerne plus spécifiquement une maladie coronarienne nommée en anglais « Arteriosclerotic heart disease » (SMR=1,15 ; 1,07-1,23 ; 454 cas).

Aucun excès de mortalité par **maladies de l'appareil respiratoire** n'a été mis en évidence parmi les égoutiers de la Ville de Paris (Wild *et al.* 2006, INRS 2009) ni parmi les travailleurs de STEU de Chicago (Gartside *et al.* 1979; Betemps *et al.* 1994) et de Buffalo (Lafleur *et al.* 1991).

⁶⁸ La classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (CIM) est une classification médicale codifiée classifiant les maladies et une très vaste variété de signes, symptômes, lésions traumatiques, empoisonnements, circonstances sociales et causes externes de blessures ou de maladies. Elle est publiée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et est découpée différents chapitres.

La mortalité par **maladies de l'appareil digestif** a été étudiée parmi les égoutiers de la Ville de Paris (Wild *et al.* 2006, INRS 2009) et les travailleurs des STEU de Chicago (Betemps *et al.* 1994) et de Buffalo (Lafleur *et al.* 1991). Seules les études réalisées à Paris montrent un excès de décès statistiquement significatif et plus particulièrement pour les **maladies du foie** (Wild *et al.* 2006, INRS 2009).

Deux études menées à Paris (Wild *et al.* 2006) et à Buffalo (Lafleur *et al.* 1991) rapportent des résultats concernant les **maladies infectieuses**. Seule l'étude initiale de mortalité menée à Paris (Wild *et al.* 2006) rapporte un excès de décès statistiquement significatif. Cet excès n'est plus significatif pour l'actualisation de l'étude menée à Paris (INRS 2009).

Un excès de décès par **morts violentes**⁶⁹ est mis en évidence parmi les égoutiers de la Ville de Paris (Wild *et al.* 2006). Il devient statistiquement significatif dans le cas de l'actualisation de cette étude (SMR=2,38 ; 1,33-3,92 ; 15 cas) (INRS 2009). Cet excès est principalement dû aux décès par suicide. Les décès par mort violente sont également en excès dans l'étude menée à Copenhague (Hansen *et al.* 2003). Cet excès est statistiquement significatif lors de la comparaison à la population masculine danoise (SMR = 2,03 ; 1,18-3,25 ; 17 décès). Aucun détail sur les causes regroupées dans ce chapitre n'est fourni par les auteurs. Dans l'étude menée à Chicago, une sous-mortalité statistiquement significative est observée parmi les travailleurs de STEU (SMR=0,74 ; 0,57-0,97 ; 45 cas) (Betemps *et al.* 1994).

⁶⁹ Accidents, suicides

Tableau 36 : Principaux résultats rapportés par les études de mortalité et d'incidence des cancers

Code CIM	Révision CIM	Obs	Att	RR†	IC 95%	Travailleurs	Localisation	Effet	Suivi	Population référence	Références bibliographiques
Tous cancers											
140-209	8	235	171,07	1,37	1,20 - 1,56	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	<i>INRS 2004, Wild et al. 2006</i>
140-208	9										
C00-C97	10	112	61,49	1,82	1,51 - 2,19	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	<i>INRS 2009‡</i>
140-205	7	45	-	1,34	0,95 - 1,89	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Travailleurs Distribution Eau, Copenhague	<i>Hansen et al., 2003</i>
140-205	7	45	-	1,60	1,17 - 2,14	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Danemark	<i>Hansen et al., 2003</i>
140-205	7	45	-	1,22	0,89 - 1,63	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Travailleurs non qualifiés, Copenhague	<i>Hansen et al., 2003</i>
140-205	7	68	-	1,27	0,97 - 1,67	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Maladie	1965-1997	Travailleurs Distribution Eau, Copenhague	<i>Hansen et al., 2003</i>
140-205	7	68	-	1,50	1,17 - 1,90	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Maladie	1965-1997	Danemark	<i>Hansen et al., 2003</i>
140-209	8	90	78,10	1,15	NS	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1979	Illinois	<i>Gartside et al., 1979</i>
NP	8	218	217,92	1,00	0,89 - 1,12	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	<i>Betemps et al., 1994‡‡</i>
140-209	8	29	24,40	1,19	0,79 - 1,70	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	<i>Lafleur et al., 1991</i>
140-209	8	21	19,40	1,08	0,68 - 1,67	STEU	17 villes, Suède	Décès	1965-1987	Suède exc. 3 villes	<i>Friis et al., 1993</i>
140-209	7	37	36,10	1,02	0,72 - 1,38	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1987	Suède exc. 3 villes	<i>Friis et al., 1993</i>
140-209	7	77	66,00	1,20	0,92 - 1,50	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède exc. 3 villes	<i>Friis et al., 1999‡‡</i>
Cancer voies aérodigestives supérieures											
140-149, 160.0, 160.2-160.9, 161	8, 9	43	29,99	1,43	1,04 - 1,93	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	<i>Wild et al., 2006</i>
NP	10	4	3,51	1,14	0,31 - 2,92	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	<i>INRS 2009‡</i>
Cancer œsophage											
150	8, 9	22	11,15	1,97	1,24 - 2,99	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	<i>Wild et al., 2006</i>
C150-C159	10	9	1,88	4,79	2,19 - 9,09	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	<i>INRS 2009‡</i>
NP	8	8	5,07	1,58	0,80 - 3,13	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	<i>Betemps et al., 1994‡</i>
150	8	0	0,60	-	- - -	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	<i>Lafleur et al., 1991</i>
150	7	2	0,86	2,30	0,28 - 8,40	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède	<i>Friis et al., 1999‡</i>

CIM Classification internationale des maladies

† RR : PMR, SMR, SIR selon les études

‡ Actualisation de la période de suivi

NP : Non précisé

NS : Non Significatif

STEU Station d'épuration des eaux usées

Code CIM	Révision CIM	Obs	Att	RR†	IC 95%	Travailleurs	Localisation	Effet	Suivi	Population référence	Références bibliographiques
Cancer estomac											
151	8, 9	5	6,80	0,74	0,24 - 1,72	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C160-C169	10	3	2,39	1,25	0,26 - 3,67	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
NP	8	15	10,21	1,47	0,89 - 2,42	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
151	8	3	1,50	1,95	0,39 - 5,68	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
151	7	6	2,20	2,73	1,00 - 5,94	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1987	Suède	Friis et al., 1993
151	7	8	3,50	2,30	0,99 - 4,50	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède	Friis et al., 1999‡
Cancer rectum, anus											
154	8, 9	2	3,23	0,62	0,07 - 2,24	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C19-C218	10	5	1,36	3,67	1,19 - 8,57	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
154	8	1	0,90	1,12	0,01 - 6,22	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
154	7	4	3,20	1,30	0,34 - 3,20	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède	Friis et al., 1999‡
Cancer foie											
155	8, 9	16	8,65	1,85	1,06 - 3,00	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C22	10	6	3,96	1,51	0,56 - 3,29	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
155, 156	8	3	0,60	5,49	1,10 - 16,05	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
155	7	4	-	8,90	1,50 - 51,50	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Maladie	1965-1997	Travailleurs Distribution Eau, Copenhague	Hansen et al., 2003
155	7	4	-	5,26	1,43 - 13,48	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Maladie	1965-1997	Danemark	Hansen et al., 2003
Cancer pancréas											
NP	NP	3	0,40	-	- - -	Egoutiers	Copenhague, Danemark	Décès	1957-1973	Copenhague	Dean, 1979
157	8, 9	7	5,69	1,23	0,49 - 2,53	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C25	10	4	2,74	1,46	0,40 - 3,73	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
NP	8	6	4,40	1,36	NS	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1979	Illinois	Gartside et al., 1979
NP	8	10	12,04	0,83	0,45 - 1,54	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
157	8	1	1,40	0,71	0,01 - 3,98	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
157	7	4	2,10	1,90	0,51 - 4,80	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède	Friis et al., 1999‡

CIM Classification internationale des maladies

† RR : PMR, SMR, SIR selon les études

‡ Actualisation de la période de suivi

NP : Non précisé

NS : Non Significatif

STEU Station d'épuration des eaux usées

Code CIM	Révision CIM	Obs	Att	RR†	IC 95%	Travailleurs	Localisation	Effet	Suivi	Population référence	Références bibliographiques
Cancer larynx											
161	8, 9	10	9,28	1,08	0,52 - 1,98	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C32	10	1	1,02	0,98	0,02 - 5,45	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
161	8	3	0,40	7,93	1,59 - 23,16	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
Cancer trachée, bronches, poumon											
162	8, 9	68	46,27	1,47	1,14 - 1,86	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C33-C349	10	34	16,76	2,03	1,45 - 2,84	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
NP	8	74	72,26	1,02	0,82 - 1,27	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
NP	8	8	7,30	1,10	0,47 - 2,16	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
162.0-162.1	7	17	-	1,48	0,46 - 4,74	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Maladie	1965-1997	Travailleurs Distribution Eau, Copenhague	Hansen et al., 2003
162.0-162.1	7	17	-	2,03	1,18 - 3,25	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Maladie	1965-1997	Danemark	Hansen et al., 2003
162.0-162.2	7	3	4,27	0,70	0,15 - 2,05	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1987	Suède	Friis et al., 1993
162.0-162.1	7	7	7,10	0,99	0,40 - 2,00	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède	Friis et al., 1999‡
Cancer plèvre											
163	8, 9	3	1,68	1,79	0,36 - 5,22	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C38.4, C45.0	10	0	0,68	-	- -	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
Cancer prostate											
185	8, 9	9	7,34	1,23	0,56 - 2,33	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
C61	10	7	5,28	1,32	0,53 - 2,73	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
NP	8	23	17,73	1,30	0,87 - 1,94	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
177	7	21	13,00	1,60	1,00 - 2,50	STEU	17 villes, Suède	Maladie	1965-1994	Suède	Friis et al., 1999‡

CIM Classification internationale des maladies

† RR : PMR, SMR, SIR selon les études

‡ Actualisation de la période de suivi

NP : Non précisé

NS : Non Significatif

STEU Station d'épuration des eaux usées

Tableau 37 : Principaux résultats rapportés par les études de mortalité pour les maladies non malignes et les morts violentes

Code CIM	Révision CIM	Obs	Att	RR†	IC 95%	Travailleurs	Localisation	Effet	Suivi	Population référence	Références bibliographiques
Maladies de l'appareil circulatoire											
390-459	9	105	97,25	1,08	0,88 - 1,31	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006

100-199	10	46	40,38	1,14	0,85	-	1,52	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
330-334, 400-468	7	48	-	1,06	0,76	-	1,47	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Travailleurs Distribution Eau, Copenhague	Hansen et al., 2003
330-334, 400-468	7	48	-	0,94	0,70	-	1,23	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Travailleurs non qualifiés, Copenhague	Hansen et al., 2003
330-334, 400-468	7	48	-	0,98	0,72	-	1,30	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Danemark	Hansen et al., 2003
390-458	8	70	72,30	0,97	0,75	-	1,22	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
390-448	8	227	238,60	0,95		NS		STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1979	Illinois	Gartside et al., 1979
NP	8	454	396,49	1,15	1,07	-	1,23	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
390-458	8	24	39,60	0,61	0,39	-	0,91	STEU	17 villes, Suède	Décès	1965-1987	Suède	Friis et al., 1993

Maladies de l'appareil respiratoire

460-519	9	20	20,51	0,98	0,60	-	1,51	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
J00-J98.9	10	14	10,06	1,39	0,76	-	2,34	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
470-493	8	16	19,50	0,82		NS		STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1979	Illinois	Gartside et al., 1979
NP	8	59	72,66	0,81	0,64	-	1,04	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
460-519	8	10	8,00	1,25	0,60	-	2,30	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991

Maladies de l'appareil digestif

520-579	9	48	34,01	1,41	1,04	-	1,87	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
K00-K92.9	10	19	7,68	2,47	1,49	-	3,86	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
NP	8	50	43,27	1,16	0,88	-	1,51	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
520-577	8	4	5,50	0,73	0,20	-	1,87	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991

Maladie du foie

571	9	38	22,97	1,65	1,17	-	2,27	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
K70-K74	10	9	3,91	2,30	1,05	-	4,37	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
571	8	2	2,50	0,81	0,09	-	2,94	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991

CIM Classification internationale des maladies

† RR : PMR, SMR, SIR selon les études

‡ Actualisation de la période de suivi

NP : Non Précisé

NS : Non Significatif

STEU Station d'épuration des eaux usées

Code CIM	Révision CIM	Obs	Att	RR†	IC 95%	Travailleurs	Localisation	Effet	Suivi	Population référence	Références bibliographiques
Maladies infectieuses											
001-139	9	25	13,41	1,86	1,21 - 2,75	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006

A00-B99	10	5	3,87	1,29	0,42	-	3,02	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
001-139	8	2	1,50	1,36	0,15	-	4,93	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991
Morts violentes													
800-999	9	34	26,52	1,28	0,89	-	1,79	Egoutiers	Paris, France	Décès	1970-1999	Département 93	Wild et al., 2006
V01-Y89	10	15	6,32	2,38	1,33	-	3,92	Egoutiers	Paris, France	Décès	2000-2007	Département 93	INRS 2009‡
800-999	7	17	-	1,44	0,80	-	2,58	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Travailleurs Distribution Eau, Copenhague	Hansen et al., 2003
800-999	7	17	-	1,33	0,77	-	2,13	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Travailleurs non qualifiés, Copenhague	Hansen et al., 2003
800-999	7	17	-	2,03	1,18	-	3,25	Egoutiers, STEU	Copenhague, Danemark	Décès	1965-1997	Danemark	Hansen et al., 2003
800-949	8	9	13,90	0,65		NS		STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1979	Illinois	Gartside et al., 1979
NP	8	45	60,82	0,74	0,57	-	0,97	STEU	Grand Chicago, USA	Décès	1960-1986	USA	Betemps et al., 1994‡
800-998	8	4	7,40	0,54	0,15	-	1,39	STEU	Buffalo, USA	Décès	1950-1979	USA	Lafleur et al., 1991

CIM Classification internationale des maladies

† RR : PMR, SMR, SIR selon les études

‡ Actualisation de la période de suivi

NP : Non Précisé

NS : Non Significatif

STEU Station d'épuration des eaux usées

En résumé :

Les études de mortalité menées auprès des égoutiers et des personnels de STEU ont également concerné la mortalité par maladies non malignes.

Ces études de cohorte ont montré une surmortalité par maladies de l'appareil circulatoire (Chicago), maladie de l'appareil digestif (Paris), maladie du foie (Paris) et par mort violente (Paris, Copenhague). Une sous-mortalité par maladies de l'appareil circulatoire est observée en Suède et par mort violente à Chicago.

10.5 Morbidité et mortalité des maladies infectieuses et des endotoxines

Ce paragraphe concerne les agents biologiques ayant infecté les égoutiers et plus généralement les travailleurs au contact des eaux usées pour lesquels des études épidémiologiques ou des rapports de cas ont été publiés.

.Ainsi, cette partie ne traite pas de tous les agents biologiques retrouvés dans les eaux usées. Le VIH et l'agent de la tuberculose sont traités exceptionnellement en raison des craintes qu'ils ont suscitées au fil des années. La symptomatologie, la dose infectieuse, la chronicité, la létalité et la prévalence/incidence sont rappelées en Annexe 17.

Les travailleurs en contact avec les eaux usées peuvent être contaminés :

- par voie cutané-muqueuse *via* des éclaboussures d'eau usée sur une surface de peau non protégée, la muqueuse buccale ou oculaire ;
- par voie respiratoire (inhalation de bioaérosolset de gouttelettes) ;
- par voie orale (portage à la bouche d'objets ou doigts contaminés, déglutition de salive contaminée par des bioaérosols).

10.5.1 Maladies virales

10.5.1.1 Hépatite A

Le virus de l'hépatite A (VHA) est stable durant de longues périodes dans l'environnement, et notamment dans les eaux usées (INRS 2015).

La maladie est généralement symptomatique chez les adultes (Cf. Annexe 17). Des concentrations allant jusqu'à 10^8 à 10^{10} particules virales peuvent se retrouver dans un gramme de selles (Afssa 2007). L'excrétion est possible durant une période allant jusqu'à 3 semaines. L'évolution naturelle de la maladie amène généralement une résolution complète des symptômes. Il n'y a en général aucune chronicité de l'infection. Le VHA n'est pas cancérigène.

Plusieurs études ont abordé la problématique du VHA contracté de façon professionnelle chez des travailleurs exposés aux eaux usées, particulièrement dans les 20 dernières années. Elles sont arrivées à des résultats souvent contradictoires.

Glas *et al.* (2001) a effectué une revue de plusieurs études provenant de différents pays. Il a considéré :

- une étude historique (Lerman *et al.* 1999) ;
- une étude descriptive (Ross *et al.* 1998) ;
- et 15 études transversales (Brugha *et al.* 1998; Cadilhac *et al.* 1996; Benbrik *et al.* 2000; Levin *et al.* 2000; Trout *et al.* 2000; Weldon *et al.* 2000; De Serres *et al.* 1995;

Schlosser *et al.* 1995; Heng *et al.* 1994; Skinhoj *et al.* 1981; Khuder *et al.* 1998; Levery *et al.* 1996; Frolich *et al.* 1993; Poole *et al.* 1993; Chriske *et al.* 1990).

Il conclut que :

- les études utilisant uniquement des données cliniques (antécédents subjectifs d'hépatite, présence d'ictère (via un questionnaire), diagnostic médical posé) n'ont pas montré d'association entre le travail avec exposition aux eaux usées et l'hépatite A en comparaison avec les groupes contrôles non exposés aux eaux usées dans leur travail.
- les 14 études de séroprévalence amènent beaucoup plus de controverses, compte tenu de leurs différences (les OR varient de 0,8 à 4,5; certains sont statistiquement significatifs⁷⁰). Les problèmes de comparabilité des études peuvent expliquer les différences, sans permettre de connaître la tendance réelle.
- Ces études de séroprévalence ne permettent pas de savoir si les anti VHA sanguins étaient présents avant le début de l'emploi.

Les relations dose-réponse ont rarement été examinées. Toutefois, dans une étude transversale (Brugha *et al.* 1998), une relation dose-réponse⁷¹ statistiquement significative a été constatée et les OR augmentaient avec la l'importance de l'exposition du travailleur : de 1 à 3,73.

Quatre nouvelles études transversales sur le VHA et les travailleurs en contact avec les eaux usées (Bonanni *et al.* 2000; Venczel *et al.* 2003; Arvanitidou *et al.* 2004; Divizia *et al.* 2008) confirment les conclusions de Glas *et al.* (2001)⁷².

Malgré l'absence d'unanimité sur le risque d'acquisition, plusieurs pays recommandent la vaccination préventive des travailleurs en contact fréquent avec les eaux usées contre le VHA.

10.5.1.2 Hépatite B

Le virus de l'hépatite B (VHB) est un virus très résistant qui survit jusqu'à des températures de -20°C . De plus, il survit au moins une semaine dans du sang séché sur une surface, à la température de la pièce (Bond *et al.* 1981; INRS 2015).

Le VHB se retrouve surtout dans le sang et les sécrétions génitales d'une personne infectée. Il ne se retrouve pas dans les selles d'une personne infectée, à moins qu'il n'y ait rectorragie.

Dans les égouts, la transmission pourrait se faire lors de contacts percutanés (piqûre, coupure, blessure) avec un objet contaminé par du sang infecté et ce, même si cet objet a séjourné durant quelques jours ou sur des surfaces (INRS 2015).

Les personnes restant infectées de façon chronique par leVHB après une infection asymptomatique (sans ictère) peuvent demeurer asymptomatiques durant plusieurs années, rendant la réalisation d'un diagnostic précoce peu aisée.

⁷⁰Trois études de séroprévalence ont un OR augmenté de façon statistiquement significative et ≥ 3 ; 7 études ont un $\text{OR} > 1$, mais non statistiquement significatif et une seule étude a un $\text{OR} < 1$ et statistiquement significatif.

⁷¹Par relation dose réponse les auteurs avaient estimé et catégorisé à 3 niveaux, par questionnaire, le temps passé dans les égouts et en contact avec des eaux usées.

⁷²En effet, ces quatre études de séroprévalence reprennent les tendances notées précédemment par Glas : deux ont des OR statistiquement significatifs (1,6 et 3,5), les deux autres ont des OR supérieurs à un.

Le VHB est responsable de 80% des cancers primaires du foie (carcinome hépatique) (APHA 2008b). L'incidence annuelle de cancer primaire hépatique chez les porteurs chroniques de l'infection au VHB est de 0,5 à 2% (Villeneuve *et al.* 2012). Le cancer survient plus fréquemment et plus rapidement en cas de consommation de plus de 60 g d'alcool par jour (Castel *et al.* 2012).

Au moins cinq études épidémiologiques ont recherché l'existence d'un lien entre le travail au contact des eaux usées et l'infection par le VHB (Skinhoj *et al.* 1981; Corrao *et al.* 1985 et Chriske *et al.* 1990; Arvanitidou *et al.* 1998 et 2004).

Une prévalence plus élevée des marqueurs sérologiques du VHB, indiquant une infection présente ou passée, est mise en évidence dans les quatre études les plus récentes, alors que celle de Skinhoj n'indique pas de différence.

Cependant les études d'Arvanitidou *et al.* (1998 et 2004) n'ont pas pris en compte les facteurs de risque personnels (rapports sexuels non protégés et l'utilisation de drogue par voie intraveineuse), minimisant la valeur des résultats et leur validité, tel que noté par Thorn *et al.* (2001), dans sa référence à l'étude de 1998.

10.5.1.3 Hépatite C

Le virus de l'hépatite C (VHC) serait instable dans l'environnement, mais pourrait survivre plusieurs semaines dans du sang séché (INRS 2015). Il se retrouve surtout dans le sang d'une personne infectée. Il ne se retrouve pas dans les selles d'une personne infectée, à moins qu'il n'y ait rectorragie.

Comme pour le VHB, dans les eaux usées, la transmission pourrait se faire lors de contacts percutanés.

Non traitée, l'hépatite C entraîne généralement une maladie chronique du foie qui peut demeurer asymptomatique durant plusieurs années, rendant la réalisation d'un diagnostic précoce peu aisée. L'infection chronique peut être compliquée de cirrhose (20% des cas (INRS 2015)) et d'un hépatocarcinome.

Une seule référence anecdotique relative à deux travailleurs au contact d'eaux usées ayant contracté une hépatite C, sans présence d'autres facteurs de risque, a été retrouvée (Brautbar *et al.* 1999). L'auteur émet l'hypothèse que les eaux usées servaient de vecteur pour l'infection au VHC.

10.5.1.4 Hépatite E

Comme le VHA, le virus de l'hépatite E (VHE) serait stable dans les conditions environnementales, et notamment dans l'eau et les eaux usées pendant de longues périodes (Santé Canada 2011b, INRS 2015). Il a été détecté dans les eaux usées urbaines (Kase 2012) et dans les boues (Centre national de référence VHA VHE 2012).

De façon générale, les génotypes 1 et 2, limités aux humains, sont transmis :

- Par voie féco-orale, au contact direct avec des animaux ou des personnes infectées ;
- et surtout par voie alimentaire (consommation d'aliments ou d'eau contaminés) (INRS 2015).

Les génotypes 3 et 4, moins fréquents chez les humains⁷³, pourraient être transmis par consommation de viande et produits d'origine animale (porc, sanglier et cerf) insuffisamment cuits et se retrouvent chez les éleveurs de porcs, les vétérinaires et les forestiers (INRS 2015).

⁷³ Le génotype 3 est fréquent en France dans certaines régions (sud-ouest) (Renou *et al.* 2008)

Le VHE est responsable de cas groupés dans les pays où l'hygiène est déficiente (génotypes 1 ou 2) et est à l'origine de cas sporadiques dans les pays industrialisés (génotype 3, lorsque non relié à un voyage) (Santé Canada 2011b; Centre national de référence VHA VHE 2012).

Il serait excrété dans les matières fécales, à des quantités de 10^4 à 10^8 particules/ g de selles (Centre national de référence VHA VHE 2012). L'excrétion durerait deux semaines (APHA 2008c).

Les symptômes de l'hépatite E, quand ils existent, sont ceux d'une hépatite virale aiguë. Chez les personnes en bonne santé (non immunodéprimées), aucune chronicité n'est rapportée (Dienstag *et al.* 2006). Aucun cancer n'y est relié (APHA 2008c, Dienstag *et al.* 2006, Merck Research Laboratories *et al.* 2008).

Quelques études concernant des travailleurs au contact avec des eaux usées sont publiées.

Dans des pays où des éclosions d'hépatite E surviennent fréquemment, une prévalence élevée d'anticorps anti-VHE (marqueurs d'une infection antérieure) est trouvée (Vaidya *et al.* 2003, El-Esnawy 2000, Vildosola *et al.* 2000) et de façon statistiquement significative, plus fréquemment chez les travailleurs au contact avec les eaux usées, même après une analyse multivariée (Vaidya *et al.* 2003).

En Suisse, cependant, à la suite d'une étude transversale (Jeggli *et al.* 2004) suivie d'une étude prospective (Tschopp *et al.* 2009), aucune relation n'a été démontrée entre les sérologies positives et les travailleurs exposés aux eaux usées.

10.5.1.5 Infection par des virus entériques

Plusieurs autres virus sont présents dans les eaux usées. Les virus entériques, qui donnent des manifestations digestives et systémiques (nausées, vomissements, diarrhées, douleurs abdominales et fièvre) ont été le plus souvent étudiés.

Dans une étude épidémiologique se déroulant entre 1975 et 1978 auprès de travailleurs de STEU et d'égoutiers (Clark 1987), expérimentés, inexpérimentés et de groupes contrôles de trois grandes villes américaines, les sérologies ont été faites, pour une même personne, à différentes périodes, afin de déceler la concentration ou la présence d'anticorps contre des virus, surtout entériques. Une augmentation de quatre fois le titre d'anticorps entre deux mesures chez une même personne démontrait qu'une infection était survenue durant la période étudiée.

Les travailleurs des trois villes, ont aussi été séparés en deux groupes (exposition élevée et exposition basse à des bactéries aérosolisées, pour trois types d'expositions : eaux usées, boues ou les deux). Les résultats suivants ont été retrouvés :

- pour certains virus entériques et le virus Norwalk (norovirus) : était plus fréquemment rapportée la présence ou l'augmentation des titres d'anticorps chez des travailleurs avec des niveaux d'exposition élevés et moyens à des aérosols bactériens en comparaison avec ceux qui avaient des niveaux faibles ou nuls. De plus, pour le Virus Norwalk (norovirus), la présence ou l'augmentation des titres d'anticorps étaient plus fréquentes chez les travailleurs inexpérimentés (Clark *et al.* 1986) ;
- pour les Échovirus 3 et 6 et le virus Norwalk (norovirus) : les titres d'anticorps atteints étaient plus élevés chez les travailleurs avec des niveaux d'exposition élevés et moyens à des aérosols bactériens en comparaison avec ceux qui avaient des niveaux d'exposition faibles ou nuls. De plus, pour les échovirus, les titres d'anticorps atteints étaient plus élevés chez les travailleurs inexpérimentés (Clark *et al.* 1980, 1981 et 1987; Brown 1997) .

10.5.1.1 Infection par adénovirus et parainfluenzae

Des études ont évalué la présence des adénovirus (pouvant causer des infections et des symptômes digestifs et respiratoires) et des virus parainfluenzae type 1: une prévalence plus élevée d'anticorps contre ces virus était retrouvée chez les travailleurs en contact avec les eaux usées (Lannuzel 2009).

Une prévalence plus élevée des anticorps contre ces virus ainsi que ceux contre le virus influenza était retrouvée en Roumanie (Iftimovici *et al.* 1980; Brown 1997) et en Alaska (Brown 1997).

10.5.1.2 Virus de l'immunodéficience humaine

Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) se trouve dans le sang et les sécrétions génitales d'une personne infectée.

De grandes craintes sont apparues chez les travailleurs suite à la découverte, dans les eaux usées, d'objets ayant pu être en contact avec le virus (aiguilles de toxicomanes, préservatifs, serviettes sanitaires, *etc.*) (Clark 1987).

Cependant, les autorités sanitaires (dont le CDC) assurent qu'il n'existe aucune preuve scientifique suggérant que le VIH puisse être propagé par des eaux usées ou des aérosols d'eaux usées. En effet :

- le VIH est présent en faible concentration dans le sang et, lorsqu'il arrive dans des eaux usées il est soumis à une énorme dilution (Committee on Biological Agents 2010, Water environment federation 2012) ;
- Il est très fragile (INRS 2015) : les pH extrêmes, la température basse et la présence de divers agents chimiques empêchent sa survie dans les eaux usées (Garvey 2005) ;
- Le VIH n'est pas transmis par voie fécale, orale ou par voie respiratoire (Garvey 2005) ;
- Aucun travailleur en contact quelconque avec des eaux usées, n'a rapporté avoir contracté le VIH suite à une exposition professionnelle.(Brown 1997). Pour ce faire, un contact entre une plaie cutanée ou une piqûre avec un objet contaminé serait nécessaire.

10.5.2 Infections bactériennes

10.5.2.1 Tuberculose

La tuberculose est une maladie transmise par voie respiratoire. La bactérie *Mycobacterium tuberculosis* est très résistante dans l'environnement et quelques rapports d'étude notent sa présence dans les eaux usées qui étaient les effluents de sanatoriums où étaient traités des patients atteints de tuberculose active (Friis 2001). Toutefois, il n'y a aucune référence scientifique indiquant dans la littérature que les travailleurs au contact des eaux usées aient une incidence augmentée d'infection (Clark *et al.* 1976).

10.5.2.2 Légionellose

La bactérie *Legionella pneumophila* peut causer une pneumonie grave et possiblement létale, appelée la maladie du légionnaire. Plus fréquemment, elle peut aussi être associée, à la fièvre de Pontiac⁷⁴, infection qui se guérit spontanément.

Au début des années 1980, plusieurs études ont été menées auprès de travailleurs exposés aux eaux usées et de populations demeurant près de STEU (Clark *et al.* 1980; Clark 1987). Aucune n'a démontré de risque accru d'infection chez les travailleurs et les résidents. Quelques années plus tard cependant, cinq cas de fièvre de Pontiac ont été rapportés chez des travailleurs exposés à des aérosols dans une usine de traitement de déchets organiques industriels. Ils présentaient des symptômes compatibles et ont développé des anticorps contre *Legionella pneumophila* séro-groupe 1, soit du même séro-groupe que la bactérie qui a été cultivée dans les boues. (Gregersen *et al.* 1999; Friis 2001 ; Bitton 2005) Cependant, cet épisode n'a pas modifié l'affirmation selon laquelle les travailleurs exposés aux eaux usées n'ont pas un risque accru de légionellose (Brown 1997).

10.5.2.3 Leptospirose

La transmission de la bactérie *Leptospira interrogans* à un travailleur au contact des eaux usées peut être :

- Par voie cutanéomuqueuse *via* des plaies non protégées ou des abrasions cutanées ;
- ou *via* des muqueuses *en* contact direct avec les urines de rats infectés ou avec des eaux usées contaminées, dans lesquelles les leptospires peuvent survivre plusieurs mois, et y seraient en très grandes quantités (De Serres *et al.* 1995).

Aucune chronicité n'est associée à la leptospirose.

En 1986, Waitkins a conclu que les risques de leptospirose semblaient diminuer depuis plusieurs années chez les travailleurs en contact avec des eaux usées dans les pays occidentaux, grâce à un meilleur contrôle des rongeurs et à une meilleure disponibilité des équipements de protection individuelle (EPI) (Waitkins 1986). Cependant, il n'avait pas recherché la présence d'anticorps antileptospirose. L'amélioration des mesures d'hygiène personnelle a aussi contribué à diminuer les risques (Clark 1987, Mulloy 2001).

En 1995, De Serres a rapporté une présence d'anticorps anti-leptospirose plus fréquente chez les égoutiers que dans un groupe contrôle, comparable pour l'âge. Dans le sang, les anticorps anti-leptospirose ne sont détectables que durant quelques années seulement après l'infection (De Serres *et al.* 1995). L'auteur a conclu que les résultats obtenus indiquaient la présence d'infections récentes chez les travailleurs. Cette augmentation du risque est confirmée par les études de Skinhoj *et al.* (1981) au Danemark, Chan *et al.* (1987) à Singapour et celles plus récentes d'Ambekar *et al.* (2004), de Sharma *et al.* (2006), de Pappachan *et al.* (2007) en Inde et d'Al-Batanony *et al.* (2011) en Égypte.

La vaccination préventive anti-leptospirose est proposée aux égoutiers de la Ville de Paris depuis 1979, et près de 98% d'entre eux étaient vaccinés en 2004. La primovaccination comporte trois doses et un rappel doit être effectué tous les deux ans (Ministère des affaires sociales et de la santé 2014). Il existe plus de 200 serovars de leptospires de par le monde. La vaccination ne protège que contre *Leptospira icterohaemorrhagiae*.

⁷⁴Fièvre de Pontiac : syndrome pseudogrippal sans pneumopathie. Se guérit en quelques jours sans traitement (Eficatt, 2011)

10.5.2.4 Infection par *Helicobacter pylori*

La colonisation de l'estomac humain par la bactérie *H. pylori* est très prévalente dans le monde : elle survient habituellement durant l'enfance et est probablement secondaire à une transmission directe de personne à personne (féco-orale, orale-orale).

De l'ADN de la bactérie a été trouvé dans de l'eau contaminée : les eaux usées pourraient aussi contribuer à la colonisation humaine (Atherton *et al.* 2006).

La colonisation de la partie inférieure de l'estomac par *H. pylori* est asymptomatique dans la plupart des cas. Une infection est cependant associée à des manifestations cliniques graves (ulcère duodénal, gastrique) et à des cancers (adénocarcinome, carcinome et lymphome gastrique) (Atherton *et al.*, 2006). D'après l'Organisation mondiale de la Santé, *H. pylori* est un agent cancérigène de catégorie I (IARC 2012a ; Brown 2000)

Concernant les travailleurs au contact des eaux usées, quelques études transversales (Friis *et al.* 1996 ; Anonymous 2000; Jeggli *et al.* 2004) et une étude prospective (Van Hoote, 2010) ont évalué la séroprévalence d'anticorps sanguins contre *H. pylori* (IgG anti *H. pylori*). Aucune n'a trouvé d'augmentation de séroprévalence de *H. pylori* chez les travailleurs exposés aux eaux usées.

10.5.2.5 Maladie de Whipple

La bactérie *Tropheryma whipplei* peut être retrouvée dans les selles, les sols, les matières en décomposition et les eaux usées. Il est donc possible que les travailleurs en contact avec les eaux usées soient exposés *via* la contamination des mains ou suite à des éclaboussures d'eaux usées reçues au niveau de la muqueuse buccale.

Ces bactéries peuvent être excrétées dans les selles à des quantités importantes (10^5 par gramme de selles, chez les patients symptomatiques) (Fenollar *et al.* 2008).

La maladie de Whipple causée par cette bactérie est rare et peut être asymptomatique.

Deux études transversales à Vienne en Autriche (Schoniger-Hekele *et al.* 2007) et à Marseille (Fenollar *et al.* 2008) ont recherché la bactérie dans les selles de travailleurs en contact avec des eaux usées (travailleurs de STEU). Elles ont démontré une fréquence plus élevée chez ces travailleurs, en comparaison avec des groupes contrôles non exposés :

- 15/64 (25%) vs 12/178 (7%) (Schoniger-Hekele *et al.* 2007) ;
- 12/100 (12%) et 7/111 (6,3%) vs 0/20 (0%) et 4/102 (4%). Séparés en deux groupes, les travailleurs qui étaient plus en contact avec les eaux usées, montraient plus souvent une positivité (12 vs 6,3%) (Fenollar *et al.* 2008).

Dans ces deux études, aucun patient ayant excrété la bactérie *Tropheryma whipplei* dans ses selles n'avait de symptômes ou de manifestation clinique de l'infection.

Les auteurs émettent l'hypothèse que la bactérie se trouvant dans le sol, dans l'eau et dans les selles se retrouverait ainsi dans les boues et les eaux usées. Ceci pourrait expliquer les résultats de leur étude.

10.5.2.6 Autres infections bactériennes

Il apparaîtrait raisonnable de penser que les égoutiers ont un risque accru d'infections causées par certaines bactéries retrouvées dans les selles (Friis 2001). Cependant, quelques études ayant comparé la présence d'anticorps sanguins dans le sang chez des travailleurs exposés aux eaux usées (égoutiers ou travailleurs de STEU) n'ont pas trouvé d'augmentation de prévalence des infections causées par *Salmonella enteritidis*, *Shigellaspp* ou *Yersinia enterocolitica* chez ces travailleurs, en comparaison avec des groupes contrôles (Khuder *et al.* 1998; Clark 1986, Clark *et al.* 1980; Sekla *et al.* 1980). Dans une large étude épidémiologique américaine (de 1975 à 1978) auprès de travailleurs de STEU et d'égoutiers (Clark 1987; Clark *et al.* 1980), une augmentation d'infection par *Salmonella enteritidis* (niveaux plus élevés d'anticorps) a été retrouvée seulement chez les travailleurs

inexpérimentés exposés aux eaux usées comparativement aux groupes contrôles (Clark, 1986).

Et, à partir des années 1950, aucune augmentation de cas de typhoïde ou de paratyphoïde n'a été notée lorsqu'elle a été recherchée (Friis 2001).

10.5.3 Infections parasitaires

10.5.3.1 Giardiase et amibiase

Les kystes de *Giardia lamblia* survivent plusieurs semaines dans les eaux usées (Anses 2011b)), ceux d'*Entamoeba histolytica* survivent dans l'eau et jusqu'à une température de 50 °C (Santé Canada 2011a).

Au début de l'infection, ils sont excrétés en grande quantité dans les selles, jusqu'à 10⁶ kystes par gramme de matière fécale (Afsset, 2010 ; APHA 2008a). Les kystes peuvent être excrétés durant toute la durée de l'infection qui peut se prolonger durant des mois pour *G. lamblia* (APHA 2008a) et des années pour *Entamoeba histolytica*.

Les eaux usées peuvent donc être à l'origine de l'infection de travailleurs *via* un portage malencontreux à la bouche (mains ou objet contaminé) ou suite à des éclaboussures reçues au niveau de la muqueuse buccale.

En France, il a été estimé que 11% des égoutiers étaient porteurs d'*Entamoeba histolytica* (Anses 2011a). Une étude prospective américaine (Clark *et al.* 1984) et quelques études transversales (Doby *et al.* 1980 et Doby *et al.* 1983, Knobloch *et al.* 1983, Schlosser, Grall, *et al.* 1999, Mitchell *et al.* 1993) ont évalué la présence de parasites dans les selles de travailleurs au contact des eaux usées. L'étude américaine, après une période de 12 mois, n'a pas noté la présence plus fréquente de parasites dans les selles d'égoutiers (Clark *et al.* 1984). Les études transversales (Doby *et al.* 1980; Knobloch *et al.* 1983; Schlosser and Vibert 1999; Mitchell *et al.* 1993) ont retrouvé une prévalence plus élevée, statistiquement significative, de parasites totaux dans ces populations de travailleurs.

Plus particulièrement, ont été retrouvées :

- une prévalence plus élevée, de façon statistiquement significative, de *G.lamblia* dans les selles des égoutiers, en comparaison avec des groupes contrôles (Doby *et al.* 1983; Knobloch *et al.* 1983; Mitchell *et al.* 1993) ;
- une prévalence plus élevée, de façon statistiquement significative, de *Entamoeba histolytica* dans les selles des égoutiers, en comparaison avec des groupes contrôles (Doby *et al.* 1983) ;
- une prévalence plus élevée, de façon statistiquement significative, de *Entamoeba coli* (parasite commensal du tube digestif), dans les selles des égoutiers, en comparaison avec des groupes contrôles (Knobloch *et al.* 1983).

Les prévalences étaient extrêmement variables selon les études et les années, mettant en lumière les améliorations des conditions d'hygiène et de l'application des mesures préventives.

10.5.3.2 Ascariidose

Une étude transversale en Égypte (Hammouda *et al.* 1992) a montré que des égoutiers égyptiens avaient plus de risque de développer une infection helminthique causée par *Ascaris lumbricoides* qu'une population contrôle non exposée aux eaux usées.

10.5.4 Effets sanitaires des toxines

10.5.4.1 Endotoxines

Les endotoxines sont des molécules complexes de la membrane extérieure des bactéries à gram négatif. Elles peuvent être libérées sous forme de particules dans l'air des égouts lors de la lyse de ces bactéries ou, dans une moindre mesure, lors de leur multiplication. Les effets aigus de l'inhalation d'endotoxines sont un syndrome pseudo-grippal connu sous le nom de fièvre d'inhalation (Organic Dust Toxic Syndrome, ODTs). Les symptômes sont ceux de toux sèche, d'essoufflement, de diminution des capacités respiratoires, de malaise et de céphalées (DECOS 2010; INERIS 2007). Les symptômes d'une exposition répétée aux endotoxines sont souvent ceux d'une fatigue inexplicée, de symptômes digestifs⁷⁵ (nausée, vomissement, diarrhée...), de douleurs articulaires et de céphalées. L'exposition chronique aux endotoxines peut également entraîner une inflammation des voies aériennes avec bronchoconstriction et diminution de la fonction pulmonaire (INERIS 2007). Les endotoxines sont connues pour exacerber les réactions inflammatoires de l'asthme. L'asthme allergique et la sensibilité aux allergènes sont des facteurs de risque de l'exposition aux endotoxines (INERIS 2007). L'exposition aux endotoxines pourrait également intervenir dans la complication des cirrhoses suite à l'altération de la muqueuse intestinale. Le passage de bactéries ou d'endotoxines dans le sang pourrait être responsable d'infections systémiques ou de réaction inflammatoire locale ou systémique pouvant contribuer aux perturbations circulatoires de la cirrhose et à l'aggravation des lésions du foie, en dehors de toute infection déclarée (Gehin *et al.* 2011; Pauwels 2008). Les endotoxines ne sont pas connues pour avoir des effets sur la reproduction, sur le système cardiovasculaire ou pour être génotoxiques. Enfin, des études épidémiologiques tendent à montrer un lien entre l'exposition aux endotoxines et la diminution du risque de cancer du poumon chez les travailleurs du milieu agricole et de cancers du pancréas, de l'œsophage, et de l'estomac chez les travailleurs de l'industrie du coton (Gehin *et al.* 2011). Ces données épidémiologiques sont confortées par les résultats d'études animales suggérant une action négative des endotoxines sur la croissance des tumeurs (Gehin *et al.* 2011).

En ce qui concerne les travailleurs au contact d'eaux usées, plusieurs études ont analysé le lien entre l'exposition aux endotoxines et la prévalence de symptômes chez les égoutiers et les travailleurs de STEU (Melbostad *et al.* 1994 ; Rylander 1999; Douwes *et al.* 2001; Thorn *et al.* 2004; Krajewski *et al.* 2004; Smit *et al.* 2005 ; Rivière 2005 ; Haldal *et al.* 2010; Tschopp *et al.* 2011). Ces études ont mis en évidence un excès significatif de symptômes respiratoires (toux productive et non productive, souffle court) digestifs (diarrhée), ORL (irritation nasale), généraux (asthénie, céphalées) et de douleurs articulaires chez les travailleurs exposés aux eaux usées comparé aux témoins (cf. Annexe 14). Le lien entre l'exposition aux endotoxines et les symptômes déclarés est souligné dans l'ensemble des études, même si les auteurs considèrent qu'il est difficile de connaître la cause exacte des symptômes compte tenu de l'ensemble des substances auxquelles les égoutiers et les travailleurs de STEU peuvent être exposés. (Ambroise *et al.* 2005, d'après Rivière 2005) observe néanmoins une relation dose-effet pour les symptômes respiratoires de type toux productive. La prévalence de ce symptôme est en effet plus élevée chez les égoutiers affectés aux tâches de curage mécanisé et d'extraction pour lesquelles les concentrations mesurées d'endotoxines étaient les plus fortes. L'étude de Smit *et al.* (2005) a également mis en évidence une corrélation statistiquement significative entre l'exposition aux

⁷⁵ Pour les symptômes de nausée, vomissements et diarrhée, il s'agit d'hypothèses émises par certains auteurs, mais que la relation de causalité n'a jamais été démontrée. Ces symptômes peuvent être dus à d'autres choses que les endotoxines (notamment les virus entériques)

endotoxines et des clusters de symptômes (« symptômes respiratoires inférieurs et symptômes cutanés », « symptômes grippaux et symptômes systémiques »).

Peu d'études ont mesuré les concentrations en endotoxines dans l'air des égouts. Soixante cinq prélèvements d'endotoxines ont été réalisés dans le cadre de l'étude de morbidité réalisée parmi les égoutiers de la communauté urbaine de Grand Lyon. Les résultats de ces prélèvements ont montré des concentrations en endotoxines variant de 3,4 à 420 UE.m⁻³, les tâches les plus exposantes étant l'extraction en bassin et le curage mécanisé (Rivière 2005 ; Duquenne *et al.* 2014). Dans les égouts de Paris, la recherche d'endotoxines n'a pu être réalisée qu'à 2 reprises pour les activités de curage et petites lignes et de collecte en raison de difficultés techniques ; Les concentrations mesurées varient de 9 à 29 UE.m⁻³. Il n'existe actuellement pas de VLEP ou de VLCT pour les endotoxines en milieu professionnel. La valeur de 90 UE.m⁻³ (seuil considéré sans effet notable pour une exposition de 8h) adoptée au Pays Bas est fréquemment reprise dans la littérature (DECOS 2010). Cependant, l'INRS souligne que l'utilisation de cette valeur comme valeur de référence pour toute situation de travail ailleurs qu'aux Pays-Bas doit être réalisée avec prudence, du fait notamment de la méthode de mesure utilisée aux Pays-Bas (Gehin *et al.* 2011).

En résumé :

Les agents biologiques pathogènes présentés sont ceux pour lesquels des études auprès des égoutiers ou des travailleurs en contact avec des eaux usées ont été menées.

L'objectif était principalement de discuter de la présence de ces agents biologiques dans les eaux des égouts puis de présenter l'incidence et la prévalence des infections reliées dans la population des égoutiers et/ou des travailleurs en STEU.

Concernant l'hépatite A, les résultats ne concluent pas toujours à une augmentation de la prévalence d'anticorps anti VHA chez les travailleurs exposés aux eaux usées. Cependant, une étude a montré une relation dose-réponse avec l'importance de l'exposition.

Concernant l'hépatite B, une prévalence élevée des marqueurs sérologiques du VHB est mise en évidence dans les 4 études les plus récentes, mais deux de ces études comportaient des biais importants, ne tenant pas compte des facteurs de risques personnels.

Concernant l'hépatite C, une seule étude a été retrouvée et, selon l'auteur, les eaux usées auraient servi de vecteur pour l'infection au VHC.

Concernant l'hépatite E, aucune relation n'a été démontrée, dans une étude suisse, entre les sérologies positives et le travail au contact des eaux usées. Cette relation est cependant fréquemment retrouvée dans les pays où l'hygiène est déficiente et où les éclosions d'hépatite E sont fréquentes.

Concernant les infections par des virus entériques, des adénovirus et des virus parainfluenzae, les études menées montrent régulièrement une prévalence plus élevée d'anticorps contre ces virus chez les travailleurs au contact des eaux usées.

Il a été montré dans plusieurs études la présence d'anticorps anti-leptospirose plus fréquemment chez les égoutiers et autres travailleurs des eaux usées que dans un groupe contrôle. Il est à noter toutefois qu'avec une meilleure maîtrise de la population des rongeurs présente dans les égouts, ainsi qu'avec l'utilisation des EPI, le risque de contamination par *Leptospira interrogans* semblait diminuer depuis quelques années chez ces travailleurs dans les pays occidentaux.

Si certaines études menées chez les égoutiers ou les travailleurs des STEU mettent bien en évidence chez ces travailleurs, la présence d'anticorps sanguins contre *Legionella pneumophila*, *Helicobacter pylori* ou encore, *Shigella spp* ou *Yersinia*

***enterolitica*, aucune n'a trouvé d'augmentation de la seroprévalence pour ces bactéries chez ces travailleurs par rapport aux groupes contrôles.**

En ce qui concerne les parasites, il est noté une prévalence accrue de façon statistiquement significative de la contamination par *G.lambli*a, *E.histolytica*, *Entamoeba coli* et *Ascaris lumbricoides* chez les égoutiers par rapport aux groupes contrôles. Ces prévalences sont d'une grande variabilité selon les années de l'étude, les pays concernés et mettent en lumière les améliorations des conditions d'hygiène.

10.6 Troubles musculo-squelettiques

Les deux études épidémiologiques de morbidité réalisées auprès des égoutiers de la Ville de Paris et de la CUGL rapportent une prévalence élevée de troubles musculo-squelettiques (TMS). Dans les 2 études, l'existence de TMS a été évaluée selon le même questionnaire. La pénibilité physique du travail a été évaluée à l'aide de l'échelle de Borg graduée de 6 à 20, la répétitivité et la douleur au moyen d'échelles numériques graduées de 0 (répétitivité nulle ou absence de douleur) à 9 (répétitivité maximale ou douleur insupportable) (INRS 2004 ; Ambroise *et al.* 2005 d'après Rivière 2005).

A Paris, les résultats de l'étude mettent en évidence des prévalences élevées pour les lombalgies (88,8 % des égoutiers déclarent avoir déjà présenté des lombalgies et 70,3% ont ressenti des douleurs au cours de l'année écoulée). La déclaration de lombalgie est associée au port d'objets difficiles à saisir, encombrants ou portés d'une seule main. Les égoutiers déclarent également des sensations de douleurs, de gêne ou d'inconfort, au cours des 12 mois précédents l'étude, principalement au niveau de la nuque, du cou, des épaules, des bras et dans le bas du dos. Sur l'échelle de Borg graduée de 6 à 20, la pénibilité physique a été évaluée en moyenne à 14,0 (13,4 – 14,4), ce qui correspond à un niveau « assez dur » à « dur ». 16,6 % des égoutiers ont jugé le travail « très dur » à « très très dur ». La pénibilité physique rapportée par les témoins est en moyenne de 12,4 (12,0 – 12,8). Le score moyen attribué à la répétitivité des gestes est également plus élevé chez les égoutiers par rapport aux témoins (6,0 (5,68-6,33) vs 4,78 (4,39-5,17)).

A Lyon, les égoutiers ont également rapporté des lombalgies et des sensations douloureuses au niveau des épaules et des coudes. La déclaration de lombalgie est associée avec le port de charge d'une seule main et le métier de conducteur. Sur l'échelle de Borg graduée de 6 à 20, la pénibilité physique a été évaluée en moyenne à 14,4 (14,2 – 14,7), ce qui correspond à un niveau « assez dur » à « dur ». 14% des égoutiers ont jugé le travail « très dur » à « très très dur ». La pénibilité physique rapportée par les témoins est en moyenne de 9,8 (9,4 – 10,1). Le score moyen attribué à la répétitivité des gestes est également plus élevé chez les égoutiers par rapport aux témoins (6,3 (6,1-6,6) vs 4,0 (3,6-4,4)).

10.7 Risques psychosociaux

Le travail des égoutiers nécessite en permanence un haut niveau de vigilance pour percevoir rapidement et analyser les situations dangereuses afin de les éviter. Les égoutiers sont soumis à une charge psychologique et mentale liée à l'insatisfaction que procure ce travail, aux conditions de travail et risques professionnels générateurs d'angoisse et de sensation d'insécurité (Venjean 1984). L'astreinte visuelle du fait du manque de visibilité est une cause importante de cette charge psychologique pouvant entraîner une perte de repères temporels et une désorientation spatiale.

La dévalorisation dont la fonction et le contact avec les eaux usées sont l'objet peut également générer de la souffrance au travail (Cf. §7.9, Venjean 1984).

Les recherches de publications étudiant le lien entre suicide et travail en milieu confiné (suicide and confined work/job/occupational), entre suicide et travail en égout (suicide and sewer/sewerage), entre suicide et déchets ont été infructueuse (suicide and waste).

Malgré l'intérêt porté aujourd'hui aux risques psychosociaux, il n'existe pas de données fiables en France sur le nombre de suicides survenus sur un lieu de travail (ONS 2014).

En région Ile-de-France et notamment en Seine-Saint-Denis, en 2006 et 2010, les taux standardisés de mortalité par suicide sont les plus faibles de France métropolitaine (ORS Ile de France 2011 ; FNORS 2007). La mortalité par suicide observée chez les égoutiers de la Ville de Paris est comparée à la mortalité par suicide observée en Seine-Saint-Denis, où cette mortalité est faible. Il est possible que le choix de la population de référence ait conduit à l'observation d'une surmortalité par rapport à cette population qui ne retrouverait pas lors d'une comparaison à la mortalité par suicide de la population de France métropolitaine.

Les données issues des programmes de surveillance Samotrace et MCP ne permettent pas d'établir un lien entre les suicides ou la souffrance au travail et le travail en égout ou au contact des eaux usées (Cf. paragraphe 5.2.3.4).

11 Constats et discussion d'hypothèses

Les chapitres précédents ont permis de présenter les données disponibles concernant les expositions et les effets sanitaires et d'identifier un certain nombre de biais et limites dans l'ensemble des publications / études répertoriées et analysées.

Les objectifs de cette partie sont :

- Dans un premier temps, de synthétiser les principales observations et données remarquables mises en avant dans les chapitres précédents ;
- Puis dans un second temps, de présenter la discussion qualitative sur des facteurs de risques professionnels susceptibles d'être associés à une atteinte de la santé des égoutiers autour des hypothèses élaborées par le GT sur la base des éléments précédents, ou des hypothèses portées à sa connaissance.

Cette démarche a pour but *in fine*, d'identifier de potentielles problématiques d'exposition qu'il conviendrait d'investiguer plus en profondeur et d'identifier des mesures de prévention, points de vigilance ou pistes de travaux de recherche qui seront déclinés dans le chapitre 13 du présent rapport.

11.1 Rappel des principales observations et données remarquables

11.1.1 Définition de la population d'étude et difficultés rencontrées

La dénomination du métier d'égoutier, les missions dédiées, et la quotité de travail sont variables d'une collectivité à une autre, même s'il existe des tâches communes comme le cheminement ou le curage. Ces différences ont certainement pour origine le fait que l'eau et l'assainissement (collecte, transport et traitement) sont sous la responsabilité des collectivités territoriales. Pour certains, le terme égoutier est réservé aux personnes travaillant en réseau d'assainissement et disposant du statut d'insalubrité.

Les informations obtenues au cours de cette expertise (revue de la littérature, auditions, questionnaires) ont mis en évidence que les tâches réalisées par un égoutier sont « réseau-dépendante » et varient selon la configuration du réseau, sa « modernité » *etc.*. Dans certaines collectivités territoriales, ces tâches peuvent également être sous-traitées par des entreprises privées. De ce fait, il est probable que les tâches listées dans le chapitre 3.3 ne soient pas toutes réalisées dans chacune des villes disposant de réseaux visitables mais cette liste se veut la plus exhaustive possible.

L'absence de définition consensuelle de la profession d'égoutier a par ailleurs engendré pour le GT des difficultés à définir le travail en égouts. Pour mémoire, dans ce rapport, indépendamment de leur affiliation ou de leur statut, **le terme « égoutiers » rassemble une catégorie de personnel amenée à réaliser des tâches diversifiées au sein d'un réseau d'assainissement, appelé encore système d'évacuation, et des ouvrages qui s'y rapportent (regards de branchements, siphons, etc.) et dans les stations de relèvement et de pompage afin de maintenir leur bon état de fonctionnement.**

Ces difficultés à définir la population réellement susceptible d'être exposée se retrouvent au niveau des enquêtes et études épidémiologiques; en effet, les salariés des sous-traitants qui interviennent en réseaux d'assainissement ne sont ni comptabilisés ni intégrés aux études, renforçant encore plus leur invisibilité. De plus leur suivi par le service de santé au travail peut être effectué par de multiples médecins ce qui disperse les informations.

Au regard des informations recueillies lors des auditions ou les réponses au questionnaire, le GT n'a pas pu estimer précisément le nombre d'égoutiers en France.

11.1.2 Données d'exposition aux agents chimiques et microbiologiques

► La littérature a permis de mettre en évidence, au travers de quelques études relativement récentes, une multitude de composés chimiques et biologiques dans l'air des égouts et/ou dans les eaux usées. En revanche, la liste de ces composés ne saurait être exhaustive de l'ensemble des composés présents dans les égouts puisqu'il est probable que beaucoup n'aient pas encore été recherchés, l'objectif des études ne visant pas une caractérisation globale du milieu.

► Les rejets radiologiques n'ont pas été étudiés spécifiquement dans ce rapport d'expertise en raison des travaux en cours de l'ASN.

► La présence et les concentrations des agents polluants dans les égouts sont inhérentes à de nombreux facteurs les rendant variables temporellement et géographiquement. La composition de l'eau usée est étroitement liée à l'évolution de la réglementation sur les rejets industriels, à l'évolution des mentalités vis-à-vis de l'environnement et notamment la disparition progressive du comportement « tout à l'égout », à l'évolution des pratiques, à l'apparition de nouvelles substances, à la conception du réseau et à la météorologie pour ce qui est de la chimie mais également à l'état sanitaire des populations pour ce qui est de la microbiologie. La composition des eaux usées aujourd'hui, est différente de celle d'hier et vraisemblablement de celle de demain, sans pouvoir préjuger du sens de l'évolution des concentrations des différents contaminants.

Concernant les données de concentration en agents chimiques dans les eaux, les données disponibles concernent les substances ciblées dans les directives européennes à visée environnementale, c'est-à-dire des substances toxiques pour l'environnement mais pas nécessairement pour l'Homme. La plupart des études visent des mesures en entrée de STEU ou de déversoirs d'orage et non au sein du réseau d'assainissement (cf. § 8.2.1.1). Elles sont informatives sur la nature des polluants potentiellement présents dans les réseaux d'assainissement mais les concentrations retrouvées ne sont pas représentatives des concentrations au sein des réseaux. Sont prépondérants les apports de certains polluants via les événements pluvieux (soient les phénomènes de ruissellement et de lessivage des sols ainsi que la remise en suspension des matières sédimentées dans les réseaux d'assainissement. D'une manière générale, les concentrations des polluants prioritaires sont faibles (de l'ordre du $\mu\text{g.L}^{-1}$).

Concernant les concentrations en agents chimiques dans l'air, les rares études, relativement récentes, ne permettent pas d'avoir un panorama exhaustif des substances présentes mais met en évidence la présence de certains COV dans l'air des égouts (BTEX, 1,24, triméthylbenzène, alcanes par exemple). Une étude réalisée à Paris montre également la présence de HAP. L'hydrogène sulfuré est présent ubiquitairement à des concentrations variables.

Plusieurs articles plus anciens rapportent essentiellement des accidents et intoxications mortels à l'hydrogène sulfuré.

► Au niveau microbiologique, outre les dénombrements de bactéries et moisissures, les études ont principalement porté sur la mesure de concentration en endotoxines dans l'air. Celle-ci est variable et peut, selon la tâche réalisée atteindre plus de 400 UE.m^{-3} . Le bruit de fond moyen en endotoxines rapporté dans différentes études varie entre 0,3 et 4,4 UE.m^{-3} en zone urbaine et entre 1,3 et 30 UE.m^{-3} en zone industrielle. Une valeur moyenne de 0,4 UE.m^{-3} est rapportée pour des environnements naturels (INERIS 2007).

► Au vu de la variabilité rencontrée, il n'a pas été jugé pertinent ni réalisable de construire une composition « type » des eaux usées pouvant représenter l'ensemble des égouts en France. Le GT a néanmoins listé les principaux éléments susceptibles d'être présents dans les égouts et auxquels pourraient être exposés les égoutiers. Les familles de composés chimiques retrouvées dans l'air et/ou dans l'eau sont variées : métaux, COV, COSV, composés soufrés, HAP, résidus de médicaments, pesticides, amiante, etc. Les contaminants biologiques retrouvés sont essentiellement des virus, des bactéries, des toxines, endotoxines, des parasites hydriques, telluriques et d'origine fécale.

► En ce qui concerne les études d'exposition des égoutiers, les études de INRS 2004, d'Al Zabadi *et al.* 2011 et de Duquenne *et al.* 2014 sont les plus intéressantes car elles présentent des résultats de mesures individuelles pendant l'activité des égoutiers. Elles mettent en évidence des

concentrations moyennes en COV comprises entre 10 et 210 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ avec prépondérance de undécane, décane et toluène, en HAP comprises entre 1 et 71 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, en endotoxines de comprises entre 12 et 430 UE. m^{-3} . Toutefois les dispositifs de prélèvement n'étaient pas portés par les égoutiers eux-mêmes mais par un accompagnant et l'activité des égoutiers au moment des mesures dans l'étude d'Al Zabadi n'est pas renseignée. Ces études sont donc insuffisantes pour estimer l'exposition des égoutiers.

► Du fait des limites évoquées ci-dessus (méconnaissance des contaminants présents, lien avec les tâches réalisées non déterminé, variabilité, etc.), deux conventions de recherche et développement ont été élaborées dans le but de réaliser des mesures individuelles de polluants chimiques et microbiologiques dans l'air afin de décrire un éventail d'agents contaminants présents dans l'air des égouts pour certaines tâches ciblées.

Il est à noter que ces données sont représentatives du jour et du lieu de la mesure.

La campagne de mesure de polluants microbiologiques est actuellement en cours de réalisation.

La campagne de mesure de polluants chimiques a permis de confirmer que les égoutiers sont exposés par inhalation à une multitude de polluants chimiques dont les concentrations sont extrêmement variables spatio-temporellement et fonction des tâches réalisées.

Elle a mis en évidence que les égoutiers sont exposés à des niveaux importants de PM10 et PM2,5, dont la composition reste à déterminer, ainsi qu'à d'autres polluants issus du trafic routier (BTEX, NO₂), ce qui peut s'expliquer par la ventilation des égouts qui est assurée par ouverture de regard situés au niveau de la chaussée.

Les tâches qui apparaissent les plus exposantes sont les tâches de curage de dessablement, nettoyage des dégrilleurs haute pression et le curage avec engin. Ces tâches sont génératrices d'aérosols qui s'ajoutent au bruit de fond ambiant, ce dernier pouvant être apprécié par le résultat des mesures réalisées au cours de la tâche de collecte d'information.

De manière générale, les concentrations en polluants dans l'air des égouts sont supérieures aux concentrations mesurées à l'extérieur des égouts, ce qui est dû au confinement, au manque de renouvellement d'air ainsi qu'à la présence de sources de contamination propres aux égouts.

Les niveaux d'exposition mesurés pour chacune des substances sont généralement faibles comparativement aux valeurs de référence existantes. Cette comparaison ne garantit cependant pas l'absence d'effets sanitaires liés aux coexpositions et aux synergies éventuelles. Par ailleurs, des pics d'exposition ne peuvent pas être exclus.

► Les égoutiers sont exposés à ces agents par inhalation de gaz, de vapeurs ou d'aérosols, par contact cutané-muqueux lié aux projections ou directement avec les composés présents dans l'air et par ingestion suite au contact avec des éléments contaminés et portage à la bouche ou par ingestion directe de gouttelettes ou de particules.

11.1.3 Effets sanitaires

► Afin de déterminer quels sont les effets sanitaires à long terme des conditions de travail dans les égouts, le GT a procédé à une analyse critique des études de l'INRS réalisées auprès des égoutiers de la Ville de Paris et une revue exhaustive de la littérature dans l'objectif d'identifier des études de morbidité et de mortalité permettant de mettre en perspective les résultats des études de l'INRS. Cette revue de la littérature a été réalisée pour la morbidité toutes causes, les pathologies infectieuses, la mortalité par cancer et par autres causes⁷⁶.

► Peu de données sur les effets sanitaires observés ou décrits chez les égoutiers en France ou à l'étranger ont été identifiées. De façon générale, les dénominations employées dans certaines

⁷⁶Certaines données peuvent se superposer, les effets décrits dans le chapitre morbidité peuvent être liés à une pathologie infectieuse par exemple.

études ne permettent pas de distinguer systématiquement les égoutiers des travailleurs de STEU, certaines études faisant référence aux travailleurs au contact des eaux usées de façon générale. Bien qu'il s'agisse d'activités différentes, le GT a estimé que les effets rapportés chez les travailleurs de STEU étaient susceptibles de concerner également les égoutiers, de par l'exposition quotidienne aux eaux usées de ces deux populations.

11.1.3.1 Morbidité

► Les études de morbidité menées chez les égoutiers et les travailleurs de STEU sont très majoritairement de type transversal et concernent principalement la prévalence de symptômes ou de maladies déclarées, et beaucoup plus rarement des mesures objectives comme l'exploration de la fonction pulmonaire par spirométrie par exemple. Ce type d'études présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre et permet de générer des hypothèses sur les liens entre l'exposition aux eaux usées et les symptômes déclarés. Cependant, elles présentent certaines limites, notamment l'absence de temporalité entre l'exposition et la survenue des symptômes, l'inclusion dans l'enquête uniquement des travailleurs actuels (les travailleurs ayant quitté leur fonction en raison de problème de santé ne sont ainsi pas pris en compte ce qui peut tendre à sous-estimer les associations). De plus dans la majorité des cas, les événements de santé étudiés sont rapportés sans validation objective. On ne peut donc exclure une sur ou une sous déclaration de ces événements de santé.

► Dans la littérature, les résultats les plus concordants concernent les épisodes de diarrhées aiguës en excès par rapport aux groupes de référence. La majorité des études réalisées rapporte également, par rapport au groupe de référence, des excès des symptômes suivants : symptômes respiratoires (toux, expectoration), irritations de la sphère ORL, symptômes généraux (céphalées, asthénie). Les résultats concernant la prévalence de l'asthme et des sifflements sont plus divergents. Ces résultats sont en accord avec les résultats de l'étude de l'INRS chez les égoutiers de la Ville de Paris qui retrouvaient via un questionnaire auto administré, une augmentation significative des symptômes digestifs et respiratoires à l'exception de la bronchite chronique.

► Dans la littérature, les résultats concernant la prévalence de l'asthme et des sifflements sont plus divergents. Dans l'enquête de morbidité de l'INRS, la prévalence de l'asthme déclaré n'est pas plus élevée par rapport au groupe de référence. Elle est très proche de celle de la surveillance médicale renforcée chez les égoutiers (7,8% et 8% respectivement). Si l'étude de morbidité réalisée par l'INRS n'a pas comporté de données d'exploration fonctionnelle respiratoire, huit études ont toutefois été réalisées sur le sujet, six d'entre elles rapportant des modifications principalement concernant une diminution du VEMS chez les travailleurs exposés aux eaux usées.

Enfin, certaines études de morbidité rapportent des effets neurologiques chroniques tels que des difficultés de concentrations et céphalées chez les travailleurs exposés aux eaux usées.

► Un lien entre exposition aux endotoxines et les symptômes déclarés est souligné dans l'ensemble des études l'ayant recherché, même si la cause exacte des symptômes est difficile à connaître. Une étude observe une relation dose effet pour les symptômes respiratoires de type toux productive.

► Les bilans médicaux et les études de morbidité de l'INRS réalisées auprès des égoutiers des villes de Paris et de Lyon rapportent également une prévalence élevée de TMS, et principalement de lombalgies.

11.1.3.1 Morbidité par pathologies infectieuses

Concernant les pathologies infectieuses, plusieurs études ont étudié la prévalence de marqueurs sérologiques d'infection à certains virus et bactéries et la présence de parasites dans les selles de travailleurs exposés aux eaux usées.

Concernant l'hépatite A, les résultats de plus d'une vingtaine d'études sont variables ; ne concluant pas toujours à une augmentation de la prévalence d'anticorps anti-VHA chez les travailleurs exposés aux eaux usées. Cependant, une étude a montré une relation dose-réponse entre la prévalence des anticorps anti VHA et l'intensité de l'exposition.

Aucune étude ne permet de conclure à un lien entre travail au contact des eaux usées et infection par le VHB, VHC et VIH, ce qui était attendu compte tenu de leurs modes de transmission habituels.

Aucune étude ne permet de conclure à un lien entre travail au contact des eaux usées et infection par le VHB, VHC et VIH, ce qui était attendu compte tenu de leurs modes de transmission habituels.

Concernant l'hépatite E, quelques études concernant les travailleurs au contact des eaux usées ont été publiées. Dans une étude suisse, aucune relation n'a été démontrée entre les prévalences des sérologies positives (anti-VHE) et le travail au contact des eaux usées. Cette relation est cependant fréquemment retrouvée dans les pays où l'hygiène est déficiente et où les cas groupés d'hépatite E sont fréquentes.

Concernant les infections par des virus entériques, des adénovirus et des virus parainfluenzae, les études menées montrent régulièrement une prévalence plus élevée d'anticorps contre ces virus chez les travailleurs au contact des eaux usées.

Plusieurs études ont montré une prévalence d'anticorps anti-leptospirose plus élevée chez les travailleurs exposés aux eaux usées (égoutiers et STEU) par rapport aux groupes contrôles, non exposés. Il est à noter toutefois qu'avec une meilleure maîtrise de la population des rongeurs présents dans les égouts, l'amélioration du port et de l'entretien des EPI et une amélioration des mesures d'hygiène personnelle, le risque de contamination par *Leptospira interrogans sensu lato* (dont le sérotype *icterohaemorrhagiae* semblait avoir diminué depuis quelques années chez ces travailleurs dans les pays occidentaux).

Certaines études menées ont mis en évidence la présence d'anticorps sanguins contre *Legionella pneumophila*, *Helicobacter pylori* ou encore *Shigella* spp ou *Yersinia enterocolitica* chez les égoutiers ou les travailleurs des STEU. Cependant, ces études n'ont pas mis en évidence de différences statistiquement significatives de la prévalence d'anticorps chez ces travailleurs par rapport aux groupes contrôles.

Enfin, les données disponibles montrent un excès statistiquement significatif de présence dans les selles des égoutiers de *Giardia Lamblia*, *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Ascaris Lumbricoides* par rapport aux groupes contrôles non exposés. Ces prévalences sont variables selon les années au cours desquelles ont été faites les études et mettent en lumière les améliorations des conditions d'hygiène.

Ainsi, plusieurs études montrent une augmentation de la fréquence (présente ou passée) de certaines pathologies infectieuses, la majorité d'entre elles sont de durée limitée et très rarement létales.

11.1.3.1 Marqueurs biologiques de dysfonctionnement de certaines fonctions

Les études ayant mesuré des marqueurs d'atteinte hépatique ou des marqueurs biologiques d'atteinte pulmonaire sont peu concluantes.

Certaines études rapportent des concentrations sanguines en marqueurs d'inflammation (PCR le plus souvent) significativement plus élevées chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins.

Deux études montrent que les travailleurs de STEU ou les égoutiers sont exposés à des agents mutagènes ou cancérigènes. Des associations positives entre l'exposition aux égoutiers à certains HAP et COV classés CMR et les résultats des tests de génotoxicité ont été mis en évidence dans une étude.

11.1.3.2 Mortalité par cancer

Concernant les cancers, les études épidémiologiques recensées par le GT sont des études descriptives. Elles permettent de comparer la mortalité ou la morbidité par cancer de la population étudiée à celles d'une population de référence. Cependant, le choix de cette population n'est pas sans influence sur les résultats des études.

Les études de mortalité ou de morbidité menées parmi des cohortes de travailleurs comprenant des égoutiers montrent des excès de décès et de survenues de cancers toutes localisations confondues dont la plupart sont statistiquement significatifs. En revanche, lorsque la population d'étude est composée de travailleurs de STEU, la mortalité ou la morbidité par cancers est proche de celle de la population de référence.

Les données disponibles sont principalement issues d'études de mortalité qui ne sont pas adaptées pour évaluer des taux d'incidence de cancer dans une population puisqu'elles ne tiennent pas compte des cancers curables.

Dans les études de l'INRS, la surmortalité observée par cancers, toutes localisations confondues, est principalement due aux excès de décès observés d'une part pour les cancers des voies aéro-digestives supérieures (cavité buccale et pharynx) et les cancers du groupe « trachée, bronches, poumons », et d'autre part pour l'ensemble des cancers digestifs (œsophage et foie). Parmi les autres études recensées par le GT, aucune ne rapporte de résultats concernant les cancers des voies aéro-digestives supérieures et plus précisément les cancers de la cavité buccale et du pharynx. En ce qui concerne le cancer du groupe « trachée, bronches, poumon », une seule étude menée au Danemark montre un excès statistiquement significatif de cas de cancer du poumon incidents comparativement à la population générale du Danemark, prise pour référence. Il est à noter que ces études ne tiennent pas compte dans les analyses de la consommation de tabac des travailleurs.

En ce qui concerne le cancer de l'œsophage, aucune étude ne confirme l'excès de décès observé parmi les égoutiers de la Ville de Paris.

Sur l'ensemble des résultats rapportés par les différentes études, les excès de décès ou de survenues de cancer les plus élevés sont observés pour le cancer du foie. Les trois études recensées confirment les résultats de l'étude de l'INRS. Il est à noter que dans l'étude de l'INRS, la surmortalité par maladies chroniques du foie explicitement liées à l'alcool n'est pas statistiquement significative. En revanche, certains cancers reliés à l'alcool présentent des surmortalités statistiquement significatives (cavité buccale, œsophage). Il est à noter que la consommation d'alcool, n'est pas prise en compte dans ces études.

Les résultats obtenus pour les cancers de la prostate, de l'estomac, de l'ensemble « rectum, anus », du pancréas et du larynx sont discordants entre les études recensées et ne permettent pas de conclure.

Contrairement à ce qui est observé dans la première étude de l'INRS, aucune étude recensée ne fait mention, dans ses résultats, de décès par cancer de la plèvre.

11.1.3.3 Mortalité par autre causes

Seule la première étude de mortalité de l'INRS a mis en évidence un excès de mortalité par maladies infectieuses⁷⁷ statistiquement significatif chez les égoutiers. L'excès est constaté pour salariés ayant quitté le métier d'égoutiers après très courte durée d'emploi, pour d'autres raisons que retraite ou raison médicale (notamment licenciement ou démission). Les causes de cette surmortalité ne sont pas dues à des agents à transmission oro-fécale et se trouvant dans les eaux usées : tuberculose pulmonaire, septicémie à staphylocoque, à pneumocoques, paludisme, péritonite, etc. La mise à jour de l'étude de l'INRS n'a pas mis en évidence d'excès statistiquement significatif de mortalité par pathologie infectieuse.

Concernant la mortalité par pathologies cardio-vasculaires, par pathologies de l'appareil digestif et par mort violentes, les résultats des études sont discordants et ne permettent pas de conclure.

⁷⁷Le groupe « maladies infectieuses » comprend : tuberculose pulmonaire, septicémie à staphylocoques, septicémie à pneumocoques, autres septicémies bactériennes, paludisme, autres maladies infectieuses et parasitaires, Endocardite bactérienne aiguë ou subaiguë, Pneumonie à staphylocoques, pneumonies bactériennes, grippe, péritonite, méningite, botryomycome.

Concernant les pathologies respiratoires, aucun excès de mortalité n'a été mis en évidence dans les 3 études recensées.

Comparativement à la population de la Seine Saint Denis, de Paris ou de la petite couronne (75, 91-95), un excès de mortalité par suicide statistiquement significatif a été observé parmi les égoutiers de la Ville de Paris. En revanche la mortalité par suicide est proche de celle de la population de France métropolitaine.

Aucune autre étude épidémiologique de mortalité parmi les égoutiers ne rapporte de résultats concernant la cause de décès « suicide ». En revanche, une autre étude rapporte un excès de mortalité par mort violente (groupe dans lequel la cause « suicide » fait partie).

11.1.3.4 Risques psycho-sociaux

Les dimensions symboliques et politiques des eaux usées ont des effets sur les conditions de travail, les gestes techniques, les savoirs faire, les émotions, les représentations et les mécanismes identitaires développés par les égoutiers.

L'écart entre le travail réel et le travail prescrit est souvent négligé : le travail réel contient les savoir-faire des travailleurs et ces savoirs faire, transmis sur la base de valeurs partagées, sont vecteurs d'identité, de savoirs, de valeur et de sens.

La dévalorisation, l'affaiblissement des collectifs de travail, la dimension anxiogène du travail en égouts (conditions de travail, risques professionnels, astreinte visuelle...) peuvent être sources de souffrance psychique.

L'absence de recueil de données d'exposition professionnelle (tâches effectuées, mesures de polluants) et de données de comportement individuel (ex : consommation de tabac et d'alcool), ainsi que le caractère multifactoriel et la diversité des pathologies mises en évidence dans ces études, ne permettent pas de conclure formellement sur les facteurs de risque professionnels associés aux effets sur la santé observés.

Dans ce contexte, le GT a orienté ses travaux sur les facteurs de risque associés aux conditions actuelles de travail et d'exposition dans les égouts. La démarche classique d'EQRS n'a pas été jugée pertinente pour répondre à cette question. En effet, l'EQRS, dont l'approche classique n'est pas appropriée dans le cas des égoutiers exposés à un cocktail d'agents (chimiques, microbiologiques, autres) dont la composition exacte n'a jamais été identifiée précisément et qui est de toute façon sûrement très variable dans le temps et dans l'espace.

Les données d'exposition ont alors été discutées de façon qualitative au regard des résultats des études de morbidité et de mortalité en vue d'émettre des hypothèses sur des facteurs de risques professionnels susceptibles d'être associés à une atteinte de la santé des égoutiers.

11.2 Discussion d'hypothèses développées par le GT sur les facteurs de risques susceptibles d'expliquer les effets sanitaires observés (morbidité/mortalité)

Les hypothèses émises par le GT et celles portées à sa connaissance lors des auditions sont discutées ci-dessous.

11.2.1 Exposition à des agents chimiques

11.2.1.1 Exposition au sulfure d'hydrogène (H₂S)⁷⁸

► L'exposition à l'H₂S dans les égouts est ubiquitaire. Les concentrations en H₂S mesurées lors des différentes tâches au cours de la campagne de mesure, hors pics d'exposition, sont généralement faibles et très inférieures aux VLEP. Les concentrations les plus élevées peuvent en revanche dépasser les VTR.⁷⁹ Les effets liés à une exposition aigue sont bien connus, en revanche les effets liés à une exposition chronique sont peu documentés. L'hypothèse d'un lien entre une exposition chronique à de faibles concentrations en H₂S et les effets sanitaires observés chez les égoutiers a été discutée.

- Une étude réalisée avec comme objectif d'analyser le lien entre exposition à H₂S et la survenue de symptômes respiratoires (questionnaire et spirométrie) chez les égoutiers et les travailleurs de STEU a été identifiée dans la littérature. Elle montre une diminution significative du ratio VEMS/CVF chez les égoutiers les plus exposés par rapport à la population témoin et un excès statistiquement significatif de pathologies pulmonaires obstructives chez les égoutiers non fumeurs fortement exposés par rapport aux témoins non fumeurs. Les concentrations d'exposition ne sont pas précisées.
- Les autres études, réalisées chez les travailleurs d'usine papetière, d'usine de viscose, de raffinerie pétrolière ou chez les populations résidant à proximité de ces usines, tendent à montrer une augmentation des **symptômes respiratoires et ORL** (dyspnée, oppression thoracique, respiration sifflante, bronchopneumopathie, toux, irritation nasale et pharyngée, altération des indices de la fonction respiratoire), **neurologiques** (asthénie, vertiges, altération de la mémoire et de la vision des couleurs, céphalées, troubles de l'équilibre, irritabilité / altération de l'humeur), **oculaires** (douleur, sensation de tension, irritation, photophobie) et, dans une moindre mesure, des **symptômes digestifs** (nausée, vomissement) chez les populations exposées de façon chronique à l'H₂S. Cependant, d'autres études concluent à l'absence d'effet chez les populations exposées. De plus, ces études ne permettent généralement pas de déterminer si les symptômes observés sont liés à des pics d'exposition ou à une exposition chronique à faibles doses d'H₂S. Par ailleurs, l'ATSDR souligne que la coexposition à d'autres composés (notamment les particules et les autres composés soufrés pour les effets respiratoires) complique l'interprétation des résultats et conclut qu'il n'est pas possible d'attribuer à l'H₂S seul la survenue des symptômes observés. Néanmoins, l'exposition à l'H₂S, associée à l'exposition à d'autres composés, peut provoquer les symptômes observés. En revanche, il n'existe actuellement aucune donnée en faveur d'un possible effet cancérigène de l'H₂S.

Une exposition chronique à de faibles concentrations peut provoquer les symptômes observés dans les études de morbidité de l'INRS, tels que des symptômes digestifs et respiratoires, en particulier s'il y a une coexposition à d'autres composés soufrés. Toutefois, en l'absence de données en faveur d'un possible effet cancérigène, il semble peu probable qu'une exposition chronique à H₂S ait contribué à la surmortalité par cancer observée. Les décès par pathologies digestives et par pathologies infectieuses ne peuvent pas non plus être expliqués par l'exposition à l'H₂S.

⁷⁸Les éléments relatifs à la toxicité de l'H₂S sont issus des profils toxicologiques rédigés par l'ATSDR (ATSDR, 2006), mis à jour en 2012 et 2014 (ATSDR, 2012, 2014) et par l'US EPA (US EPA, 2003). Les données issues de ces rapports sont présentées en détail en Annexe 16.

⁷⁹ Pour être comparée aux VTR la concentration, déterminée pendant l'activité (1h à 2h30) est ajustée sur 24h.

11.2.1.2 Exposition à des agents chimiques CMR (cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques) et/ou dangereux pour la santé

► L'hypothèse d'un lien entre une exposition chronique des égoutiers à des agents chimiques CMR et les effets sanitaires observés a été discutée par le GT.

- En effet, les résultats des études de génotoxicité suggèrent que les travailleurs sont exposés à des substances mutagènes et/ou génotoxiques au cours de leurs activités. De plus, parmi les composés mesurés dans l'air des égouts et/ou dans les eaux usées, certains sont classés cancérogènes par le centre international de recherche sur le cancer (CIRC) et/ou font l'objet d'une classification européenne harmonisée comme substances cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques et/ou dangereuses en application du règlement CLP⁸⁰. C'est le cas notamment du cadmium (poumon, rein, os), du cobalt (poumon), des HAP, de l'éthylbenzène, etc. dont les concentrations mesurées dans les égouts sont inférieures aux VLEP et supérieures aux concentrations mesurées dans l'air ambiant extérieur en proximité du trafic routier. Le fait que les concentrations observées soient inférieures aux valeurs de référence ne garantit pas l'absence d'effet sanitaire lié aux coexpositions et aux synergies éventuelles entre polluants. Par ailleurs des pics de concentration ne peuvent pas être exclus.
- Une exposition à des solvants chlorés (trichloroéthylène, perchloroéthylène, etc.) a été associée à la survenue de cancers. Ces composés bien que non détectés dans la CRD, peuvent être présents dans le réseau notamment à proximité de pressings, de garages. Il est probable qu'au moment de la période de suivi de la cohorte des égoutiers de la Ville de Paris (à partir de 1970), les concentrations dans le réseau aient été plus importantes comme pour les autres polluants suivis dans la CRD et qu'une exposition à ces solvants ait été une cause des cancers observés dans les études épidémiologiques.
- Les résultats de la CRD ont également mis en évidence des concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} plus élevées dans l'air des égouts qu'à l'extérieur. Le CIRC a classé en 2013 la pollution de l'air extérieur comme cancérogène pour l'homme (Groupe 1) en raison de données suffisantes chez l'homme pour le cancer pulmonaire. Il note également une association positive avec le cancer de la vessie. Les PM, composants majeurs de la pollution de l'air extérieur, ont été évaluées séparément et ont également été classées comme cancérogènes pour l'homme (Groupe 1).

Une exposition chronique à certains CMR pourrait donc expliquer certains résultats des études de morbidité et de mortalité. Il n'est cependant pas possible d'identifier les agents ou cocktail d'agents responsables, ni les pathologies associées.

11.2.1.1 Exposition à l'amiante

► Une surmortalité par cancer de la plèvre ayant été relevée dans l'étude initiale de mortalité des égoutiers de la Ville de Paris, le GT s'est interrogé sur une éventuelle exposition à l'amiante.

- Une source possible d'exposition est le revêtement des canalisations d'eau potable hébergées dans le réseau d'assainissement. Les concentrations individuelles mesurées lors de la collecte d'information (avec ou sans chocs sur ces canalisations) ainsi qu'en différents lieux d'intervention des égoutiers (Cf. paragraphe 8.2.1.1) sont nettement inférieures à la VLEP. Toutefois, il ne peut pas être exclu des expositions plus importantes lors d'intervention à proximité ou sur ces canalisations.

⁸⁰ Pour rappel, ces classifications sont basées sur une évaluation du danger et non du risque.

11.2.2 Exposition à des agents biologiques

► L'hypothèse d'un lien entre une exposition à des agents biologiques et la surmortalité observée par maladies infectieuses observée dans l'étude initiale de mortalité menée par l'INRS chez les égoutiers de la Ville de Paris a été discutée.

- Après recherche des causes détaillées de cette mortalité, il s'avère que les agents causaux ne sont pas des agents pathogènes généralement présents dans les eaux usées.
- Parmi les agents biologiques non cancérigènes potentiellement présents dans les eaux usées, la *leptospira spp.* pourrait conduire à des décès. Toutefois, aucun décès liés à cette bactérie n'est mis en évidence dans les études épidémiologiques. De plus l'importance de la couverture vaccinale des égoutiers, du fait notamment d'une vaccination obligatoire chez les égoutiers de Paris jusqu'en 2012, minimise le risque de développer une forme ictérohémorragique létale.
- Le taux de létalité des autres agents biologiques non cancérigènes étant faible, le GT estime peu probable qu'une exposition aux agents biologiques non cancérigènes présents dans les eaux usées contribuent à une surmortalité par maladie infectieuse.

► Certains agents biologiques présents dans les eaux usées étant cancérigènes, l'hypothèse d'un lien entre la surmortalité par cancer observée et l'exposition à ces agents a été discutée.

- VHB, VHC :
La surmortalité des égoutiers de Paris par des maladies du foie (sans mention d'alcool) et surtout par des cancers primaires du foie (surmortalité retrouvée aussi dans plusieurs autres études ayant étudié les cancers professionnels), obligent à considérer les facteurs de risque que représentent les virus des hépatites B et C.
En effet, la relation entre une infection au VHB ou au VHC et un hépatocarcinome primaire, à la suite d'une infection chronique est clairement démontrée (tous deux classés carcinogènes) (IARC 2012a). De plus, une association VHB et alcool augmente de façon importante le risque. Le cancer se développerait aussi en moyenne 10 ans plus tôt que chez les personnes ne consommant pas d'alcool. Un décès par cancer primaire du foie, causé par une infection par le VHB ou le VHC, présuppose une infection aiguë quelques décennies auparavant.
Toutefois, le risque de contamination professionnelle par les virus des hépatite B et C est peu probable chez les égoutiers du fait de leur mode de transmission, même s'il est possible que les expositions percutanées avec des objets coupants contaminés aient pu être plus importantes par le passé du fait de pratiques de travail différentes et d'équipements de protection moins disponibles (soit plusieurs années avant l'étude de mortalité de l'INRS).
- VHE :
L'hypothèse de la cancérigénicité du virus de l'hépatite E ayant été avancée lors des auditions, le GT a recherché des éléments permettant d'étayer cette hypothèse. La cancérigénicité du VHE n'est pas démontrée. De plus le taux de létalité est très faible. Le GT estime donc improbable que l'hépatite E ait contribué à une surmortalité des égoutiers.
- *Helicobacter Pylori* :
Helicobacter Pylori est un autre micro-organisme classé cancérigène pour l'homme potentiellement présent dans les eaux usées. Toutefois, la majorité des études recensées ne notent pas d'excès de décès ou d'incidence par cancer gastrique, ni par ulcères gastriques chez les égoutiers. De plus aucune étude de séroprévalence n'a mis en évidence d'augmentation de la prévalence des anticorps sanguins chez les travailleurs exposés aux eaux usées. L'hypothèse d'une surmortalité due à cette bactérie est donc estimée peu probable.
- *Aflatoxine B1* :
L'ingestion de cette mycotoxine, par le biais de récoltes contaminées, et en présence d'une hépatite chronique B ou C, peut être responsable de cancer du foie dans certains pays pauvres (IARC 2012b). L'hypothèse d'une exposition à l'aflatoxine B1 produite par *Aspergillus flavus*, est discutée dans deux des études recensées (Hansen *et al.* 2003 à

Copenhague et INRS 2004 à Paris). La présence d'aflatoxine B1 n'est pas exclue car, lors de l'étude de morbidité menée en 2004 parmi les égoutiers de la Ville de Paris, des prélèvements statiques avaient mis en évidence la présence d'*Aspergillus* spp. dans l'atmosphère des égouts (INRS 2004). Une CRD est en cours afin de rechercher et de quantifier l'*Aspergillus flavus* dans l'air des égouts parisiens au cours de différentes tâches. En l'absence de résultats, il n'est pas possible de conclure.

► L'hypothèse d'un lien entre la morbidité observée et l'exposition aux agents biologiques a été discutée.

- Tel que vu précédemment, la présence fréquente dans les eaux usées de bactéries, de virus et de protozoaires peut causer des diarrhées et divers symptômes peu ou non spécifiques (surtout digestifs). Notamment, quelques agents infectieux entériques viraux comme le norovirus, présents dans les eaux usées, sont fréquemment retrouvés dans la population française, Ces microorganismes ont pu et peuvent encore être causes de morbidité chez les égoutiers.
- Il est possible qu'il y ait eu et ait actuellement un risque plus important d'être exposé et infecté par le VHA pour les travailleurs au contact des eaux usées, que pour la population générale.

► Sur la base des données disponibles, il est impossible de conclure sur de potentiels effets synergiques sur la mortalité liés à la co-exposition à des agents infectieux et à des agents chimiques

- Exposition aux endotoxines

La présence d'endotoxines a été mise en évidence dans l'air des égouts. Une CRD est en cours pour quantifier la concentration en endotoxines lors de différentes tâches dans les égouts de Paris.

Une exposition aux endotoxines pourrait expliquer, en partie, les effets aigus (céphalées, nausée etc.) et les effets respiratoires chroniques rapportés dans les études de morbidité. En revanche, il n'existe pas de lien direct entre l'exposition aux endotoxines et la survenue de cancers.

11.2.3 Facteurs de risques psychosociaux

La dévalorisation, l'affaiblissement des collectifs de travail et la dimension anxiogène du travail en égout pouvant être source de souffrance psychique, le GT a discuté de ces éléments au regard de la surmortalité par suicide observée dans la cohorte des égoutiers de la Ville de Paris.

Toutefois, ni les données de la littérature, ni les auditions ne permettent de pousser plus en avant l'analyse concernant cette surmortalité.

11.2.4 Environnement de travail

Les effets de l'environnement de travail ont été discutés au regard de la morbidité et mortalité observées.

Différentes nuisances peuvent être associées au travail dans les égouts : odeurs, bruit, obscurité, température, humidité. Ces nuisances peuvent être à l'origine de symptômes tels que nausées, vomissements, irritations oculaires, céphalées, etc. L'ensemble de ces nuisances peut également avoir un impact sur la capacité de concentration et être à l'origine d'accidents. L'exiguïté de certaines parties du réseau d'assainissement peut conduire à des nuisances physiques. L'ensemble de ces nuisances peut également contribuer à une charge psychologique et être source d'angoisse (Venjean 1984).

11.2.5 Conditions de travail dans les égouts

Les effets des conditions de travail et leurs évolutions temporelles ont été discutés en lien avec la morbidité et mortalité observées.

11.2.5.1 Mesures de prévention / moyens de protection

Les données recueillies dans la littérature et au cours des auditions montrent que les mesures de prévention et moyens de protection n'ont évolué que récemment. Dans les années 1980 et jusqu'au début des années 2000, le dispositif de prévention et de protection était essentiellement axé sur les risques aigus (H₂S, chute, noyade). Les expositions chroniques n'étaient que peu prises en considération. Il est probable que ces mesures et consignes de sécurité aient été insuffisantes par le passé pour limiter les expositions aux agents chimiques et microbiologiques susceptibles de causer les effets sanitaires observés chez les égoutiers. Il est également possible que ces consignes n'aient pas toujours été suivies, et aient pu être modifiées par les égoutiers eux-mêmes en fonction de leur perception du risque.

Dans certains services d'assainissement, le travail « à la quitte » peut conduire à un relâchement dans l'application des mesures de prévention et de protection.

11.2.5.2 Durée de travail dans les égouts

D'après les auditions, le temps passé à l'intérieur des réseaux est variable selon les collectivités, et peut aller jusqu'à 4h. Par le passé, la durée de travail dans les égouts était de 6h maximum par jour (Venjean 1984) et conduisait de fait à une exposition plus importante des égoutiers.

Les travailleurs assurant les interventions en urgence ont des horaires de travail les obligeant régulièrement à travailler de nuit, ce qui peut conduire à une perturbation du cycle circadien.

11.2.5.3 Tâches effectuées dans les égouts

Certaines tâches sont apparues plus exposantes que d'autres au cours de la campagne de mesure de polluants chimiques : le curage de bassin de dessablement, le curage avec engin et les tâches de nettoyage à haute pression. Ces activités sont génératrices d'aérosols, et peuvent impacter le personnel en surface à proximité des regards d'accès.

11.2.6 facteurs de risque individuels

► La surmortalité des égoutiers de Paris par des cancers du foie et du poumon oblige à considérer les facteurs de risque individuels comme la consommation d'alcool ou de tabac.

La surmortalité par cancer du poumon observée à Paris et Copenhague pourrait s'expliquer en partie par une proportion de fumeurs, parmi les égoutiers, plus importante que celle dans la population de référence. Ainsi, l'étude de morbidité réalisée en 2004 parmi les égoutiers de la Ville de Paris montre une proportion de fumeurs et d'ex-fumeurs estimée à 73 % contre 52 % parmi les non égoutiers de la Ville de Paris (INRS 2004). De plus, des données externes produites par l'Institut de Veille Sanitaire (Lauzeille *et al.* 2009) à partir de l'enquête décennale de santé 2003 de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) renseignent sur les consommations de tabac par profession et secteurs d'activité de la population française. Il en ressort que dans le secteur d'activité « Assainissement, voiries et gestion des déchets » dans lequel se trouve le secteur « Épuration des eaux usées », la proportion de fumeurs, fumeurs occasionnels et ex-fumeurs parmi les ouvriers non qualifiés est supérieure à celle estimée en France métropolitaine (70 % vs. 57 %, respectivement).

Cependant, dans l'étude menée parmi les égoutiers de la Ville de Paris, aucun excès de décès n'est observé pour d'autres cancers connus pour être liés au tabac (cancer de la vessie, cancer de l'estomac) ni pour les maladies ischémiques du cœur. De plus, l'excès de décès par cancers de « trachée, bronches, poumon » augmente légèrement avec la durée d'emploi.

Ainsi, les excès de décès par cancers de « trachée, bronches, poumon » et des voies aéro-digestives supérieures de l'œsophage et du foie ne sont probablement pas uniquement dus à la consommation de tabac.

Sur l'ensemble des résultats rapportés par les différentes études, les excès de décès ou de survenues de cancer les plus élevés sont observés pour le cancer du foie. Les trois études recensées confirment les résultats de l'étude de l'INRS. Il est à noter que dans l'étude de l'INRS, la surmortalité par maladies chroniques du foie explicitement liées à l'alcool n'est pas statistiquement significative. En revanche, certains cancers reliés à l'alcool présentent des surmortalités statistiquement significatives (cavité buccale, œsophage). De ce fait le rôle de l'alcool dans ces pathologies est suspecté mais des facteurs professionnels ne peuvent pas être exclus.

► D'après les auditions, il était également fréquent, par le passé, que les égoutiers aient une activité secondaire en dehors de leur métier. Il est possible que des facteurs de risques liés à ces activités secondaires aient pu contribuer à la surmortalité observée. Toutefois ces facteurs de risques ne peuvent pas être identifiés.

12 Conclusion

Malgré la volonté de responsabilisation des industriels quant à la maîtrise et la connaissance de leurs rejets d'eaux usées dans le réseau de collecte par la mise en place de conventions et d'autorisations de rejets avec les collectivités, les égouts restent un milieu particulièrement insalubre. Par ailleurs, outre les micro-organismes présents dans les eaux usées, la méconnaissance par les particuliers de la réglementation spécifique aux rejets d'eaux usées domestiques, propre à chaque service d'assainissement, peut exposer les égoutiers à de nombreux polluants à des concentrations inconnues.

A la question « Quelles sont les expositions des égoutiers aux agents chimiques, microbiologiques, voire radiologiques, présents dans les eaux usées brutes et dans l'atmosphère des égouts ? », le GT conclut que :

- Un cocktail d'agents chimiques et biologiques ont été identifiés dans l'eau et/ou dans l'air au travers des quelques études recensées dans la littérature, dont l'objectif était majoritairement environnemental. Seules deux études présentaient des résultats de mesures individuelles, sans spécification des tâches réalisées. Ces données ne permettent pas d'appréhender l'exposition des égoutiers.
- La campagne de mesures réalisée chez les égoutiers de la Ville de Paris a permis de connaître les niveaux d'exposition à certains polluants pour certaines tâches. Toutefois, il a été impossible d'établir des données d'exposition représentatives du fait de la grande variabilité spatio-temporelle des concentrations et de la variabilité des modalités d'intervention dans les différents réseaux d'assainissement.
- Cette campagne a mis en évidence :
 - o une exposition notable aux polluants issus de l'air ambiant (BTEX, PM10 et PM2,5), ainsi qu'à des CMR.
 - o des tâches apparaissant plus exposantes : nettoyage à haute pression, curage avec engins et extraction des bassins de dessablement. Ces tâches durent en moyenne entre 1h30 à 2h30.
 - o des concentrations parfois élevées en certains polluants lors de la réalisation de tâches supposées moins exposantes, comme par exemple la collecte d'information.

Pour la majorité des polluants, les concentrations mesurées sur la durée des tâches ont été comparées aux VLEP établies sur des critères sanitaires uniquement. Lorsque ces dernières n'étaient pas disponibles, les concentrations ont été comparées aux VTR existantes par inhalation et pour des durées d'exposition chroniques ou subchroniques. Dans la majorité des situations, les concentrations mesurées pour chacune des substances sont faibles comparativement à ces valeurs de référence. Cependant des pics de concentration ne peuvent pas être exclus. Le fait que les concentrations observées soient inférieures aux valeurs de référence ne garantit pas l'absence d'effet sanitaire lié aux coexpositions et aux synergies éventuelles entre polluants.

Une campagne de mesure d'endotoxines et d'*Aspergillus flavus* dans l'air des égouts parisien est en cours et fera l'objet d'un addendum au présent rapport.

A la question « Quels sont les effets sanitaires à long terme des conditions de travail dans les égouts ? », le GT conclut que :

- Les résultats des études de morbidité chez les égoutiers et les travailleurs de STEU qui s'étendent depuis 1978 jusqu'à 2011 sont concordants avec ceux de l'étude de l'INRS

réalisée auprès des égoutiers de la Ville de Paris, même si leur comparaison doit être réalisée avec précaution en raison des limites inhérentes aux études transversales de type déclaratif. Les symptômes les plus fréquemment rapportés par les travailleurs exposés aux eaux usées sont digestifs (diarrhées aiguës), respiratoires (toux productives ou non, symptômes obstructifs), d'irritation, du nez, de la gorge, et de la peau (ou eczéma) et généraux (céphalées, asthénie).

- Concernant les pathologies infectieuses, une surmortalité a été constatée dans la première étude de mortalité de l'INRS, les causes de décès n'étant pas liées à des agents présents dans les eaux usées. D'autres études ont également montré une augmentation de la fréquence de certaines pathologies infectieuses, la majorité d'entre elles étant de durée limitée et très rarement létales.
- Concernant les pathologies cancéreuses, les résultats des études de mortalité de l'INRS sont concordants avec les autres études épidémiologiques recensées dans la littérature uniquement pour les cancers du foie et du poumon. En dehors des facteurs de risques non professionnels connus pour les cancers mis en évidence dans l'étude de l'INRS, les résultats des études de génotoxicité suggèrent que les travailleurs sont exposés à des substances mutagènes/ génotoxiques au cours de leurs activités. De plus les résultats de la campagne de mesure ont mis en évidence des expositions à des agents cancérigènes (Cf. § 8.3.1). Même s'il est connu que l'exposition à des agents génotoxiques ou à des agents mutagènes n'est pas synonyme d'un effet cancérigène futur, ces expositions pourraient en partie expliquer certains excès de mortalité par cancer observés dans les études épidémiologiques.
- Une surmortalité par suicide a par ailleurs été observée dans une étude.
- Concernant les suicides, ni les données de la littérature, ni les auditions ne permettent de conclure.

Ainsi, malgré leurs limites, les études recensées montrent l'existence d'un risque sanitaire associé au métier d'égoutiers.

A la question « Quels sont les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers, au regard des dangers identifiés et des expositions professionnelles ? », le GT conclut que :

- Il n'a pas été possible d'identifier formellement un ou plusieurs facteurs de risque responsable de la mortalité observée du fait de l'absence de recueil de données d'expositions professionnelles et de données de comportement individuel dans les études épidémiologiques ainsi que du caractère multifactoriel et de la diversité des pathologies mises en évidence.
- Toutefois :
 - o Le GT estime qu'il est peu probable que les micro-organismes présents dans le réseau d'assainissement soient des agents causaux de la surmortalité observée chez les égoutiers. Ils peuvent cependant expliquer une partie des symptômes observés dans les études de morbidité. Par exemple une exposition à des micro-organismes et à des endotoxines pourrait expliquer certains symptômes digestifs (dont les diarrhées et les nausées) et les effets respiratoires chroniques. Par ailleurs, sur la base des données disponibles, il est impossible de conclure sur de potentiels effets synergiques sur la mortalité liés à la co-exposition à des agents infectieux et à des agents chimiques.
 - o Les résultats des études de génotoxicité suggèrent que les travailleurs sont exposés à des substances mutagènes et/ou génotoxiques au cours de leurs activités. Les résultats de la campagne de mesures ont également mis en évidence des expositions à des agents CMR et à un cocktail de polluants chimiques, avec de plus fortes expositions pour certaines tâches. Cette exposition peut contribuer au

développement de pathologies chroniques graves se traduisant par une surmortalité. Il n'est cependant pas possible d'identifier les agents ou cocktail d'agents responsables, ni les pathologies associées.

- La surmortalité observée concerne principalement des cancers donc des pathologies avec des temps de latence importants. Même si les tâches des égoutiers n'ont que peu évolué dans le temps, hormis l'utilisation plus importante dans certains réseaux de moyens mécanisés et d'équipements de protection collectif et individuel, les conditions de travail, les mesures d'hygiène, de prévention et de protection ont pu être inadéquates par le passé et les expositions ont pu être plus importantes. Il est à noter une « prise de conscience » récente des risques chimiques et microbiologiques, notamment depuis la publication des résultats de l'étude de l'INRS, qui a conduit à une amélioration des moyens de protection et mesures de prévention : par exemple consignes pour l'aération avant la descente, mise à disposition de détecteur 4 gaz individuel et de combinaison jetable (Paris), etc.
- La dévalorisation, l'affaiblissement des collectifs de travail et la dimension anxigène du travail en égout peuvent être source de souffrance psychique. Toutefois, ni les données de la littérature, ni les auditions ne permettent de pousser plus en avant l'analyse concernant la mortalité par suicide.
- Le rôle des facteurs de risque individuels ne peut pas être exclu. Par le passé, les consommations d'alcool et de tabac auraient pu être responsables d'une partie des cancers observés. Ces consommations ne permettent cependant pas d'expliquer à elles seules l'ensemble des effets observés.
- Par le passé il était fréquent que les égoutiers aient une activité secondaire en dehors de leur métier. Il est possible que des facteurs de risques liés à ces activités secondaires aient pu contribuer à la surmortalité observée.

13 Recommandations

Le réseau de collecte d'eaux usées dans lequel évoluent quotidiennement les égoutiers est un milieu particulièrement insalubre. Aucune caractérisation globale de l'exposition des égoutiers aux agents polluants présents dans ce milieu n'existe, rendant extrêmement difficile la détermination des facteurs de risques professionnels susceptibles d'expliquer la surmortalité observée pour cette catégorie professionnelle.

Cependant les données scientifiques recueillies et examinées par le GT laissant supposer l'existence d'un risque sanitaire le GT souhaite émettre des recommandations à destination des employeurs et des pouvoirs publics afin de protéger au mieux ce groupe de travailleurs.

Ces recommandations portent sur :

- L'évaluation des risques professionnels
- Les moyens de prévention et protection
- Le suivi médical de la population
- Les axes de recherches

Avant tout, le GT souhaite rappeler que tous les professionnels travaillant dans un réseau au contact des eaux usées sont exposés indépendamment de leur statut ou de celui de leur employeur. Il serait donc utile d'harmoniser le vocable dédié à ces travailleurs afin *in fine* de mutualiser toutes les informations disponibles les concernant au sein d'une unique base de données pour surveiller les expositions et les effets sanitaires et mettre en place si nécessaire des mesures de prévention à l'échelle nationale. Le GT recommande donc d'organiser une mise en commun des informations au niveau national et de façon suivie, systématique et pérenne.

Par ailleurs, le GT tient également à rappeler les principes généraux de prévention qui doivent s'appliquer quelle que soit l'affiliation des travailleurs (article L. 4121-1 du Code du Travail) :

- Éviter les risques ;
- Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- Combattre les risques à la source ;
- Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
- Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral, tel qu'il est défini à l'article L. 1152-1 ;
- Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

Recommandations pour l'évaluation des risques professionnels

Le GT rappelle l'obligation réglementaire de l'employeur de réaliser l'évaluation des risques auxquels sont exposés les égoutiers afin de prendre les dispositions nécessaires pour assurer la

sécurité et la protection de la santé des travailleurs en incluant les risques chimiques, microbiologiques et psycho-sociaux insuffisamment appréhendés actuellement. Ces risques sont à intégrer au DUER⁸¹, en vue de mettre en place un plan d'actions de réduction des risques.

Recommandation en terme de mesure de prévention et de protection

Compte tenu de l'activité, les risques chimiques et microbiologiques ne peuvent pas être supprimés. Il convient donc d'optimiser les mesures visant à réduire l'exposition des travailleurs.

Le GT recommande :

- De développer une formation professionnelle obligatoire pour toute personne amenée à travailler en réseau souterrain⁸², en complément du dispositif CATEC⁸³ : hygiène, sécurité, bonnes pratiques, facteurs de risques individuels, ...
- Pour les tâches particulièrement exposantes :
 - o D'optimiser la ventilation du réseau en tenant compte de la qualité de l'air introduit par la mise en place de systèmes mécaniques et de filtration.
 - o De mécaniser ces tâches afin de limiter l'exposition des égoutiers en ciblant en priorité celles pour lesquelles les mesures de protection collective ou individuelle ne peuvent être optimisées.
 - o Dans l'attente de ces améliorations, d'envisager toute mesure organisationnelle permettant de réduire les expositions.
- De mettre en œuvre les mesures d'hygiène et les consignes de sécurité en lien avec le service de santé au travail :
 - o Mise en œuvre des équipements de protection collective (EPC),
 - o Mise à disposition et port des équipements de protection individuelle (EPI) adaptés,
 - o Mise à disposition et port de détecteurs multigaz ou a minima H2S de manière individuelle, correctement étalonnés et centralisation, archivage et suivi de leurs données,
 - o Entretien et stockage des EPI dans un local propre dédié,
 - o Mise à disposition d'installations sanitaires et de vestiaires, propres et en nombre suffisant,
 - o Organisation d'un circuit sale/circuit propre,
 - o Règles d'habillement, déshabillage, hygiène des mains et corporelle, avant les pauses et en fin de service,
 - o Etc.

Le CES recommande également de renforcer l'auto-surveillance et de contrôler plus régulièrement la conformité des rejets d'eaux usées non domestiques avec les autorisations de déversement.

En cas de modification, réhabilitation ou extension des réseaux d'assainissement, il serait préférable dans la mesure du possible, d'envisager des réseaux dont l'hydraulicité permette l'auto-

⁸¹ Document Unique d'Évaluation des Risques

⁸² Le CES rappelle que différents corps de métiers sont amenés à intervenir au sein des réseaux d'assainissement, notamment le personnel intervenant sur les canalisations et réseaux hébergés dans les égouts, et que ces personnels doivent être informés des risques encourus et formés aux procédures d'intervention

⁸³ CATEC : Certificat d'Aptitude à Travailler en Espaces Confinés dans les domaines de l'Eau potable et de l'assainissement. Il est délivré à l'issue d'une formation d'une journée intégrant une évaluation des compétences à intervenir en sécurité.

curage. En ce qui concerne l'exploitation de ces réseaux, il convient de favoriser la mécanisation, l'intervention à distance et l'inspection télévisée.

Le GT souligne également la nécessité de construire la prévention avec les égoutiers, afin de valoriser leur expérience de terrain, de développer des outils de travail adaptés et acceptables, et de reconnaître les collectifs et leurs valeurs. Cette reconnaissance est d'autant plus importante qu'elle peut aider à faire face à un travail socialement dévalorisé et qui peut être porteur d'angoisse.

Recommandation pour le suivi des égoutiers

Le GT recommande de s'assurer du suivi médical renforcé des égoutiers :

- compte tenu de l'abrogation de l'arrêté du 11 juillet 1977 fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale par l'arrêté du 2 mai 2012 abrogeant diverses dispositions relatives à la surveillance médicale renforcée des travailleurs (dont les travaux effectués en égouts).
- du fait des expositions des égoutiers à certains des agents mentionnés dans le décret 2012-135 du 31 janvier 2012.

Concernant la vaccination anti-leptospirose et anti-hépatite A, le CES recommande de se conformer aux avis du comité technique des vaccinations du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) en vigueur⁸⁴.

Le GT recommande :

- la tenue du DMST (dossier médical en santé travail) selon les recommandations de la Haute autorité de santé (HAS)
- La constitution de groupe de pairs entre médecins du travail et de prévention en charge des égoutiers afin de déterminer les bonnes pratiques dans le suivi
- Le recueil du curriculum laboris et sa conservation dans le dossier médical
- La traçabilité des expositions par l'employeur avec le concours des services de santé et de prévention pour l'ensemble des travailleurs exposés et sa poursuite dans le temps

Recommandations de recherche :

Le GT recommande de mettre en place des études épidémiologiques prospectives pour le suivi des effets sanitaires à long terme chez les égoutiers (morbidité et mortalité), prenant en compte les facteurs de risques professionnels (suivi des expositions et des tâches effectuées notamment) et individuels (habitudes de vie, consommation de tabac et d'alcool, etc.).

Le GT recommande d'évaluer les bénéfices sur la qualité de l'air au sein des réseaux d'assainissement des différents dispositifs de ventilation et de filtration (naturelle ou mécanique).

Afin d'améliorer les connaissances concernant les expositions des égoutiers, Le GT recommande de poursuivre les mesures individuelles de polluants, en :

- élargissant les études à d'autres réseaux d'assainissement et d'autres tâches, notamment la tâche de garde orifice qui selon l'activité réalisée en souterrain peut être exposé à des aérosols.

⁸⁴ Calendrier des vaccinations et recommandations vaccinales 2015 (http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Calendrier_vaccinal_2015.pdf)

- les étendant à des polluants non encore recherchés tels que composés semi-volatils, pesticides, microorganismes, etc.,
- caractérisant la composition des particules présentes.

Enfin, le GT propose d'étudier la pertinence de réaliser des mesures de biomarqueurs pour le suivi des expositions, compte tenu des situations d'exposition multiples mises en évidence.

Sensibilisation

Le GT préconise que soient organisées des campagnes de sensibilisation visant à rappeler à la population générale que le réseau d'assainissement souvent appelé "tout à l'égout" n'est pas destiné à tout recevoir, et préciser les bonnes pratiques de rejets.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et par le comité d'experts spécialisé : 17 décembre 2015.

14 Bibliographie

14.1 Publications

- Afssa. 2007. Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale.
- Agriculture Environnement. 2008. "Pour en savoir plus sur l'hépatite E - Entretien avec Dr Jean-Louis Thillier Consultant Scientifique." Last Modified 08/12/2008 Accessed décembre 2013. <http://www.agriculture-environnement.fr/dossiers/entretiens/pour-en-savoir-plus-sur-l-hepatite-e.459>.
- Al-Batanony, M. A., and M. K. El-Shafie. 2011. "Work-related health effects among wastewater treatment plants workers." *International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2 (4):237-244.
- Al Zabadi, H., L. Ferrari, I. Sari-Minodier, M. A. Kerautret, A. Tiberguent, C. Paris, and D. Zmirou-Navier. 2011. "Integrated exposure assessment of sewage workers to genotoxicants: An urinary biomarker approach and oxidative stress evaluation." *Environmental Health: A Global Access Science Source* 10 (1). doi: 10.1186/1476-069x-10-23.
- Ambekar, A. N., R. S. Bharadwaj, S. A. Joshi, A. S. Kagal, and A. M. Bal. 2004. "Sero surveillance of leptospirosis among sewer workers in Pune." *Indian journal of public health* 48 (1):27-29.
- Ambroise, D., N. Massin, G. Orset, and P. Duquenne. 2005. Etude épidémiologique parmi les égoutiers de la communauté urbaine du Grand Lyon. Rapport Interne EGOUTL. (non publié).
- Anderson, D.A. . 2010. "Hepatitis E virus." In *Mandell, Douglas, and Bennett's principles and practice of infectious diseases.* , edited by Bennett JE In: Mandell GL, Dolin R, , 2411-2423. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone Elsevier.
- Anonymous. 2000. "Prevalence of helicobacter pylori infection among sewage workers." *Epidemiological news bulletin (Singapore)* (26):62-63.
- Anses. 2011a. Entamoeba histolytica - Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments - 2010-SA-0233.
- Anses. 2011b. Giardia duodenalis - Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments - 2010-SA-0230.
- Anses. 2012. Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries - Rapport d'expertise collective.
- APHA. 2008a. "Giardiasis." In *Control of Communicable Diseases Manual* 252-254. Heymann, D. L.
- APHA. 2008b. "Viral hepatitis B." In *Control of Communicable Diseases Manual* 276-284. Heymann, D. L.
- APHA. 2008c. "Viral Hepatitis E." In *Control of Communicable Diseases Manual* 289-291. Heymann, D. L.
- Arvanitidou, M., T. C. Constantinidis, J. Doutsos, K. Mandraveli, and V. Katsouyannopoulos. 1998. "Occupational hepatitis B virus infection in sewage workers." *Medicina del Lavoro* 89 (5):437-444.
- Arvanitidou, M., P. Mamassi, and A. Vayona. 2004. "Epidemiological evidence for vaccinating wastewater treatment plant workers against hepatitis A and hepatitis B virus." *European Journal of Epidemiology* 19 (3):259-262. doi: 10.1023/B:EJEP.0000020444.64546.3b.

- Assurance Maladie Risques Professionnels. 2014. Sinistralité AT/MP. Assurance Maladie (<http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/statistiques-et-analyse/sinistralite-atmp.html>).
- Atherton, J.C., and M.J. Blaser. 2006. "Infections à *Helicobacter pylori* ." In *Harrison. Principes de médecine interne.*, 886-889. Médecine- Science Flammarion.
- Austin, H., E. Delzell, S. Gruffernan, R. Levine, A. S. Morrison, P. D. Stolley, and P. Cole. 1987. "Case-control study of hepatocellular carcinoma, occupation, and chemical exposures." *Journal of Occupational Medicine* 29 (8):665-669.
- Barsky, J. B., S. S. Que Hee, C. S. Clark, and J. H. Trapp. 1986. "Simultaneous multi-instrumental monitoring of vapors in sewer headspaces by several direct-reading instruments." *Environmental Research* 39 (2):307-320. doi: 10.1016/S0013-9351(86)80057-3.
- Béguin, Marine. 2013. "Deux "petits métiers" au cœur de la ville : éboueur, balayeur. Comment supporter le "sale travail" ?", <http://www.theses.fr/2013LORR0244>.
- Benbrik, E., A. Tiberguent, and A. Dômont. 2000. "HAV seroprevalence study among water-purification station workers, sewage workers and administrative workers." *Archives des Maladies Professionnelles et de Médecine du Travail* 61 (1):7-28.
- Betemps, E. J., C. R. Buncher, and C. S. Clark. 1994. "Proportional mortality analysis of wastewater treatment system workers by birthplace with comments on amyotrophic lateral sclerosis." *Journal of Occupational Medicine* 36 (1):31-35.
- Bitton, G. . 2005. "14.7.3 Health hazards to wastewater treatment plant workers." In *Wastewater microbiology*, 384-385. Wiley Liss
- Bonanni, P., N. Comodo, R. Pasqui, U. Vassalle, G. Farina, A. Lo Nostro, V. Boddi, and E. Tiscione. 2000. "Prevalence of hepatitis A virus infection in sewage plant workers of Central Italy: Is indication for vaccination justified?" *Vaccine* 19 (7-8):844-849. doi: 10.1016/S0264-410X(00)00227-9.
- Bond, WalterW, MartinS Favero, NormanJ Petersen, CliftonR Gravelle, JamesW Ebert, and JamesE Maynard. 1981. "SURVIVAL OF HEPATITIS B VIRUS AFTER DRYING AND STORAGE FOR ONE WEEK." *The Lancet* 317 (8219):550-551. doi: 10.1016/S0140-6736(81)92877-4.
- Bourdieu, P. 1993. *La misère du Monde*. Paris.
- Bourrier, R., M. Satin, and B. Selmi. 2010. *Guide technique de l'assainissement*. 4ème édition ed: Editions le Moniteur.
- Brautbar, N., and N. Navizadeh. 1999. "Sewer workers: Occupational risk for hepatitis C report of two cases and review of literature." *Archives of Environmental Health* 54 (5):328-330.
- Brown, L. M. 2000. "*Helicobacter pylori*: Epidemiology and routes of transmission." *Epidemiologic Reviews* 22 (2):283-297.
- Brown, N. J. . 1997. Health hazards manual: Wastewater treatment plant and sewer workers. Exposure to chemical hazards and biohazards. Ithaca, NY: Cornell University, Chemical Hazard Information Program. <http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/manuals/2>.
- Brugha, R., J. Heptonstall, P. Farrington, S. Andren, K. Perry, and J. Parry. 1998. "Risk of hepatitis A infection in sewage workers." *Occup Environ Med* 55 (8):567-9.
- Cadilhac, P., and F. Roudot-Thorava. 1996. "Seroprevalence of hepatitis A virus infection among sewage workers in the parisian area, France." *European Journal of Epidemiology* 12 (3):237-240.
- Castel, H., and G. Pomier Layrargues. 2012. "Quand l'hépatite se complique... prise en charge de la cirrhose." *Le Médecin du Québec* 47 (4):63-68.
- Centre national de référence VHA VHE. 2012. "Le virus de l'hépatite E (VHE)." Last Modified 8 mars 2012. <http://www.cnrvha-vhe.org/?cat=7>.
- Chaari, A., M. Bahloul, H. Chelly, M. Sahnoun, and M. Bouaziz. 2010. "Neurological and heart failure following an accidental intoxication by hydrogen sulphide: A case report."

- Défaillance cardiaque et neurologique secondaire à une intoxication accidentelle par l'hydrogène sulfuré: À propos d'un cas* 29 (4):304-307. doi: 10.1016/j.annfar.2010.01.015.
- Chan, O. Y., S. E. Chia, N. Nadarajah, and E. H. Sng. 1987. "Leptospirosis risk in public cleansing and sewer workers." *Annals of the Academy of Medicine Singapore* 16 (4):586-590.
- Chow, W. H., J. K. McLaughlin, H. S. R. Malaker, J. A. Weiner, J. L. E. Ericsson, B. J. Stone, and W. J. Blot. 1994. "Occupation and stomach cancer in a cohort of Swedish men." *American Journal of Industrial Medicine* 26 (4):511-520.
- Chriske, H. W., R. Abdo, R. Richrath, and S. Braumann. 1990. "Danger of hepatitis B infection in sewerage and sewage works staff." *HEPATITIS-B-INFEKTIONSGEFARHDUNG BEI KANAL- UND KLARWERKSARBEITERN* 25 (10):475-477.
- Christia-Lotter, A., C. Bartoli, M. D. Piercecchi-Marti, D. Demory, A. L. Pelissier-Alicot, A. Sanvoisin, and G. Leonetti. 2007. "Fatal occupational inhalation of hydrogen sulfide." *Forensic Science International* 169 (2-3):206-209. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.02.043.
- Clark, C. S., G. L. Van Meer, C. C. Linnemann, A. B. Bjornson, P. S. Gartside, G. M. Schiff, S. E. Trimble, D. Alexander, E. J. Cleary, and J. P. Phair. 1980. "Health effects of occupational exposure to wastewater." Symposium on Wastewater aerosols and disease september 19-21, 1979.
- Clark, C. S. 1986. "Health effects associated with wastewater treatment and disposal." *Journal of the Water Pollution Control Federation* 58 (6):539-543.
- Clark, C. S. 1987. "Potential and actual biological related health risks of wastewater industry employment." *Journal of the Water Pollution Control Federation* 59 (12):999-1008.
- Clark, C. S., C. C. Linnemann, Jr., J. G. Clark, and P. S. Gartside. 1984. "Enteric parasites in workers occupationally exposed to sewage." *J Occup Med* 26 (4):273-5.
- Clark, C. S., C. C. Jr. Linnemann, G. L. Van Meer, G. M. Schiff, P. S. Gartside, A. B. Bjornson, E. J. Cleary, J. P. Phair, C. R. Buncher, D. L. Alexander, S. E. Trimble, and Barnett B. C. 1981. Health Risks of Human Exposure to Wastewater. Cincinnati Ohio EPA: US EPA.
- Clark, C. Scott, Edward J. Cleary, Gilbert M. Schiff, Clavin C. Linneman Jr, John P. Phair, and Terrence M. Briggs. 1976. "DISEASE RISKS OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO SEWAGE." *ASCE J Environ Eng Div* 102 (2):375-388.
- Clark, C. Scott, Calvin C. Linnemann, and Laila Sekla. 1986. "The use of serum antibody as a means to determine infections from exposure to wastewaters and refuse." *Critical Reviews in Environmental Control* 16 (4):305-326. doi: 10.1080/10643388609381750.
- Clot, Y. 2008. *Travail et pouvoir d'agir, Le travail Humain*.
- CNAMTS. 2010. Recommandation R447. Prévention des accidents lors des travaux en espaces confinés. INRS.
- CNAMTS. 2012. Recommandation R472. Mise en œuvre du dispositif CATEC® : Certificat d'aptitude à travailler en espaces confinés dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement. INRS.
- CNPP. 2011. ETUDE « PEPS-SAP » - Rapport final sur la perception des enjeux et des pratiques sécurité par les agents de la section de l'assainissement de Paris (SAP).
- CNRACL. 2013. Banque nationale de données - Rapport statistique 2013 - Fonction publique territoriale. Etablissement de Bordeaux – PPGS.
- Cohidon, C., G. Rabet, J. Plaine, C. Chubilleau, and M. Valenty. 2012. "Santé mentale et activité professionnelle : comparaison de deux programmes de surveillance, MCP et Samotrace." *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* (22-23):3.
- Committee on Biological Agents. 2010. Technical Rules for Biological Agents TRBA 220 - Safety and Health for Activities involving Biological Agents in Sewage Plants
- Coquery, M., M. Pomies, S. Martin-Ruel, H. Budzinski, C. Miegé, M. Esperanza, C. Soulier, and J. M. Choubert. 2011. "Concentrations and fluxes of micropolluants in wastewaters and

- sludge: Methodology and main results of the Amperes project." *Techniques - Sciences - Methodes* (1-2):25-43.
- Corrao, G., C. Zotti, and A. Sciacovelli. 1985. "Hepatitis A and B virus infection in dustmen and sewer workers." *INFEZIONI DA VIRUS DELLE EPATITI A E B NEGLI ADDETTI ALLA RACCOLTA RIFIUTI DI ASTI* 7 (4):145-147.
- Costigan, M. G. 2003. "Hydrogen sulfide: UK occupational exposure limits." *Occupational and Environmental Medicine* 60 (4):308-312. doi: 10.1136/oem.60.4.308.
- Daneshzadeh Tabrizi, R., A. Bernard, A. M. Thommen, F. De Winter, A. Oppliger, S. Hilfiker, A. Tschopp, and P. Hotz. 2010. "Surfactant protein-D and exposure to bioaerosols in wastewater and garbage workers." *Int Arch Occup Environ Health* 83 (8):879-86. doi: 10.1007/s00420-010-0525-3.
- Datchary, C., and A. Jeanjean. 2008. "Les usages de l'écrit dans l'assainissement " TIC, usages et organisations Paris, janvier 2008.
- De Serres, G., B. Levesque, R. Higgins, M. Major, D. Laliberte, N. Boulianne, and B. Duval. 1995. "Need for vaccination of sewer workers against leptospirosis and hepatitis A." *Occup Environ Med* 52 (8):505-7.
- Dean, R. B. 1978. Assessment of disease rates among sewer workers in Copenhagen, Denmark In *Environmental health effects research series*. Cincinnati, Ohio: US EPA.
- Dean, R. B. 1979. "Disease rates among Copenhagen sewer workers." Wastewater aerosols and disease,, Cincinnati, Ohio, USA : EPA.
- DECOS. 2010. *Endotoxins - Health-based recommended occupational exposure limit*. The Hague: Health Council of the Netherlands, .
- Delattre, F. 2014. Les catégories actives : quelle réponse à la pénibilité dans la fonction publique ? Rapport d'information fait au nom de la commission des finances.
- Delbos, G., and P. Jaurion. 1990. *La transmission des savoirs*. 2, réimprimée ed. Vol. 2, *Ethnologie de la France*. Paris.
- Desjours, C. 1980. *Travail : Usure mentale, essai de psychopathologie du travail*: Bayard (Le Centurion).
- Desnoyers, L. 2009. Les images de la communication scientifique : d'une approche ergonomique à un essai de taxonomie. *ACTES SÉMIOTIQUES* 112.
- Dienstag, J.L., and K.J. Isselbacher. 2006 " Hépatites virales aiguës." In *Harrison - Principes de médecine interne.*, edited by D. L. Kasper, E. Braunwald, A. S. Fauci and S. L. Hauser, 1822-1838. Médecine Science Flammarion.
- Divizia, M., B. Cencioni, L. Palombi, and A. Panà. 2008. "Sewage workers: Risk of acquiring enteric virus infections including Hepatitis A." *New Microbiologica* 31 (3):337-341.
- Doby, J. M., J. M. Duval, and J. C. Beaucournu. 1980. "Amebiasis, an occupational disease of sewermen?" *La Nouvelle presse medicale* 9 (8).
- Doby, J. M., C. Guiguen, J. M. Duval, and J. Deunff. 1983. "Intestinal parasitosis in sewermen. Second survey carried out in the sewermen of the city of Rennes, looking more particularly for amoebiasis." *Archives des Maladies Professionnelles de Medecine du Travail et de Securite Sociale* 44 (1):21-25.
- Døssing, M., K. T. Petersen, M. Vyberg, and J. H. Olsen. 1997. "Liver cancer among employees in Denmark." *American Journal of Industrial Medicine* 32 (3):248-254. doi: 10.1002/(SICI)1097-0274(199709)32:3<248::AID-AJIM10>3.0.CO;2-V.
- Douglas, M. 1992 *De la souillure - Essai sur les notions de pollution et de tabou*. Paris: La Découverte.
- Douwes, J., A. Mannelje, and D. Heederik. 2001. "Work-related symptoms in sewage treatment workers." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 8 (1):39-45.

- Duquenne, P., D. Ambroise, P. Görner, F. Clerc, and G. Greff-Mirguet. 2014. "Exposure to airborne Endotoxins among sewer workers: An exploratory study." *Annals of Occupational Hygiene* 58 (3):283-293. doi: 10.1093/annhyg/met085.
- Duquenne, P., G. Marchand, and C. Duchaine. 2013. "Measurement of endotoxins in bioaerosols at workplace: A critical review." *Annals of Occupational Hygiene* 57 (2):137-172. doi: 10.1093/annhyg/mes051.
- Dzaman, K., A. Wojdas, P. Rapiejko, and D. Jurkiewicz. 2009. "Taste and smell perception among sewage treatment and landfill workers." *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 22 (3):227-234. doi: 10.2478/v10001-009-0025-4.
- El-Esnawy, N. A. 2000. "Examination for hepatitis E virus in wastewater treatment plants and workers by nested RT-PCR and ELISA." *J Egypt Public Health Assoc* 75 (1-2):219-31.
- Farahat, S. A., and N. A. Kishk. 2010. "Cognitive functions changes among Egyptian sewage network workers." *Toxicology and Industrial Health* 26 (4):229-238. doi: 10.1177/0748233710364966.
- Fenollar, F., M. Trani, B. Davoust, B. Salle, M. L. Birg, J. M. Rolain, and D. Raoult. 2008. "Prevalence of asymptomatic *Tropheryma whippelii* carriage among humans and nonhuman primates." *J Infect Dis* 197 (6):880-7. doi: 10.1086/528693.
- Ferrand, J. F., S. Cénée, P. Laurent-Puig, M. A. Lorient, J. C. Trinchet, F. Degos, J. P. Bronovicky, G. Pelletier, and I. Stücker. 2008. "Hepatocellular carcinoma and occupation in men: A case-control study." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 50 (2):212-220. doi: 10.1097/JOM.0b013e31815d88e2.
- FNORS. 2007. Le suicide dans les régions françaises. Fédération Nationale des Observatoires Régionaux de Santé.
- Friis, L. 2001. "Health of Municipal Sewage Workers : Studies of Cancer Incidence, Biomarkers of Carcinogenicity and Genotoxicity, and Self Reported Symptoms." Occupational and Environmental Medicine, Uppsala University.
- Friis, L., Z. Mikoczy, L. Hagmar, and C. Edling. 1999. "Cancer incidence in a cohort of Swedish sewage workers: Extended follow up." *Occupational and Environmental Medicine* 56 (10):672-673.
- Friis, L., L. Agréus, and C. Edling. 1998. "Abdominal symptoms among sewage workers." *Occupational Medicine* 48 (4):251-253. doi: 10.1093/occmed/48.4.251.
- Friis, L., C. Edling, and L. Hagmar. 1993. "Mortality and incidence of cancer among sewage workers: A retrospective cohort study." *British Journal of Industrial Medicine* 50 (7):653-657.
- Friis, L., L. Engstrand, and C. Edling. 1996. "Prevalence of *Helicobacter pylori* infection among sewage workers." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 22 (5):364-368.
- Friis, L., D. Norbäck, and C. Edling. 1999. "Self-reported asthma and respiratory symptoms in sewage workers." *Journal of Occupational Health* 41 (2):87-90.
- Friis, L., H. Vaghef, C. Edling, and B. Hellman. 1997. "No increased DNA damage in peripheral lymphocytes of sewage workers as evaluated by alkaline single cell gel electrophoresis." *Occupational and Environmental Medicine* 54 (7):494-498.
- Frolich, J., and I. Zeller. 1993. "Risk of hepatitis A infection in persons working in a large-scale sewage plant co-operative." *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Präventivmedizin* 28 (11):503-505.
- Gartside, P.S., B. Specker, P.E. Harlow, and C.S. Clark. 1979. "Interim report on a mortality study of former employees of the Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago. ." Wastewater aerosols and disease, Cincinnati, Ohio: EPA.
- Garvey, D. J. 2005. "Exposure to biohazards - An emerging concern for construction workers in sewer lines and wastewater treatment plants." *Occupational Hazards*:26-31.

- Gasperi, J., S. Garnaud, V. Rocher, and R. Moilleron. 2008. "Priority pollutants in wastewater and combined sewer overflow." *Science of the Total Environment* 407 (1):263-272. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.08.015.
- Gasperi, J., S. Garnaud, V. Rocher, and R. Moilleron. 2011. "Priority substances in combined sewer overflows: Case study of the Paris sewer network." *Water Science and Technology* 63 (5):853-858.
- Gasperi, J., C. Sebastian, V. Ruban, M. Delamain, S. Percot, L. Wiest, C. Mirande, E. Caupos, D. Demare, M. D. K. Kessoo, M. Saad, J. J. Schwartz, P. Dubois, C. Fratta, H. Wolff, R. Moilleron, G. Chebbo, C. Cren, M. Millet, S. Barraud, and M. C. Gromaire. 2014. "Micropollutants in urban stormwater: Occurrence, concentrations, and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments." *Environmental Science and Pollution Research* 21 (8):5267-5281. doi: 10.1007/s11356-013-2396-0.
- Gasperi, J., S. Zgheib, M. Cladière, V. Rocher, R. Moilleron, and G. Chebbo. 2012. "Priority pollutants in urban stormwater: Part 2 - Case of combined sewers." *Water Research* 46 (20):6693-6703. doi: 10.1016/j.watres.2011.09.041.
- Gehin, D., and C. Le Bâcle. 2011. "Endotoxines en milieu de travail - I : Origine et propriétés toxiques des endotoxines - Métrologie." *Documents pour le Medecin du Travail* n°126:225-240.
- Glas, C., P. Hotz, and R. Steffen. 2001. "Hepatitis A in workers exposed to sewage: a systematic review." *Occup Environ Med* 58 (12):762-8.
- Goyer, N., J. Lavoie, L. Lazure, and G. Marchand. 2001. Les bioaérosols en milieu de travail : guide d'évaluation, de contrôle et de prévention. IRSST Montreal.
- Gregersen, P., K. Grunnet, S. A. Uldum, B. H. Andersen, and H. Madsen. 1999. "Pontiac fever at a sewage treatment plant in the food industry." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 25 (3):291-295.
- Gregorakos, L., G. Dimopoulos, S. Liberi, and G. Antipas. 1995. "Hydrogen sulfide poisoning: Management and complications." *Angiology* 46 (12):1123-1131.
- Hammouda, N. A., W. M. el-Gebali, and M. K. Razek. 1992. "Intestinal parasitic infection among sewage workers in Alexandria, Egypt." *Journal of the Egyptian Society of Parasitology* 22 (2):299-303.
- Hansen, E. S., J. Hilden, H. Klausen, and N. Rosdahl. 2003. "Wastewater exposure and health - A comparative study of two occupational groups." *Occupational and Environmental Medicine* 60 (8):595-598. doi: 10.1136/oem.60.8.595.
- Heldal, K. K., L. Barregard, P. Larsson, and D. G. Ellingsen. 2013. "Pneumoproteins in sewage workers exposed to sewage dust." *International Archives of Occupational and Environmental Health* 86 (1):65-70. doi: 10.1007/s00420-012-0747-7.
- Heldal, K. K., L. Madsø, P. O. Huser, and W. Eduard. 2010. "Exposure, symptoms and airway inflammation among sewage workers." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 17 (2):263-268.
- Heng, B. H., K. T. Goh, S. Doraisingham, and G. H. Quek. 1994. "Prevalence of hepatitis A virus infection among sewage workers in Singapore." *Epidemiology and Infection* 113 (1):121-128.
- Hertzberg, V. S., G. K. Lemasters, K. Hansen, and H. M. Zenick. 1991. "Statistical issues in risk assessment of reproductive outcomes with chemical mixtures." *Environ Health Perspect* 90:171-5.
- Hogstedt, C., and C. G. Ohlsson. 1980. "Liver function among workers in sewage treatment plants. ." *Läkartidningen* (77):614:615 (in Swedish).
- Hoofnagle, J. H., K. E. Nelson, and R. H. Purcell. 2012. "Hepatitis E." *New England Journal of Medicine* 367 (13):1237-1244. doi: 10.1056/NEJMra1204512.

- IARC. 2012a. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans*. Vol. 100B - biological agents.
- IARC. 2012b. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans*. Vol. 100F - Chemical Agents and Related Occupations - Aflatoxins.
- Iftimovici, R., and V. Iacobescu. 1980. "Prevalence of antiviral antibodies in workers handling wastewater and sludge." *Virologie* (31):187-189 (cité dans Clark, 1986).
- INERIS. 2006a. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Cobalt et ses dérivés.
- INERIS. 2006b. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) - Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges - Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérogènes : Valeurs toxicologiques de Référence (VTR) - Rapport Final.
- INERIS. 2007. Endotoxines - Éléments disponibles pour une évaluation des risques sanitaires en lien avec les émissions des installations classées pour la protection de l'environnement - Rapport d'étude. Ineris - Verneuil en Halatte.
- INRS. 2004. Etudes épidémiologiques parmi le personnel des égoutiers de la Ville de Paris - Rapport d'étude. (non publié).
- INRS. 2008. Méthode MétroPol 013/V01 : ammoniac, anhydre. INRS.
- INRS. 2009. Evolution de la mortalité des égoutiers de la Ville de Paris : Mise à jour d'une étude épidémiologique - Rapport d'étude. (non publié).
- INRS. 2010. Interventions en espaces confinés dans les ouvrages d'assainissement. Obligations de sécurité. INRS.
- INRS. 2012. Méthode MétroPol 014/V01.01 : Sulfure d'hydrogène. INRS.
- INRS. 2015. guide EFICATT "Exposition fortuite à un agent infectieux et conduite à tenir en milieu de travail" INRS.
- INVS. 2006. Analyse de la mortalité et des causes de décès par secteur d'activité de 1968 à 1999 à partir de l'Echantillon démographique permanent - Etude pour la mise en place du programme Cosmop : Cohorte pour la surveillance de la mortalité par profession INVS.
- Jeanjean, A. 2006. *Basses oeuvres. Une ethnologie du travail dans les égouts, collection "le regard de l'ethnologue"*. Paris.
- Jeanjean, A. 2014. "Le goût du travail. Manger pour travailler aux abords des déchets." In *Corps sensibles. Usages et langages des sens*, edited by M.L.(ed.) Gélard, 121-139.
- Jeanjean, A., and C. Laudanski. 2013. "Comment "y mettre les mains" ? - Les travailleurs du funéraire face à la manipulation des corps morts." *Techniques & Culture* (60):15.
- Jeggli, S., D. Steiner, H. Joller, A. Tschopp, R. Steffen, and P. Hotz. 2004. "Hepatitis E, Helicobacter pylori, and gastrointestinal symptoms in workers exposed to waste water." *Occup Environ Med* 61 (7):622-7.
- Kase, J. 2012. "Hepatitis E virus." In *Bad Bug Book - Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*, edited by K. A. Lampel, 178-181. Food and Drug Administration.
- Khiredine, I., A. Lemaître, J. Homère, J. Plaine, L. Garras, M.C. Riol, M. Valenty, and Groupe MCP 2012. 2015. "La souffrance psychique en lien avec le travail chez les salariés actifs en France entre 2007 et 2012, à partir du programme MCP." *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* (23):8.
- Khuder, S. A., T. Arthur, M. S. Bisesi, and E. A. Schaub. 1998. "Prevalence of infectious diseases and associated symptoms in wastewater treatment workers." *American Journal of Industrial Medicine* 33 (6):571-577. doi: 10.1002/(SICI)1097-0274(199806)33:6<571::AID-AJIM8>3.0.CO;2-T.

- Knobloch, J., R. Bialek, and J. Hagemann. 1983. "[Intestinal protozoal infestation in persons with occupational sewage contact]." *Dtsch Med Wochenschr* 108 (2):57-60. doi: 10.1055/s-2008-1069501.
- Krajewski, J. A., M. Cyprowski, W. Szymczak, and J. Gruchała. 2004. "Health complaints from workplace exposure to bioaerosols: A questionnaire study in sewage workers." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 11 (2):199-204.
- Kraut, A., R. Lilis, M. Marcus, J. A. Valciukas, M. Wolff, and P. J. Landrigan. 1988. "Neurotoxic effects of solvent exposure on sewage treatment workers." *Archives of Environmental Health* 43 (4):263-267. doi: 10.1080/00039896.1988.10545947.
- Kuo, W., A. Bhattacharya, P. Succop, and D. Linz. 1996. "Postural stability assessment in sewer workers." *J Occup Environ Med* 38 (1):27-34.
- Lafleur, J., and J. E. Vena. 1991. "Retrospective cohort mortality study of cancer among sewage plant workers." *American Journal of Industrial Medicine* 19 (1):75-86.
- Lannuzel, A. 2009. Risques sanitaires potentiels liés aux postes d'entretien des réseaux d'assainissement. EHESP.
- Lauwerys, R., and D. Lison. 2007. *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*.
- Lauzeille, D., J.L. Marchand, and M. Ferrand. 2009. Consommation de tabac par catégorie socioprofessionnelle et secteur d'activité - Outil méthodologique pour l'épidémiologie. Saint-Maurice (Fra).
- LCPP. 2009. Etude de la qualité de l'air du local technique de la station de relevage PAP du réseau d'assainissement. Paris (non publiée).
- LCPP. 2010. Etude de la qualité de l'air dans le puits de la station de relevage CHIC du réseau d'assainissement Paris (non publié).
- Lemasters, G. K., H. Zenick, V. Hertzberg, K. Hansen, and S. Clark. 1991. "Fertility of workers chronically exposed to chemically contaminated sewer wastes." *Reprod Toxicol* 5 (1):31-7.
- Lerman, Y., G. Chodik, H. Aloni, J. Ribak, and S. Ashkenazi. 1999. "Occupations at increased risk of hepatitis A: A 2-year nationwide historical prospective study." *American Journal of Epidemiology* 150 (3):312-320.
- Leverly, G., C. Besnard, F. Dubois, and et al. 1996. "Hepatitis A et exposition professionnelle aux eaux usées. Etude de seroprévalence." *Documents pour le Médecin du Travail* (65):9-11.
- Levin, M., P. Fromm, I. Trajber, N. Lahat, S. Askenazi, and Y. Lerman. 2000. "Risk of hepatitis A virus infection among sewage workers in Israel." *Archives of Environmental Health* 55 (1):7-10.
- LHVP. 2010a. Etude de l'aérobiocontamination dans l'air des égouts à proximité des rejets CPCU - rapport d'étude. Paris (non publié).
- LHVP. 2010b. Mesures de la qualité de l'air du lieu d'appel Trocadéro. Paris (non publié).
- LHVP. 2011. mesures d'hydrogène sulfuré (H₂S) dans différents sites du réseau d'assainissement parisien. Paris (non publié).
- Lundholm, M., and R. Rylander. 1983. "Work related symptoms among sewage workers." *British Journal of Industrial Medicine* 40 (3):325-329.
- Madsen, A. M. 2006. "Airborne endotoxin in different background environments and seasons." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 13 (1):81-86.
- Martin Ruel, S., J. M. Choubert, M. Esperanza, C. Miège, P. Navalón Madrigal, H. Budzinski, K. Le Ménach, V. Lazarova, and M. Coquery. 2011. "On-site evaluation of the removal of 100 micro-pollutants through advanced wastewater treatment processes for reuse applications." *Water Science and Technology* 63 (11):2486-2497. doi: 10.2166/wst.2011.470.
- Mattsbj, I., and R. Rylander. 1978. "Clinical and immunological findings in workers exposed to sewage dust." *Journal of Occupational Medicine* 20 (10):690-692.

- Melbostad, E., W. Eduard, A. Skogstad, P. Sandven, J. Lassen, P. Sostrand, and K. Heldal. 1994. "Exposure to bacterial aerosols and work-related symptoms in sewage workers." *American Journal of Industrial Medicine* 25 (1):59-63.
- Merck Research Laboratories, M.H. Beers, J.L. Kaplan, M. Berkwits, R.S. Porter, and T.V. Jones, eds. 2008. *Manuel Merck de diagnostic et thérapeutique (édition française)*. 4ème édition française ed. Paris: Edition D'Après.
- Ministère des affaires sociales et de la santé. 2014. Calendrier des vaccinations et recommandations vaccinales 2014.
- Mitchell, P., P. Graham, and M. A. Brieseman. 1993. "Giardiasis in Canterbury: the first nine months reported cases." *New Zealand Medical Journal* 106 (962):350-352.
- Morgan, R. W., L. Kheifets, D. L. Obrinsky, M. D. Whorton, and D. E. Foliant. 1984. "Fetal loss and work in a waste water treatment plant." *American Journal of Public Health* 74 (5):499-501.
- Mueller-Anneling, L., E. Avol, J. M. Peters, and P. S. Thorne. 2004. "Ambient endotoxin concentrations in PM10 from Southern California." *Environ Health Perspect* 112 (5):583-8.
- Mulloy, K. B. 2001. "Sewage workers: toxic hazards and health effects." *Occupational Medicine* 16 (1):15.
- Myint, K. S. A., T. P. Endy, M. P. Shrestha, S. K. Shrestha, D. W. Vaughn, B. L. Innis, R. V. Gibbons, R. A. Kuschner, J. Seriwatana, and R. McN Scott. 2006. "Hepatitis E antibody kinetics in Nepalese patients." *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 100 (10):938-941. doi: 10.1016/j.trstmh.2005.12.005.
- N'Diaye, P., and C. Quenum. 1974. "Fatal accidental poisoning." *INTOXICATIONS MORTELLES ACCIDENTELLES. (A PROPOS DE 20 CAS)* 19 (3):302-306.
- Nethercott, J. R., and D. L. Holness. 1988. "Health status of a group of sewage treatment workers in Toronto, Canada." *Am Ind Hyg Assoc J* 49 (7):346-50. doi: 10.1080/15298668891379873.
- OEHHA. 2009. "Appendix B. Chemical-specific summaries of the information used to derive unit risk and cancer potency values." In *Technical Support Document for Cancer Potency Factors: Methodologies for derivation, listing of available values, and adjustments to allow for early - life stage exposures.*, 626.
- ONS. 2014. *Suicide - État des lieux des connaissances et perspectives de recherche*: Observatoire National du Suicide.
- OQAI. 2007. Campagne nationale logements - Etat de la qualité de l'air dans les logements français - Rapport final.
- ORS Ile de France. 2011. La santé observée en Seine-Saint-Denis - 8.5 Les suicides. Observatoire régional de santé Ile de France.
- Osina, O., J. Buchancová, M. Berešík, P. Kozák, M. Onderčanin, and D. Bodáková. 2007. "Occupational acute hydrogen sulfide poisoning." *Profesionálne akútne intoxikácie s írovodíkom* 8 (2):64-69.
- Pappachan, J. M., S. Mathew, B. Thomas, K. Renjini, C. K. Scaria, and J. Shukla. 2007. "The incidence and clinical characteristics of the immune phase eye disease in treated cases of human leptospirosis." *Indian Journal of Medical Sciences* 61 (8):441-447.
- Paris, Mairie de. 2012a. Comité hygiène et sécurité spécial du service de l'eau du 1er mars 2012 - Point 3 : Plan de management santé sécurité au travail. edited by Direction de la propreté et de l'eau - Service technique de l'eau et de l'assainissement. Paris: Mairie de Paris (non publié).
- Paris, Mairie de. 2012b. Fiche relative aux équipements de protection individuelle. edited by Direction de la Propreté et de l'Eau - Service technique de l'eau et de l'assainissement - Section assainissement de Paris. Paris: non publié.

- Pauwels, A. 2008. "Translocation bactérienne et cirrhose." *Hépatogastro & Oncologie Digestive* 15 (1):11-17.
- Poole, C. J. M., and A. T. Shakespeare. 1993. "Should sewage workers and carers for people with learning disabilities be vaccinated for hepatitis A?" *British Medical Journal* 306 (6885):1102.
- Porru, S., D. Placidi, A. Carta, U. Gelati, M. L. Ribero, A. Tagger, P. Boffetta, and F. Donato. 2001. "Primary liver cancer and occupation in men: A case-control study in a high-incidence area in Northern Italy." *International Journal of Cancer* 94 (6):878-883. doi: 10.1002/ijc.1538.
- Putus, T., A. Tuomainen, and S. Rautiala. 2004. "Chemical and microbial exposures in a school building: adverse health effects in children." *Arch Environ Health* 59 (4):194-201. doi: 10.3200/AEOH.59.4.194-201.
- Querellou, E., M. Jaffrelot, D. Savary, C. Savry, and J. P. Perfus. 2005. "[Fatal outcome of an hydrogen sulfide poisoning]." *Ann Fr Anesth Reanim* 24 (10):1302-4. doi: 10.1016/j.annfar.2005.04.024.
- Quigley, C. J., and R. L. Corsi. 1995. "Emissions of VOCs from a municipal sewer." *Journal of the Air and Waste Management Association* 45 (5):395-403.
- Renou, C., X. Moreau, A. Pariente, J. F. Cadranet, E. Maringe, T. Morin, X. Causse, J. L. Payen, J. Izopet, E. Nicand, M. Bourlière, G. Penaranda, J. Hardwigsen, R. Gerolami, J. M. Péron, and N. Pavio. 2008. "A national survey of acute hepatitis E in France." *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 27 (11):1086-1093. doi: 10.1111/j.1365-2036.2008.03679.x.
- Richardson, D. B. 1995. "Respiratory effects of chronic hydrogen sulfide exposure." *Am J Ind Med* 28 (1):99-108.
- Riochet, B. 2008. "La Sédimentation dans les Réseaux Unitaires Visibles: le Point de Vue d'un Exploitant." International Meeting on Measurements and Hydraulics of Sewers IMMHS'08, Summer School GEMCEA/LCPC, Bouguenais, France, 19-21 August 2008.
- Rivière, G. 2005. "Exposition aux endotoxines : étude de morbidité chez le personnel des égouts de Lyon." Université Henri Poincaré Nancy 1.
- Ross, D. J., N. M. Cherry, and J. C. McDonald. 1998. "Occupationally acquired infectious disease in the United Kingdom: 1996 to 1997." *Communicable disease and public health / PHLIS* 1 (2):98-102.
- Rule, K. L., S. D. W. Comber, D. Ross, A. Thornton, C. K. Makropoulos, and R. Rautiu. 2006. "Survey of priority substances entering thirty English wastewater treatment works." *Water and Environment Journal* 20 (3):177-184. doi: 10.1111/j.1747-6593.2005.00016.x.
- Rylander, R. 1999. "Health effects among workers in sewage treatment plants." *Occupational and Environmental Medicine* 56 (5):354-357.
- Rylander, R., K. Andersson, L. Belin, G. Berglund, R. Bergström, L. A. Hanson, M. Lundholm, and I. Mattsby. 1976. "Sewage worker's syndrome." *Lancet* 2 (7983):478-479. doi: 10.1016/S0140-6736(76)92539-3.
- Santé Canada. 2011a. "Fiche technique santé-sécurité: agents pathogènes : Entamoeba histolytica".
- Santé Canada. 2011b. "Fiche technique santé-sécurité: agents pathogènes : virus de l'hépatite E."
- Scarlett-Kranz, J. M., J. G. Babish, D. Strickland, R. M. Goodrich, and D. J. Lisk. 1986. "Urinary mutagens in municipal sewage workers and water treatment workers." *American Journal of Epidemiology* 124 (6):884-893.
- Scarlett-Kranz, J. M., J. G. Babish, D. Strickland, and D. J. Lisk. 1987. "Health among municipal sewage and water treatment workers." *Toxicol Ind Health* 3 (3):311-9.

- Schlosser, O., D. Grall, and M. N. Laurenceau. 1999. "Intestinal parasite carriage in workers exposed to sewage." *European Journal of Epidemiology* 15 (3):261-265. doi: 10.1023/a:1007535426462.
- Schlosser, O., and F. Roudot-Thoraval. 1995. "Hepatitis A and occupational risk for workers exposed to sewage." *Archives des Maladies Professionnelles et de Medecine du Travail* 56 (1):23-27.
- Schlosser, O., and M. L. Vibert. 1999. "Prevention of work-associated leptospirosis: A case report." *Prevention de la leptospirose en milieu professionnel: Reflexion a propos d'un cas clinique* 60 (2):112-117.
- Schoniger-Hekele, M., D. Petermann, B. Weber, and C. Muller. 2007. "Tropheryma whipplei in the environment: survey of sewage plant influxes and sewage plant workers." *Appl Environ Microbiol* 73 (6):2033-5. doi: 10.1128/AEM.02335-06.
- Sekla, L., W. Stackiw, C. Kay, and L. VanBuckenhou. 1980. "Enteric viruses in renovated water in Manitoba." *Canadian Journal of Microbiology* 26 (4):518-523.
- Sharma, S., P. Vijayachari, A. P. Sugunan, K. Natarajaseenivasan, and S. C. Sehgal. 2006. "Seroprevalence of leptospirosis among high-risk population of Andaman Islands, India." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 74 (2):278-283.
- Shrestha, M. P., R. M. Scott, D. M. Joshi, M. P. Mammen Jr, G. B. Thapa, N. Thapa, K. S. A. Myint, M. Fourneau, R. A. Kuschner, S. K. Shrestha, M. P. David, J. Seriwatana, D. W. Vaughn, A. Safary, T. P. Endy, and B. L. Innis. 2007. "Safety and efficacy of a recombinant hepatitis E vaccine." *New England Journal of Medicine* 356 (9):895-903. doi: 10.1056/NEJMoa061847.
- Sigaut, F. 1988. Les recherches sur la culture technique, rapport au conseil du patrimoine ethnologique.
- Sigaut, F. 1991. "L'apprentissage vu par les ethnologues." In *Savoir faire et pouvoir transmettre : transmission et apprentissage des savoirs faire techniques - sous la direction de Denis Chevallier*, edited by La maison des sciences de l'Homme, 265. Paris.
- Singh, B., N. Singh, and R. Kumar. 2002. "Sewer gas poisoning." *International Journal of Medical Toxicology and Legal Medicine* 5 (1):25-26.
- Skinhoj, P., F. B. Hollinger, K. Hovind-Hougen, and P. Lous. 1981. "Infectious liver diseases in three groups of Copenhagen workers: correlation of hepatitis A infection to sewage exposure." *Arch Environ Health* 36 (3):139-43.
- Smit, L. A. M., S. Spaan, and D. Heederik. 2005. "Endotoxin exposure and symptoms in wastewater treatment workers." *American Journal of Industrial Medicine* 48 (1):30-39. doi: 10.1002/ajim.20176.
- Soletanche-Blachy. 2008. "Curage de collecteurs d'assainissement - Curage du SAR Amont - Conception d'une nouvelle machine de curage. Mise en place d'une station mobile de traitement des eaux." [http://www.soletanche-bachy.com/sbf/sbf.nsf/technique/sar-amont/\\$file/483.pdf](http://www.soletanche-bachy.com/sbf/sbf.nsf/technique/sar-amont/$file/483.pdf).
- Spaan, S., L. A. M. Smit, W. Eduard, L. Larsson, H. J. J. M. Arts, I. M. Wouters, and D. J. J. Heederik. 2008. "Endotoxin exposure in sewage treatment workers: Investigation of exposure variability and comparison of analytical techniques." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 15 (2):251-261.
- Steiner, D., S. Jeggli, A. Tschopp, A. Bernard, A. Oppliger, S. Hilfiker, and P. Hotz. 2005. "Clara cell protein and surfactant protein B in garbage collectors and in wastewater workers exposed to bioaerosols." *Int Arch Occup Environ Health* 78 (3):189-197. doi: 10.1007/s00420-004-0586-2.
- Stemhagen, A., J. Slade, R. Altman, and J. Bill. 1983. "Occupational risk factors and liver cancer: A retrospective case-control study of primary liver cancer in new jersey." *American Journal of Epidemiology* 117 (4):443-454.

- Suarez, L., N. S. Weiss, and J. Martin. 1989. "Primary liver cancer death and occupation in Texas." *American Journal of Industrial Medicine* 15 (2):167-175.
- Sultan Khuroo, M., S. Kamili, M. Yousuf Dar, R. Moecklii, and S. Jameel. 1993. "Hepatitis E and long-term antibody status." *The Lancet* 341 (8856):1355. doi: 10.1016/0140-6736(93)90873-F.
- Thorn, J., and L. Beijer. 2004. "Work-related symptoms and inflammation among sewage plant operatives." *International Journal of Occupational and Environmental Health* 10 (1):84-89.
- Thorn, J., L. Beijer, and R. Rylander. 2002. "Work related symptoms among sewage workers: A nationwide survey in Sweden." *Occupational and Environmental Medicine* 59 (8):562-566. doi: 10.1136/oem.59.8.562.
- Thorn, J., and E. Kerekes. 2001. "Health effects among employees in sewage treatment plants: A literature survey." *American Journal of Industrial Medicine* 40 (2):170-179. doi: 10.1002/ajim.1085.
- Trout, D., C. Mueller, L. Venczel, and A. Krake. 2000. "Evaluation of occupational transmission of hepatitis A virus among wastewater workers." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 42 (1):83-87.
- Tschopp, A., A. Bernard, A. M. Thommen, S. Jeggli, X. Dumont, A. Oppliger, and P. Hotz. 2011. "Exposure to bioaerosols, respiratory health and lung-specific proteins: a prospective study in garbage and wastewater workers." *Occup Environ Med* 68 (11):856-9. doi: 10.1136/oem.2010.060178.
- Tschopp, A., H. Joller, S. Jeggli, S. Widmeier, R. Steffen, S. Hilfiker, and P. Hotz. 2009. "Hepatitis E, *Helicobacter pylori* and peptic ulcers in workers exposed to sewage: a prospective cohort study." *Occup Environ Med* 66 (1):45-50. doi: 10.1136/oem.2007.038166.
- Vaidya, S. R., B. N. Tilekar, A. M. Walimbe, and V. A. Arankalle. 2003. "Increased risk of hepatitis E in sewage workers from India." *J Occup Environ Med* 45 (11):1167-70. doi: 10.1097/01.jom.0000088874.43855.2f.
- Venczel, L., S. Brown, H. Frumkin, J. Simmonds-Diaz, S. Deitchman, and B. P. Bell. 2003. "Prevalence of hepatitis A virus infection among sewage workers in Georgia." *American Journal of Industrial Medicine* 43 (2):172-178. doi: 10.1002/ajim.10174.
- Venjean, J. 1984. "Etude du métier d'égoutier, des risques professionnels et de leur prévention." thèse pour le doctorat en médecine, Université Pierre et Marie Curie (Faculté de médecine Broussais Hôtel-Dieu).
- Verlicchi, P., A. Galletti, M. Petrovic, and D. Barceló. 2010. "Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options." *Journal of Hydrology* 389 (3-4):416-428. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.06.005.
- Vildosola, H., A. Colichon, M. Barreda, J. Piscocoya, and O. Palacios. 2000. "[HEPATITIS E IgG ANTIBODIES SEROPREVALENCE IN A PERUVIAN RISK GROUP]." *Rev Gastroenterol Peru* 20 (2):111-116 (abstract seulement).
- Villeneuve, J. P., and D. Barbeau. 2012. "Chronique de l'hépatite B." *Le Médecin du Québec* 47 (4):45-49.
- Visser, M. J., S. Spaan, H. J. J. M. Arts, L. A. M. Smit, and D. J. J. Heederik. 2006. "Influence of different cleaning practices on endotoxin exposure at sewage treatment plants." *Annals of Occupational Hygiene* 50 (7):731-736. doi: 10.1093/annhyg/mel026.
- Waitkins, S. A. 1986. "Leptospirosis as an occupational disease." *British Journal of Industrial Medicine* 43 (11):721-725.
- Water environment federation. 2012. " Chapitre 8:biological hazards at wastewater treatment facilities." In *Safety, Health, Security in Wastewater Systems.*, 255-275. McGraw Hill
- Weldon, M., M. J. VanEgdom, K. A. Hendricks, G. Regner, B. P. Bell, and L. M. Sehulster. 2000. "Prevalence of antibody to hepatitis a virus in drinking water workers and wastewater

- workers in Texas from 1996 to 1997." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 42 (8):821-826.
- WHO. 2001. Hepatitis E. World Health Organization - Department of Communicable Disease Surveillance and Response
- Widmeier, S., A. Bernard, A. Tschopp, S. Jeggli, X. Dumont, S. Hilfiker, A. Oppliger, and P. Hotz. 2007. "Surfactant protein A, exposure to endotoxin, and asthma in garbage collectors and in wastewater workers." *Inhalation Toxicology* 19 (4):351-360. doi: 10.1080/08958370601144456.
- Wild, P., D. Ambroise, E. Benbrik, A. Tiberghien, and N. Massin. 2006. "Mortality among Paris sewage workers." *Occup Environ Med* 63 (3):168-72. doi: 10.1136/oem.2005.022954.
- Yalamanchili, C., and M. D. Smith. 2008. "Acute hydrogen sulfide toxicity due to sewer gas exposure." *Am J Emerg Med* 26 (4):518 e5-7. doi: 10.1016/j.ajem.2007.08.025.
- Yeh, S. H., C. H. Lai, C. H. Lin, M. J. Chen, H. T. Hsu, G. X. Lin, T. T. Lin, and Y. W. Huang. 2011. "Estimating cancer risk increment from air pollutant exposure for sewer workers working in an industrial City." *Aerosol and Air Quality Research* 11 (2):120-127. doi: 10.4209/aaqr.2010.09.0074.
- Zuskin, E., J. Mustajbegovic, and E. N. Schachter. 1993. "Respiratory function in sewage workers." *American Journal of Industrial Medicine* 23 (5):751-761.

14.2 Normes

- NF EN 752. Mars 2008. Réseau d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments. Paris. AFNOR. 102p.
- NF EN 1085. Avril 2007. Traitement des eaux usées. Vocabulaire. Paris. AFNOR, 2007. 65p.
- NF EN 14031 « Atmosphère des lieux de travail – Détermination des endotoxines en suspension dans l'air
- NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003)
- ISO 16362:2005 : Air ambiant -- Détermination des particules d'hydrocarbures aromatiques polycycliques par chromatographie liquide à haute performance
- ISO 12884:2000 : Air ambiant - Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques totales (phase gazeuse et particulaire) - Prélèvement sur filtres à sorption et analyses par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie en masse
- XP P16-002. Août 2007. Glossaire assainissement. Paris. AFNOR, 2007. 40p.

14.3 Législation et réglementation

Lois :

- Loi n° n° 2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites.
- Loi n° 91-1414 du 31 décembre 1991 modifiant le code du travail et le code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité du travail.
- Loi n° 2014-40 du 20 janvier 2014 garantissant l'avenir et la justice du système de retraites

Décrets :

Décret du 21 novembre 1942 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures particulières d'hygiène applicables au personnel travaillant d'une façon habituelle dans les égouts.

Décret n°85-603 du 10 juin 1985 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale.

Décret n° 2000-542 du 16 juin 2000 modifiant le décret n° 85-603 du 10 juin 1985 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale.

Décret n°2006-1691 du 22 décembre 2006 portant statut particulier du cadre d'emplois des adjoints techniques territoriaux.

Décret n° 2008-339 du 14 avril 2008 modifiant le décret n° 85-603 du 10 juin 1985 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale.

Décret n° 2011-354 du 30 mars 2011 relatif à la définition des facteurs de risques professionnels.

Décret n° 2012-135 du 30 janvier 2012 relatif à l'organisation de la médecine du travail.

Décret n° 2012-170 du 3 février 2012 modifiant le décret n° 85-603 du 10 juin 1985 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale.

Décret n° 2014-1159 du 9 octobre 2014 relatif à l'exposition des travailleurs à certains facteurs de risque professionnel au-delà de certains seuils de pénibilité et à sa traçabilité.

Décret n° 2014-1158 du 9 octobre 2014 relatif au document unique d'évaluation des risques et aux accords en faveur de la prévention de la pénibilité.

Décret n° 2014-1156 du 9 octobre 2014 relatif à l'acquisition et à l'utilisation des points acquis au titre du compte personnel de prévention de la pénibilité.

Décret n° 2014-1155 du 9 octobre 2014 relatif à la gestion du compte personnel de prévention de la pénibilité, aux modalités de contrôle et de traitement des réclamations.

Décret n° 2014-1157 du 9 octobre 2014 relatif au fonds de financement des droits liés au compte personnel de prévention de la pénibilité

Décret n° 2014-1160 du 9 octobre 2014 relatif aux accords en faveur de la prévention de la pénibilité.

Arrêtés :

Arrêté du 11 juillet 1977 fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale.

Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5.

Arrêté du 2 mai 2012 abrogeant diverses dispositions relatives à la surveillance médicale renforcée des travailleurs.

Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.

Circulaires :

Circulaire NOR : INTB1209800C du 12 octobre 2012 du ministère de l'intérieur et du ministère de la réforme de l'Etat, de la décentralisation et de la fonction publique relative à l'application des

dispositions du décret n° 85-603 du 10 juin 1985 modifié relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive

ANNEXES

Annexe 1: Lettre de saisine



AUTOSAISINE

Relative aux facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers

Thématiques et objectifs

Cette autosaisine porte sur les expositions professionnelles chroniques associées au métier d'égoutier et leurs conséquences sanitaires.

Contexte de l'autosaisine

En 2004, l'INRS a publié les résultats d'une étude de mortalité chez les égoutiers, réalisée à la demande de la Ville de Paris. Elle a mis en évidence une surmortalité toutes causes de 25% (SMR=1,25 ; IC 95% = [1,15 ; 1,36]), sur la période 1970-1999. Une mise à jour de cette étude, portant sur la période 2000-2007 a montré une surmortalité de 56% (SMR=1,56 ; IC 95% = [1,38 ; 1,77]). Elle conclut notamment à « une surmortalité particulièrement importante par maladies digestives, par cancer et par suicides ».

Malgré les différentes actions mises en œuvre par le Service de médecine préventive et la Direction de la propreté de l'eau, la Ville de Paris souhaite renforcer sa lutte contre les facteurs de risque professionnels susceptibles de participer à la surmortalité observée chez les égoutiers.

C'est pourquoi la Mairie de Paris a adressé à l'Anses, le 12 avril 2010, une demande d'expertise relative aux facteurs de risques professionnels éventuellement imputables à la surmortalité des égoutiers de la Ville de Paris. Il était demandé en particulier une expertise de prévention des risques professionnels quant aux équipements de protection individuelle et aux connaissances atmosphériques des expositions professionnelles.

Le code de la santé publique, dans son article L 1336-1 ne prévoit pas qu'une municipalité puisse saisir directement l'Anses. Compte-tenu de la pertinence du sujet, l'Agence a proposé à la Direction générale du travail, dans un courrier du 17 août 2010, d'instruire une autosaisine. La question a été élargie à l'évaluation des risques sanitaires, pour la profession d'égoutier, en vue d'identifier les causes de surmortalité décrites et au regard des questions soulevées par les études précitées.

Le 9 mars 2011, l'audition des équipes de la mairie de Paris a confirmé l'orientation proposée.

Le principe d'une autosaisine de l'Anses sur ce sujet a été inclus au programme de travail 2011 de l'Anses, et validé en l'état, sur le fondement qu'elle pourrait contribuer à alimenter les actions 5 et 15 du PST II, dans la mesure où les travaux proposés traiteront à la fois les risques chimiques et biologiques.

Questions sur lesquelles portent les travaux d'expertise à mener

Devant l'augmentation de la surmortalité observée chez les égoutiers entre 2004 et 2007, l'Anses se propose de conduire une expertise visant à investiguer les déterminants associés à cette surmortalité.

L'expertise devra notamment répondre aux questions suivantes :

Autosaisine de l'Anses

« Travailleurs agricoles et pesticides »

- Quels sont les effets sanitaires à long terme des conditions de travail dans les égouts ?
- Quelles sont les expositions des égoutiers aux agents chimiques, microbiologiques, voire radiologiques, présents dans les eaux usées brutes et dans l'atmosphère des égouts ?
Seront notamment considérées :
 - o les dispositions applicables aux égoutiers en matière de santé et sécurité au travail,
 - o l'activité de travail,
 - o les expositions par les voies pulmonaire, cutanée et d'ingestion (suite au contact main-bouche par exemple),
- Quels sont les agents ou facteurs susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers, au regard des dangers identifiés et des expositions professionnelles ?

Les travaux d'expertise pourront conduire, le cas échéant, à recommander des actions de prévention visant à limiter la surmortalité observée par l'INRS.

Durée prévisionnelle de l'expertise

La durée prévisionnelle de l'instruction de l'autosaisine peut être estimée à 18 mois, à compter de l'installation du groupe de travail.

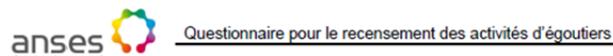
La thématique « Egoutiers », intégrée au programme de travail 2011, a été validée par le Conseil scientifique à l'occasion de la validation du programme de travail 2011 le 15 novembre 2010.

Date : 20/7/2011



Le directeur général
Marc Mortureux

Annexe 2 : Trame du questionnaire adressé aux services en charges de l'assainissement des collectivités de plus de 100000 habitants



Identifiant

* la présence d'un astérisque signifie que la réponse est obligatoire

Nom de la commune * :

Adresse :

Code postal * :

Ville * :

Effectif de la population :

Nombre d'équivalent-habitants :

Personne à contacter :

Nom * : Prénom :

Fonction * :

Téléphone : courriel * :

à retourner à l'ANSES

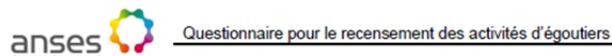
à l'attention de Mme Amandine Paillat (amandine.paillat@anses.fr),
 Mme Nathalie Duclouel-Pame (nathalie.duclouel-pame@anses.fr), Mme Emmanuelle Durand
 (emmanuelle.durand@anses.fr) ou Mme Marie Teyssandier (marie.teyssandier@anses.fr).

A lire avant de compléter la suite du questionnaire :

Ce questionnaire comporte deux parties : La première est relative au réseau de collecte, la seconde au personnel intervenant sur le réseau. S'agissant du personnel, sont concernés tous les travailleurs susceptibles d'intervenir dans le réseau d'assainissement collectif visitable (y compris le personnel d'entreprises délégataires, sous-traitants ou travaillant de manière ponctuelle dans le réseau d'assainissement).

Ce questionnaire est à remplir si le réseau d'assainissement (unitaire, séparatif et/ou mixte) comporte des portions visitables. Dans le cas contraire, mentionner que le réseau n'est pas visitable et renvoyer le questionnaire à l'adresse électronique ci-dessus.

NB : le réseau est considéré comme étant visitable dès lors que du personnel intervient dans le réseau pour effectuer des tâches diverses (entretien, collecte, maintenance, etc...)



Organisation et gestion de l'assainissement collectif (collecte et transport)¹

Mode d'organisation du service :

Communal Départemental Intercommunal Aucun

Si intercommunalité :

Nom du groupement principal :
 Type de groupement (communauté de communes, communauté d'agglomération, syndicat...) :
 Adresse :
 Code Postal :
 Ville :
 Personne à contacter : Nom :
 Téléphone :
 Courriel :

Compétences précises du groupement en matière d'assainissement :

.....

En cas d'intercommunalité, la suite du questionnaire est à compléter par le responsable de l'assainissement collectif au sein de l'intercommunalité.

Gestion du service public d'assainissement de collecte et de transport :

Mode de gestion :

Régie Délégation

Si délégation :

Nom du délégataire principal :
 SIRET :
 Adresse :
 Code postal :
 Ville :

Personne à contacter : Nom :

¹ Le traitement des eaux usées n'est pas concerné par ce questionnaire



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Téléphone :
 courriel :
 Date de début de contrat :
 Objet précis du contrat :

En cas de délégation, la suite du questionnaire est à compléter par le délégataire.

Concernant les caractéristiques du réseau d'assainissement de collecte et de transport

Type et caractéristiques du réseau :

Existence d'un réseau : Unitaire : Oui Non
 Séparatif : Oui Non
 Mixte : Oui Non

Longueur totale du réseau unitaire (en km) :
 Si le réseau est séparatif :
 Linéaire de réseau eaux pluviales :
 Linéaire de réseau eaux usées :

Le réseau est-il en partie visitable : Oui Non
 Si oui, compléter les questions suivantes :

Caractéristiques du réseau visitable :

Linéaire totale de réseau visitable (en km) :
 Dont : linéaire de réseau d'eaux usées (km) :
 linéaire de réseau d'eaux unitaires (km) :
 linéaire de réseau d'eaux pluviales (km) :

Collecteurs :

Circulaires : Oui Non



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Si oui : diamètre minimal : diamètre maximal :
 Ovoïdes : Oui Non
 Si oui : diamètre minimal : diamètre maximal :
 Autres (préciser) :

Matériaux de construction du réseau :

Béton : Oui Non
 Si oui, linéaire :
 Amiante-ciment : Oui Non
 Si oui, linéaire :
 Autres (préciser) :

Evolution du linéaire de réseau de collecte visitable sur les 40 dernières années (km) :

1970 – 1979 :
 1980 – 1989 :
 1990 – 1999 :
 2000 – 2009 :
 2010 :
 2011 :
 2012 :

Extension du réseau de collecte visitable prévue ?

Réseau eaux usées : Oui Non
 Si oui quelle longueur prévue (km) :
 Réseau eaux unitaires : Oui Non
 Si oui quelle longueur prévue (km) :

En cas d'extension du réseau de collecte, les canalisations sont-elles préférentiellement :

visitables non visitables visitables et non visitables
 Expliquer pourquoi ces choix :

Le réseau est-il homologué par la Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales (CNRA) comme réseau souterrain :

Oui Non Sans objet

Quel est le volume « d'eau » transporté chaque année :

Eaux usées : m³.an⁻¹
 Eaux unitaires : m³.an⁻¹
 Eaux pluviales : : m³.an⁻¹



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Présence de dispositifs de ventilation et d'aération dans les collecteurs visitables ?

De manière ponctuelle pour certaines opérations : Oui Non

Si oui, préciser : pour quelles opérations :

le type de dispositif mis en place :

le taux de renouvellement d'air mesuré : m³.min⁻¹ ou m³.h⁻¹

De manière continue : Oui Non

Si oui : date de mise en place :

Taux de renouvellement d'air mesuré : m³.min⁻¹ ou m³.h⁻¹

Présence de dispositifs de ventilation et d'aération dans les stations électromécaniques ?

De manière ponctuelle pour certaines opérations : Oui Non

Si oui, préciser : pour quelles opérations :

le type de dispositif mis en place :

le taux de renouvellement d'air mesuré : m³.min⁻¹ ou m³.h⁻¹

De manière continue : Oui Non

Si oui : date de mise en place :

Taux de renouvellement d'air mesuré : m³.min⁻¹ ou m³.h⁻¹

Nombre d'installations contenant des organes électromécaniques :

Station de relèvement ou de pompage :

Station anti-cruie :

Autres (à préciser) :

.....

.....

Proportion ou longueur du réseau de collecte visité chaque année :

En ouvrage d'eaux usées : % ou km

En ouvrage d'eaux unitaires : % ou km

En ouvrage d'eaux pluviales : % ou km

Total : % ou km

Activités reliées au réseau de collecte visitable :

Lister les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) raccordées au réseau (par exemple : industries chimiques, hôpitaux, pressing, abattoirs, laboratoires de recherche, élevages, etc.)

Rubrique/classement	Composés	Flux déversé dans le réseau de
---------------------	----------	--------------------------------



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

	chimiques/biologiques pouvant être déversés dans le réseau de collecte	collecte

Lister les autorisations de déversement et préciser si une auto-surveillance des rejets est effectuée et sur quels paramètres :

Autorisation de déversement	Auto-surveillance des rejets (O/N)	Paramètres suivis

Autres activités polluantes avec rejet au réseau d'assainissement Hors ICPE ? : Oui Non

Si oui : Préciser les catégories de rejets potentiels :

.....

Un suivi de ces rejets est-il effectué ? : Oui Non

Identification des risques

Existence d'une cartographie ou d'un listing précis des risques sur le réseau ? Oui Non

Si oui, préciser les risques identifiés :

.....

.....

Données de mesures

Existence de mesures de concentration en polluants (chimiques, biologiques) :

Dans l'air ? Oui Non

Si oui, pour chaque mesure préciser : la nature du polluant ; le nombre prélèvements sur le réseau concerné et leurs localisation, l'année des prélèvements, s'il s'agit de mesures ponctuelles ou en continue, si les mesures ont été effectuées en collecteurs ou stations



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

électromécaniques ainsi que les raisons de ces mesures.

.....

Dans l'eau ? Oui Non

Si oui, pour chaque mesure préciser : la nature des polluants, le nombre, la date et le lieu des prélèvements (en collecteurs ou stations électromécaniques), s'il s'agit de mesures ponctuelles ou en continue ainsi que les raisons de ces mesures :

.....

Existence de mesures ponctuelles de radioactivité (dans l'eau ou dans l'air) ? Oui Non

Dans l'air ? Oui Non

Si oui, préciser : le nombre, la date et le lieu précis des prélèvements :

Dans l'eau ? Oui Non

Si oui, préciser : le nombre, la date et le lieu des prélèvements :

Existences de mesures individuelles d'exposition professionnelles (prélèvements d'air réalisés sur le personnel intervenant dans le réseau ou en station électromécanique) ?

Oui Non

Si oui, quels polluants ont été recherchés (préciser la nature du polluant, le nombre, la date et le lieu des prélèvements) :

.....

Quels étaient les objectifs de ces mesures :

.....

Les résultats des différentes mesures effectuées (air, eaux, exposition) sont-ils disponibles ? (format papier ou électronique) Oui Non



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Personnel intervenant sur le réseau d'assainissement collectif de collecte et de transport

Sont concernés dans cette rubrique tous les travailleurs susceptibles d'intervenir dans le réseau d'assainissement collectif visitable (y compris le personnel d'entreprises délégataires, sous-traitantes ou travaillant de manière ponctuelle dans le réseau d'assainissement).

Une distinction est faite entre le personnel intervenant dans le réseau au contact des eaux usées, et le personnel amené à descendre dans le réseau mais n'effectuant pas des tâches en lien avec l'assainissement (par exemple un maçon)

A. Personnel intervenant dans le réseau d'assainissement au contact des eaux usées :

	Effectif total	Travailleurs disposant du statut d'insalubrité et déclarés à la CNRACL en tant que tel			personnel intervenant régulièrement dans le réseau			personnel intervenant ponctuellement dans le réseau		
		Effectif	Age moyen	Durée moyenne de la carrière	Effectif	Age moyen	Durée moyenne de la carrière	Effectif	Age moyen	Durée moyenne de la carrière
1970 - 1979										
1980 - 1989										
1990 - 1999										
2000 - 2009										
2010										
2011										
2012										



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Organisation actuelle du travail (si nécessaire préciser ces informations selon les différentes catégories de personnel intervenant dans le réseau) :

Horaires :

Travail en équipe : Oui Non

Pause déjeuner : Oui Non

Suivi de formations spécifiques : Oui Non

Si oui, préciser :

.....

.....

.....

Périodicité de renouvellement des formations :

.....

.....

Existence de consignes de sécurité : Oui Non

Si oui préciser :

.....

.....

Possibilité de joindre les documents : Oui Non

Dispositifs de protection collective ? : Oui Non

Si oui : préciser :

Types de matériel utilisé :

Types de maintenance réalisée :

Dans quels lieux spécifiques (stations électromécaniques par exemple) :

Est-ce de manière : systématique : Oui Non

ponctuelle : Oui Non

Raison de ce choix :

.....

Equipements de protection individuelle (Vêtements de protection, hamais, casque, détecteur, masque etc.) :

Oui Non

Si oui, préciser pour chaque équipement :

Type :



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

date de mise en place :

utilisation systématique : Oui Non

utilisation ponctuelle : Oui Non

si oui, préciser pour quelle tâche :

Conditions d'entretien :

Pour les détecteurs, préciser le type, le référentiel et la périodicité d'entretien, de maintenance et d'étalonnage

.....

.....

Possibilité de joindre les documents : Oui Non

Service de santé au travail en charge de ce personnel :

Coordonnées d'une personne à contacter :

.....

Service de sécurité au travail en charge de ce personnel :

Coordonnées d'une personne à contacter :

.....

Ambiance de travail :

En collecteur :

Température : Moyenne estivale :
Moyenne hivernale :

Humidité relative moyenne :

Eclairage : Comment est assuré l'éclairage dans les égouts lors des interventions ?
.....

Bruit : Une évaluation de l'exposition au bruit a-t-elle été réalisée ?
 Oui Non

Pour quelles tâches effectuées :

Niveau sonore :

Possibilité de joindre les documents : Oui Non

Vibrations : Utilisation d'équipements vibrants ? Oui Non

Si oui, préciser :

Le type d'équipement :



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Le type de tâches associées :

Odeurs : Comment sont gérées les nuisances olfactives envers le personnel intervenant dans le réseau ?
.....

Existe-t-il une cartographie des odeurs et une caractérisation de celles-ci ?

En station électromécanique :

Température : Moyenne estivale :
Moyenne hivernale :

Humidité relative moyenne :

Eclairage : Comment est assuré l'éclairage dans les égouts lors des interventions ?
.....

Bruit : Une évaluation de l'exposition au bruit a-t-elle été réalisée ?
 Oui Non

Pour quelles tâches effectuées :

Niveau sonore :

Possibilité de joindre les documents : Oui Non

Vibrations : Utilisation d'équipements vibrants ? Oui Non

Si oui, préciser :

Le type d'équipement :

Le type de tâches associées :

Odeurs : Comment sont gérées les nuisances olfactives envers le personnel intervenant dans le réseau ?
.....

Existe-t-il une cartographie des odeurs et une caractérisation de celles-ci ?

Tâches effectuées :

Lister les tâches effectuées par les travailleurs (y compris tâches peu fréquentes) dans le tableau ci-après.



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

B - Personnel amené à descendre en réseau, mais n'effectuant pas de tâches en lien avec l'assainissement:

Effectif total des travailleurs :

Evolution de l'effectif total des travailleurs sur les 5 dernières années :

- 1970 - 1979 :
- 1980 - 1989 :
- 1990 - 1999 :
- 2000 - 2009 :
- 2010 :
- 2011 :
- 2012 :

Suivi de formations spécifiques : Oui Non

Si oui, préciser :

.....
.....
.....

Périodicité de renouvellement des formations :

.....
.....

Existence de consignes de sécurité : Oui Non

Si oui préciser :

.....
.....
.....

Présence de dispositifs de protection (à préciser) : Oui Non

Si oui, préciser :

Type : date de mise en place :

Type : date de mise en place :

Type : date de mise en place :

.....

Service de santé au travail en charge de ce personnel :



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Coordonnées d'une personne à contacter :
.....
.....

Lister les tâches effectuées par les travailleurs (y compris tâches peu fréquentes) dans le tableau ci-après.



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Tâches (liste non exhaustive à compléter, y compris les tâches peu fréquentes)	Effectif concerné	Effectif concerné ayant le statut d'insalubrité	Tache effectuée : En régie (R) Par des marchés à bon de commande (M) Entrepris déléguaire (D) en sous-traitance (ST)	Rotation ? ³	Durée de la tâche (heures)	Périodicité (jours/semaine ou jours/mois ou jours/an)
Maçonnerie						
Travaux d'électricité propres au réseau de collecte						
Prélèvements d'eaux usées : - réalisation des prélèvements - maintenance des appareils de prélèvements automatisés						
Recherche d'objets tombés dans les bouches d'égout						
Maintenance et entretien d'équipements propres au réseau de collecte						
Maintenance et entretien d'équipements non propres au réseau de collecte (câbles électriques, réseaux télécom, réseau d'eau potable, ...)						
Gestion des stocks de matériel et d'équipement						
Travaux liés à la sécurité						
Réparation, dans les collecteurs, de lignes, d'instruments ou de machinerie						
Autres activités						

³ la tâche est-elle toujours effectuée par le même personnel
Recensement des activités d'égoutiers



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Tâches (liste non exhaustive à compléter, y compris les tâches peu fréquentes)	Effectif concerné	Effectif concerné ayant le statut d'insalubrité	Tache effectuée : En régie (R) Par des marchés à bon de commande (M) Entrepris déléguaire (D) en sous-traitance (ST)	Rotation ? ³	Durée de la tâche (heures)	Périodicité (jours/semaine ou jours/mois ou jours/an)

Recensement des activités d'égoutiers



Questionnaire pour le recensement des activités d'égoutiers

Commentaires Libres

Annexe 3 : Intérêts et limites d'une évaluation quantitative des risques sanitaires liés à l'exposition des égoutiers à des agents chimiques et/ou microbiologiques

Démarche suivie par le GT :

La démarche suivie par le GT dans une première étape pour répondre aux questions de la saisine est présentée dans la partie 2 du présent rapport.

Les résultats de cette première phase d'investigations ont mis en évidence un manque de données pour répondre aux questions de la saisine, notamment à la question 3 sur les facteurs de risques potentiellement associés à la surmortalité des égoutiers.

Les hypothèses sur les causes de surmortalité discutées par les auteurs des études INRS ont fait l'objet d'une analyse critique de la part du GT. Le design de ces études, notamment l'absence de recueil de données d'exposition professionnelle (tâches effectuées, mesures de polluants) et de données de comportement individuel (ex : consommation de tabac et d'alcool), ainsi que le caractère multifactoriel et la diversité des pathologies mises en évidence dans ces études, ne permettent pas de conclure formellement sur les facteurs de risque susceptibles d'expliquer la surmortalité des égoutiers employés à Paris de 1970 à 1999.

En complément, une étude cas témoin nichée aurait été utile pour préciser les associations observées. Cependant, les informations nécessaires pour mener cette étude (données d'exposition et de comportement individuel) ne sont pas disponibles. Le GT a donc conclu à l'impossibilité de conduire une telle étude (cf. « Facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers – Intérêts et limites d'une étude cas-témoins nichée ». Document présenté au CES air le 26/03/2013).

Dans ce contexte, le GT a souhaité orienter les travaux sur les conditions actuelles de travail et d'exposition à des agents chimiques et/ou microbiologiques dans les égouts. L'objectif était de savoir s'il était pertinent et faisable de conduire une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) sur la base des données disponibles. Dans cette optique, les intérêts et limites d'une EQRS ont été discutés par le GT et sont présentés ci-dessous.

Intérêt et limites d'une EQRS :

En vue d'apporter des éléments d'appréciation sur les risques sanitaires liés à l'exposition actuelle des égoutiers à des substances dangereuses dans le cadre de leur activité, la possibilité de conduire une EQRS a été discutée par le GT.

En effet, une EQRS permettrait :

- D'apporter des éléments de réponse supplémentaires à la question 1 de l'auto saisine, en précisant les effets sanitaires attendus lors de l'exposition à certaines substances chimiques ou biologiques ;
- D'identifier des facteurs de risques liés à l'exposition professionnelle des égoutiers.

Cet exercice est cependant limité par la disponibilité de données d'exposition et de données sur les effets sanitaires induits par les substances et la possibilité de construire des relations dose-réponse.

Intérêt et limites d'une EQRS sur la base des données disponibles

Au-delà des incertitudes inhérentes à l'EQRS, les principales limites de l'exercice dans le cadre de l'auto-saisine égoutiers sont soulevées pour chacune des étapes.

Le tableau suivant liste pour chacune des étapes de l'EQRS les objectifs de l'exercice, les données idéalement nécessaires pour atteindre ces objectifs et les données actuellement disponibles. Les discussions du GT sont retranscrites dans la dernière colonne.

Tableau 38 : objectifs, intérêts et limites d'une EQRS

Etapas de l'EQRS	Objectifs	Données nécessaires pour conduire l'EQRS	Données actuellement disponibles	Commentaires du GT
1/ Identification des dangers	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des substances dangereuses auxquelles sont exposés les égoutiers - Recueil de données sur les effets sanitaires induits par ces substances, les mécanismes d'action etc. 	<p>Liste de l'ensemble des substances dangereuses auxquelles les égoutiers sont exposés en France.</p> <p>Données sur les effets sanitaires induits par chaque substance.</p> <p>Données permettant d'appréhender « l'effet cocktail ».</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quelques données en France (Paris) et à l'étranger de mesures d'exposition de substances chimiques et biologiques dans l'air et l'eau des égouts. - A noter que : <ul style="list-style-type: none"> - il s'agit de mesures ponctuelles de certaines substances ou familles de substances (pas de screening). Les substances identifiées sont celles qui ont été recherchées. - la qualité des mesures réalisées est discutable au regard de la sensibilité des méthodes de mesure utilisées et de la méthodologie mise en œuvre (mise en place des dispositifs de prélèvements et conditionnement par les égoutiers eux-mêmes...). 	<p>Les égoutiers sont susceptibles d'être exposés à un large spectre de substances chimiques, biologiques, voire radiologiques, de par la diversité des rejets dans les eaux usées et les apports extérieurs liés à la conception du réseau de collecte (présence d'avaloirs, de regards, etc.). Ils peuvent également être exposés à des substances émises dans l'air lors de la dégradation de matières organiques ou lors de la mise en suspension de particules au cours de certaines tâches (curage manuel, nettoyage haute pression par exemple).</p> <p>Les données actuellement disponibles dans la littérature ne permettent d'identifier que de façon <u>très partielle</u> les dangers auxquels sont exposés les égoutiers, d'autant plus qu'ils sont exposés de façon combinée à un mélange de substance chimiques, biologiques, voire radiologiques.</p>

Etapes de l'EQRS	Objectifs	Données nécessaires pour conduire l'EQRS	Données actuellement disponibles	Commentaires du GT
2/ Caractérisation des relations dose réponse	- Détermination de la relation entre la dose d'exposition et la survenue d'un effet (sources : études épidémiologiques et/ou études toxicologiques)	- Liste et sélection de VTR ou VLEP « sanitaire » de bonne qualité ⁸⁵ pour chacune des substances. - Le cas échéant, pour les substances ne disposant pas de VTR ou de VLEP « sanitaire », il est nécessaire de disposer du corpus de données suffisant pour construire des relations dose réponse.	Après consultation des principales bases de données, il n'existe pas de VTR ou de VLEP sanitaires pour chacune des substances identifiées via la littérature dans l'air et l'eau des égouts.	La construction de valeurs de référence pour les substances ne disposant pas de VTR/VLEP est difficilement envisageable : - Le calendrier d'instruction à respecter est restreint ; - La disponibilité de corpus de données suffisant et de qualité pour construire des VTR/VLEP n'est pas assurée De ce fait, l'EQRS ne pourrait être réalisée que pour les substances disposant de VLEP ou de VTR de bonne qualité

⁸⁵ Etude source de bonne qualité, adéquation des voies et des durées d'exposition, justification des choix faits pour la construction des valeurs de références etc.

Etapas de l'EQRS	Objectifs	Données nécessaires pour conduire l'EQRS	Données actuellement disponibles	Commentaires du GT
3/ Caractérisation des expositions des égoutiers	<p>Caractérisation des expositions des égoutiers d'un point de vue :</p> <p>Qualitatif : quelles sont les voies d'exposition pertinentes à prendre en compte, les durées et les fréquences d'exposition etc.</p> <p>Quantitatif : quelles sont les concentrations des substances dans l'air et l'eau des égouts, à quelles doses sont exposés les égoutiers.</p>	<p>Données représentatives de l'exposition des égoutiers en France en termes de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durées et fréquences de réalisation des tâches ; - Concentrations dans l'air et les eaux usées des égouts en France. A noter que la contamination de l'air des égouts est étroitement liée à la composition des eaux usées. Des mesures simultanées dans l'air et l'eau sont à privilégier. Pour évaluer l'exposition par inhalation, certaines tâches pouvant être particulièrement exposantes, des mesures d'exposition individuelles à proximité des voies respiratoires des égoutiers sont à privilégier. <p>Données permettant d'évaluer les doses d'exposition :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quantités de substances se déposant à la surface de la peau (contact cutané) et susceptibles d'être ingérées. - Variables humaines d'exposition <p>Données permettant d'agréger les voies d'exposition</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quelques données en France et à l'étranger de mesures de substances chimiques et biologiques dans l'air ou dans l'eau des égouts. - A noter que : <ul style="list-style-type: none"> - il s'agit de mesures ponctuelles, non représentatives de l'exposition chronique des égoutiers. - la qualité des mesures réalisées est discutable au regard de la sensibilité des méthodes de mesure utilisées et de la méthodologie mise en œuvre (mise en place des dispositifs de prélèvements et conditionnement par les égoutiers eux-mêmes...). 	<p>L'exposition des égoutiers est conditionnée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La nature des tâches réalisées dans le réseau, - Le type de réseau de collecte et sa configuration (unitaire ou séparatif, géométrie, dimensions etc.) - Les différentes activités raccordées sur le réseau (habitat collectif, individuels, industries etc.) - L'état sanitaire des populations, notamment pour la contamination microbiologiques. <p>L'ensemble de ces éléments induit une variabilité spatio-temporelle des expositions très importante.</p> <p>Les études actuellement disponibles dans la littérature de mesures d'exposition ne permettent pas de construire des scénarios d'exposition représentatifs de l'exposition chronique des égoutiers.</p> <p>De plus, il semble difficile d'appréhender les niveaux d'exposition par ingestion et contact cutané (évaluation des quantités de substances susceptibles de se déposer à la surface de la peau ou d'être ingérées).</p>
Caractérisation des risques sanitaires	<p>Statuer sur les risques pour la santé des égoutiers</p> <p>Apporter des éléments sur les facteurs de risque des égoutiers liés à leur exposition professionnelle</p> <p>Proposer des recommandations au regard des FDR identifiés</p>	Cf étapes précédentes	Cf. étapes précédentes	<p>→ Représentativité faible des résultats d'EQRS au vu des limites des données de danger et d'exposition disponibles.</p> <p>→ Limites d'une approche substance par substance.</p>

Au regard des éléments présentés dans le tableau ci-dessus, le GT considère :

- **que les données actuellement disponibles sont insuffisantes pour conduire une EQRS.**
- **la principale limite de l'exercice réside dans la difficulté de construire des scénarios d'exposition représentatifs de l'exposition chronique des égoutiers, en lien avec la qualité des données d'exposition disponibles et la variabilité importante des rejets dans le réseau d'un jour à l'autre et d'un point du réseau à un autre.**

Le GT souligne également que, les égoutiers étant exposés à un cocktail de substances chimiques et biologiques, une approche substance par substance présente des limites importantes, d'autant plus que l'ensemble des substances auxquelles les égoutiers sont exposés ne sont pas identifiées.

Au vu de cette première analyse, l'acquisition de données d'exposition supplémentaires pour pallier les principales limites identifiées et conduire une EQRS a été discutée. Ces éléments sont présentés ci-dessous.

Acquisition de données d'exposition en vue de conduire une EQRS

Pour disposer de données représentatives de l'exposition chronique des égoutiers il conviendrait :

- 1/ d'identifier de façon exhaustive l'ensemble des substances (chimiques et microbiologiques) auxquelles les égoutiers sont susceptibles d'être exposés via l'air et l'eau des égouts. Pour ce faire, il serait nécessaire de faire des screening des différentes familles de substances via une première série de mesures *in situ*.
- 2/ au vu des résultats de cette première étape, de hiérarchiser les substances pour lesquelles une évaluation quantitative de l'exposition pourrait être réalisée en vue de conduire une EQRS, compte tenu des données relatives aux dangers des substances/agents microbiologiques disponibles.
- 3/ de conduire une deuxième campagne de mesures pour quantifier les expositions des égoutiers aux substances hiérarchisées.

Pour l'ensemble des mesures (screening et quantification), les prélèvements devraient être réalisés :

- 1) lors de différentes tâches professionnelles effectuées par les égoutiers,
- 2) dans la zone de respiration des égoutiers.
- 3) en différents points du réseau afin de prendre en compte la variabilité des niveaux d'exposition liée :
 - a. à la configuration du réseau du fait de sa géométrie,
 - b. aux activités de surface raccordées,
- 4) de façon répétée dans l'année afin de tenir compte de la variabilité saisonnière des niveaux d'exposition.

Idéalement les mesures devraient également être réalisées dans les réseaux d'égouts visitables de différentes communes afin de prendre en compte la variabilité des réseaux et des pratiques de travail.

La contamination de l'air des égouts étant étroitement liée à la composition des eaux usées, les prélèvements dans l'air et l'eau devraient être réalisés de façon simultanée afin d'agrèger, le cas échéant, les différentes voies d'exposition.

Enfin, l'ensemble des mesures devrait être accompagné d'un relevé des tâches des égoutiers et des activités de surface pour éventuellement identifier les sources de rejets dans le réseau.

La réalisation de telles mesures n'apparaît pas réaliste dans le cadre de ces travaux d'expertise :

- Il existe de fortes contraintes techniques. En effet, de telles mesures nécessiteraient la participation du personnel égoutier qui devrait porter les multiples dispositifs de prélèvements nécessaires à leur réalisation. Or, ce personnel porte déjà un équipement relativement encombrant (harnais, masque auto-sauveteur, détecteur 4 gaz) et évolue dans un milieu confiné. La contrainte supplémentaire apportée par la multitude des capteurs pourrait s'avérer difficile voire génératrice de risques pour le personnel. Par ailleurs, des difficultés techniques liées à l'environnement des égouts, notamment le taux d'humidité ambiante très élevée peuvent être préjudiciables à la réalisation de ces mesures.
- Le calendrier d'instruction n'est pas compatible car de telles investigations de terrain doivent s'envisager sur plusieurs années.
- Il existe des limites budgétaires.

Ainsi, l'acquisition de données représentatives de l'exposition à long terme des égoutiers, nécessaires pour réaliser une EQRS, n'est pas envisageable.

Compte tenu de tous ces éléments, il n'apparaît donc pas pertinent de conduire une EQRS dans le cadre de ces travaux d'expertise.

Annexe 4 : Données issues des auditions et du questionnaire

Villes	Effectif			Moyenne d'âge	Durée de la carrière	Horaires
	Total	Personnels disposant du statut d'insalubrité ⁸⁶	Personnels intervenant régulièrement dans le réseau			
CG 93		120	120			
CG 94		127	127			
Grand Lyon			259			
Grenoble	-	8	12	42,5 ans	-	Journée continue pour les égoutiers de fond 6h-13h12 avec 20 min de pause et 20 min de soins corporels décomptés du temps le travail
Le Mans	60	5	5	54 ans (43 ans pour le personnel intervenant ponctuellement dans le réseau)	-	-
Limoges	30	25	4	40 ans	20 ans	8h-12h ; 13h30-17h Équipe 1 : 6h00-13h00 Équipe 2 : 13h00-20h00
Nancy		8	22	39 ans 41 ans 35 ans	12 ans 22 ans 10 ans	7h-13h
Nantes						
Agglomération Orléans – Val	27	6	6	51 ans (55 ans pour le	35 ans (40 ans pour le	7h30-11h45 ; 13h-16h45

⁸⁶ Le statut d'insalubrité est décrit §4

Villes	Effectif			Moyenne d'âge	Durée de la carrière	Horaires	
	Total	Personnels disposant du statut d'insalubrité ⁸⁶	Personnels intervenant régulièrement dans le réseau				Personnels intervenant ponctuellement dans le réseau
de Loire					personnel intervenant ponctuellement dans le réseau)	personnel intervenant ponctuellement dans le réseau)	Sauf le vendredi : 7h30 – 12h
Paris	1500	265	265	1500 ?			
Rennes	104	41	18	56	-	-	8h-12h ; 13h15-16h30 Maintenance visitable : 7h-14h30 (pause en milieu de matinée)
Strasbourg	48						3 semaines : 5h-12h 1 semaine : 12h-17h30

	Exploitation	Caractéristiques du réseau							Volume d'eaux usées transportées	Présence de Ventilation	
		Type	Longueur	Forme	Diamètre	Matériau	température	Taux d'humidité			
Conseil général du 93	Régie		700 km						-		
Conseil général du 94	Régie		908 km dont 397 km visitable	Circulaire, ovoïde, dalot, trapèze	>1,5m				-	605000 m ³ /j	Naturelle (ouverture de 2 regards d'accès)
Grand Lyon	Régie	Unitaire	3010 km dont 600 km visitables	-	-				-	177,4 millions d'eaux usées traitées par an	Naturelle : ouverture de 2 regards d'accès au minimum 15 minutes avant l'intervention

	Exploitation	Caractéristiques du réseau							Volume d'eaux usées transportées	Présence de Ventilation
		Type	Longueur	Forme	Diamètre	Matériau	température	Taux d'humidité		
										Ventilation forcée en cas de besoin
Le Mans	Régie	Unitaire	500 km dont 110 km visitable	Circulaire	De 1,6 à 2,5 m	Béton, amiante ciment	Eté : 15 °C Hiver : 10 °C	100 %	17,6 millions de m ³ d'eaux usées par an (2012)	Naturelle : présence de grilles, ouverture des regards d'accès Ventilateurs lors de travaux
		Séparatif	/	Ovoïde	De 1,6*1m à 4,3*1,5m					
Limoges Métropole	Régie (93 %) et délégation (7 %)	Unitaire	230 km dont 25 km visitable	Circulaire	De 0,15 à 2,5 m	Béton	Eté : 20 °C Hiver : 18 °C	90 %	17 millions de m ³ d'eaux usées par an	Mécanique
		Séparatif	637 km (EP) et 742 km (EU)	Ovoïde	De 1 à 2 m					
Nancy	Régie	Unitaire	559 km dont 190 km visitables	Circulaire, ovoïde et davot	De 1 à 2,5 m	Béton, pierre-moellon	15 – 16 °C	-	29,6 millions de m ³ d'eaux usées par an	Mécanique pour le curage et les visites annuelles
		Séparatif	437 km EP et 361 km EU							
Nantes	Régie et délégation pour l'hydrocurage	Unitaire	360 km dont 110 km visitables	-	-	-	-	-	-	Naturelle : ouverture de 3 regards d'accès Mécanique pour les chantiers fixes
		Séparatif	1900 km (EP) et 1800 km (EU)							
Agglomération	Régie (11)	Unitaire	321 km	Circulaire et	De 1,1 à	Béton,	Eté : 30 °C	Non mesuré	-	Ventilateur

	Exploitation	Caractéristiques du réseau							Volume d'eaux usées transportées	Présence de Ventilation
		Type	Longueur	Forme	Diamètre	Matériau	température	Taux d'humidité		
Orléans – Val de Loire	communes) et délégation (11 communes)	Séparatif	474 km (EP) et 556 km (EU)	ovoïde	1,5 m	polyéthylène, grès	Hiver : 17 °C			cobra lors du curage ou de travaux de maçonnerie
Paris	Régie (soutraitance pour l'aspiration des sables)	Unitaire	2484 km	Circulaire	-	Maçonnerie traditionnelle et enduit, béton armé ou non, conduite eau potable en fonte ou PEHD ⁸⁷ , ancienne conduite en acier et braie de houille	10 – 12 °C	-		Naturelle
				ovoïde	-					
Rennes	Régie (soutraitance de certaines opérations)	Unitaire	153 km dont 42 km visitables	Circulaire et ovoïde	De 1,3 à 2 m	Béton et maçonnerie	Eté : 23 °C (une seule mesure)	80 % en été (une seule mesure)	15 millions de m ³ d'eaux usées par an	Insufflation d'air par ventilateur mobile pour toutes opérations d'une durée supérieure à 15 min et pour curage de bâche
		Séparatif	301 km (EP) dont 25 km visitables et 245 km (EU) dont 200 m visitables							
Communauté urbaine de	Régie (réseau non)	Unitaire	1238 km dont 168 km	Circulaire	1,2 à 3 m	Béton (185 km), amiante-ciment	-	-	70 millions de m ³ d'eaux usées par an	Naturelle

⁸⁷PEHD : polyéthylène haute densité

	Exploitation	Caractéristiques du réseau							Volume d'eaux usées transportées	Présence de Ventilation
		Type	Longueur	Forme	Diamètre	Matériau	température	Taux d'humidité		
Strasbourg	homologué C-ACL)		visitables			(280 m), maçonnerie (16 km), fonte (140 m) et PRV (2,2 km).			(unitaire)	Etude pour la mise en place d'une ventilation forcée
		Séparatif	245 km (EP) dont 24 km visitables et 144 km (EU) dont 2,2 km visitables	Ovoïde	1,2 à 2,96 m					
				Autre (sections particulières)	1,2 à 2,8 m					

- signifie non renseigné, EU signifie eaux usées et EP signifie eaux pluviales.

Annexe 5: Données du réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (rnv3p)

Présentation du rnv3p

Le Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (rnv3p) réunit l'ensemble des 31 centres de consultation de pathologie professionnelle (CCPP) français, ainsi que plusieurs services de santé au travail (SST) rattachés au réseau. Il enregistre de façon standardisée l'ensemble des consultations réalisées dans les CCPP, d'une part et l'ensemble des problèmes de santé au travail incidents diagnostiqués par les SST participants au rnv3p, d'autre part (données démographiques du patient, pathologies, expositions, secteur d'activité, profession, imputabilité entre pathologie et exposition). Il faut noter que les données des CCPP reflètent d'abord un système de recours aux soins. En conséquence, contrairement à ce qui est observé dans d'autres systèmes de surveillance épidémiologique, il n'y a pas de critères d'inclusion et d'exclusion, et le recrutement des cas dépend non seulement de la population source mais aussi du réseau de médecins qui adressent les malades dans les CCPP. L'intérêt de ces données réside dans le fait qu'elles sont ouvertes sur l'ensemble du champ des pathologies suspectées d'être professionnelles (indépendamment des considérations médico-légales d'indemnisation) et qu'elles reposent sur des dossiers bien documentés. Les données fournies par les SST renseignent en revanche sur l'incidence des diverses pathologies associées à l'activité professionnelle, et sont des informations complémentaires à celles transmises par les CCPP.

Le rnv3p est simultanément un réseau de compétence en santé au travail et une base de données sanitaires. Ses objectifs principaux sont :

- repérer et décrire les situations professionnelles à risque sanitaire en France,
- rechercher des étiologies nouvelles et des risques émergents,
- améliorer et harmoniser les pratiques de diagnostic des pathologies liées au travail.

L'Anses, en tant qu'opérateur, a pour mission de coordonner toutes les activités associées au réseau et participe aux travaux scientifiques associés en partenariat avec la Caisse nationale d'Assurance maladie des travailleurs salariés (Cnam-TS), la Caisse centrale de la mutualité sociale agricole (CCMSA), l'Institut de veille sanitaire (InVS) et la Société française de médecine du travail (SFMT).

Au sein du réseau, les données recueillies sont analysées sous forme de « Problème de santé au travail » (PST). Un PST est le croisement des données du problème et des données du patient venu en consultation. Ces PST sont constitués principalement, de diagnostics sur l'origine professionnelle d'une pathologie et de conseils pour aptitude, orientation ou reclassement. Lors de l'investigation, le médecin expert cherche le lien entre les expositions professionnelles et la pathologie diagnostiquée chez le patient venu consulter. Ce lien, validé par un médecin senior du CCPP, se présente sous la forme d'un niveau d'imputabilité (noté de 0 à 3 selon le degré de certitude) attribué pour chaque couple (pathologie-« nuisance »).

Au sein de la base du rnv3p, les données sont codées avec les référentiels suivants :

- les pathologies : la classification internationale des maladies (CIM-10).
- les nuisances : le thésaurus des nuisances (ou thésaurus des expositions professionnelles).
- les secteurs d'activité : la Nomenclature Française des Activités (NAF-93)

Méthodologie de recherche des cas

Les recherches de cas ont été réalisées :

- au sein de la base de données 2001-2012, regroupant 170 298 Problèmes de Santé au Travail (PST) (données recueillies à la fois dans les CCPP et les SST) ;

- la conclusion des PST sélectionnés devait être différente de « Absence de pathologie » ;
- l'imputabilité liée à l'exposition principale devait être au moins « possible » (aucun PST recensé n'aura une imputabilité nulle entre l'exposition et le problème de santé au travail identifié par le médecin ayant vu le patient ;

Il n'existe pas de code NAF ou de code CITP permettant une identification directe des égoutiers :

- le code NAF utilisé pour identifier les PST liés aux égoutiers et aux activités d'assainissement et de traitement des eaux usées est : 90.0A - Épuration des eaux usées ;
- le code CITP 08 9162 - Balayeurs et manœuvres assimilés a été jugée trop peu spécifique au vu des résultats exploratoires faits.

Afin de rechercher d'éventuels cas pertinents qui n'auraient pas été retenus à partir du code NAF-93 sélectionné (code peu spécifique de cette population de travailleurs), les mémos cliniques des dossiers ont été exploités. Cette recherche *via* certains termes clés contenus dans les observations cliniques ont permis d'identifier certains PST pertinents.

Deux sous-populations d'étude ont donc été définies afin de rechercher le plus largement possible les PST liés aux égoutiers :

- la première sous-population regroupe les PST ayant pour secteur d'activité déclaré responsable « Épuration des eaux usées ». Ce critère correspond au code NAF-93 90.0A ;
- la seconde sous-population regroupe les PST dont le mémo clinique contient la chaîne de caractère « égout », sans restriction sur un poste de travail ou un secteur d'activité précis. Les différentes orthographes (accents) ont été recherchées, et certains mémos avec des termes correspondants mais non pertinents (par exemple, « dégoût ») ont été écartés.

À titre exploratoire, d'autres recherches complémentaires ont été menées sur l'ensemble de la base de données, sans aucun critère de restriction. Elles concernent la recherche d'autres termes et d'expression en lien avec la thématique étudiée qui seraient présents dans les observations cliniques.

Présentation des résultats

a- Sous-population des PST liée à la NAF-93

Après application des critères de sélection, 95 PST (correspondants à 90 patients) ont été identifiés dans cette première sous-population de travail (trois patients ont deux problèmes de santé au travail associés et un autre patient a trois problèmes de santé au travail différents identifiés).

Les patients sont principalement des hommes (N = 76, 84,4 %), âgés en moyenne de 42 ans et en grande partie actifs en CDI (ou situation assimilée) (N = 80, 88,9 %). Les consultations liées à ces PST ont été demandées principalement pour un diagnostic d'une origine professionnelle à ce PST (N = 66, 71 %) ou un conseil pour aptitude, orientation professionnelle et reclassement (N = 20, 21,5 %), et ont été demandées en grande majorité par un médecin du travail (N = 73, 78,5 %).

Les postes de travail liés à ces PST (codes CITP-88) sont :

- les conducteurs d'incinérateurs, d'installations de traitement de l'eau, et assimilés (N = 15, 15,8 %),
- les conducteurs de poids lourds et de camions (N = 8, 8,4 %),
- et les mécaniciens et ajusteurs d'appareils électriques (N = 7, 7,4 %).

Une quarantaine de postes de travail différents ont été relevés, ce qui illustre bien la difficulté de codage et d'identification du travail lié aux égouts et à l'assainissement de l'eau.

La majorité des 95 PST n'a qu'une seule exposition de renseignée (N = 62, 65,3 %). Les expositions principales les plus fréquemment rencontrées sont l'hydrogène sulfuré (N = 12, 12,6 %) le port de charges (N = 9, 9,5 %), les fibres d'amiante (N = 8, 8,4 %) et aux facteurs organisationnels/relationnels. Des expositions aux eaux polluées et à des agents biologiques ont aussi été identifiés (Legionelle et Mycobacterium xenopi)

Plusieurs situations de multiexpositions ont été enregistrées : 15 PST (15,8 %) ont au moins trois expositions associées. Les associations rencontrées concernent principalement des co-exposition à des facteurs biomécaniques ou à des agents chimiques. Les couples exposition principale – co-exposition les plus fréquents sont les suivants :

- port de charges et posture debout (N = 3) ;
- hydrogène sulfuré et toluène (N = 3) ;
- hydrogène sulfuré et méthylmercaptan (N = 3) ;
- hydrogène sulfuré et ammoniac (N = 3).

Parmi les expositions principales, 20 sont associés à un niveau d'imputabilité fort. Cela concerne principalement les fibres d'amiante (N = 6), les facteurs managériaux (N = 5) et les nuisances auditives (N=2).

Les pathologies principales déclarées sont diverses : les familles de pathologies les plus fréquemment observées (CIM-10) parmi cette première sous-population concernent les maladies de l'appareil respiratoire (codes J00-J99, N = 20, 21,1 %), suivies par les maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif (codes M00-M99, N = 18, 18,9 %) et les troubles mentaux et du comportement (codes F00-F99, N = 12, 12,6 %).

Les pathologies plus précisément identifiées sont : les dorsalgies (codes CIM-10 M54X, N = 9, 9,5 %), les asthmes (codes CIM-10 J45X, N = 6, 6,3 %), les autres troubles anxieux (codes CIM-10 F41X, N = 5, 5,3 %) et les plaques pleurales (codes CIM-10 J92X, N = 5, 5,3 %).

b- Sous-population des PST liés au contenu des mémos cliniques

La seconde sous-population identifiée par les mémos cliniques des médecins regroupe 40 PST (correspondants à 39 patients) liés à une activité dans les égouts (voir critères de sélection des cas).

Les patients concernés par ces PST sont exclusivement des hommes, âgés en moyenne de 46 ans, principalement actifs en CDI (ou situation assimilés) (N = 22, 56,4 %) ou actifs en fonction publique (N = 14, 35,9 %). Les consultations sont quasi exclusivement réalisées pour le diagnostic d'une origine professionnelle (N = 32, 80 %) ou un conseil pour aptitude, orientation professionnelle et reclassement (N = 7, 17,5 %), et ont été demandées en grande majorité par un médecin du travail (N = 32, 80 %).

Les postes de travail liés à ces PST sont variés. Ces patients ont été identifiés comme :

- des plombiers et tuyauteurs (N = 9, 22,5 %),
- des éboueurs (N = 8, 20 %),
- et par le code manœuvres de chantier de travaux publics et d'entretien: routes barrages et ouvrages similaires (N = 5, 12,5 %),
- Certains postes associés, rencontrés occasionnellement, semblent plus atypiques (inspecteurs de la police judiciaire et détectives).

Les secteurs d'activité les plus fréquemment rencontrés ici sont l'administration publique générale (N = 24, 60 %), l'épuration des eaux usées (N = 4, 10 %), le captage, le traitement et la distribution d'eau (N = 2, 5 %) et l'élimination et le traitement d'autres déchets (N = 2, 5 %). On retrouve le secteur de l'épuration des eaux usées parmi les modalités principales ; les dix modalités rencontrées illustrent la difficulté d'identifier spécifiquement les égoutiers via le secteur d'activité, et la nécessité de varier les voies d'entrées pour rechercher les cas intéressants.

26 PST (65 %) n'ont qu'une seule exposition enregistrée et 5 PST (12,5 %) ont au moins 3 expositions : les expositions principales les plus souvent observées sont ici celles liées à l'audition (bruit) (N = 7, 17,5 %), au port de charges (N = 5, 12,5 %), et à l'eau polluée ou eau d'égout (N = 4, 10 %).

Aucune association exposition – co-exposition n'est plus observée que d'autres, toutes ne sont relevées qu'une seule fois.

Les familles de pathologies les plus fréquemment observées (CIM-10) dans cette sous population sont les maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif (codes M00-M99, N = 12, 30 %), suivies par les maladies de l'oreille et de l'apophyse mastoïde (codes H00-H65, N = 7, 17,5 %) et les maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (codes L00-L99, N = 5, 12,5 %).

Les pathologies principales les plus fréquemment rencontrées sont :

- les autres pertes de l'audition (codes CIM-10 H91X, N = 5, 12,5 %),
- les dorsalgies (codes M54X, N = 4, 10 %),
- les mononévrites du membre supérieur (codes CIM-10 G56X, N = 3, 7,5 %),
- et les atteintes d'autres disques intervertébraux (codes CIM-10 M51X, N = 3, 7,5 %).

c- Autres analyses exploratoires

Les autres recherches complémentaires menées à titre exploratoire sur l'ensemble de la base de données, sans aucun critère de restriction via des termes ou des expressions en lien avec la thématique étudiée montrent les résultats suivants :

- « assainissement » (N = 46) ;
- « eaux usées » (N = 16) ;
- « H₂S » (sulfure d'hydrogène, N = 21) ;
- « hydrocureur » (N = 8) ;
- « hydrocurage » (aucun résultat) ;
- « cheminement » (aucun résultat) ;
- « NH₄ » (ammonium ; aucun résultat).

Ces cas mettent notamment en évidence des profils moins courants et certaines situations atypiques : par exemple, un ingénieur en génie civil intervenant dans le cadre de son travail dans les réseaux d'égout.

Ils permettent également de contourner le codage par poste de travail ou secteur d'activité : un chauffeur-hydrocureur est décrit comme tel dans le mémo clinique, avec un poste de travail lié déclaré comme « Balayeur ou manoeuvre assimilé » et un secteur d'activité lié « Administration publique générale ».

Discussion

Il n'existe pas de code assez restrictif pour une identification simple par le poste de travail ou le secteur d'activité de cette population des travailleurs égoutiers (pas de code NAF ou CITP spécifiques). Cette difficulté sera la même pour une extraction à partir des données des Maladies Professionnelles Indemnisées. Pour contourner cela, il a fallu identifier la population d'intérêt via le

secteur d'activité « NAF-93 : 90.0A - Épuration des eaux usées » et en ciblant le terme « égout » ou d'autres termes d'intérêt dans les observations cliniques des dossiers des patients.

Le rnv3p n'est pas un système de surveillance sanitaire permettant d'avoir une image représentative des fréquences réelles de pathologies dans un secteur donné. Cependant, l'intérêt de ces données réside dans le fait qu'elles sont ouvertes sur l'ensemble du champ des pathologies suspectées d'être professionnelles (indépendamment des considérations médico-légales d'indemnisation) et qu'elles reposent sur des dossiers bien documentés :

Au total, une centaine de PST a été trouvée au sein de la base de données nationale du rnv3p 2001-2012 (4 PST appartenant aux deux sous-populations ; c'est-à-dire qu'ils ont à la fois un secteur d'activité responsable déclaré 90.0A « Épuration des eaux usées » et un mémo clinique contenant l'expression « égout »).

Peu d'expositions biologiques ont été enregistrées. Les expositions rencontrées sont principalement des expositions :

- aux agents chimiques (hydrogènes sulfuré, amiante, methylmercaptan, amoniac etc.),
- aux facteurs biomécaniques (port de charge, posture debout etc.),
- aux facteurs organisationnels relationnels et éthiques,
- au bruit,
- aux eaux usées et aux agents biologiques.

Les pathologies principales observées sont en lien avec ces expositions (maladies de l'appareil respiratoire, troubles musculo-squelettiques, perte de l'audition, troubles dermatologiques).

Les résultats extraits confirment l'existence de certaines expositions et pathologies retrouvés dans la littérature. Une quarantaine de postes de travail responsables différents ont été relevés, ce qui illustre bien la difficulté de codage et d'identification du travail lié aux égouts et à l'assainissement de l'eau.

D'autres situations professionnelles moins attendues ont été vues et montrent des expositions similaires à la population des travailleurs égoutiers (commercial présentant ses produits dans les réseaux d'égouts, des inspecteurs de police, ingénieur en génie civil intervenant dans les réseaux d'égout etc.).

Annexe 6: Composition chimique des eaux usées

➤ Gasperi et al. (2008)

Les tableaux 39 à 45 présentent les résultats des concentrations en métaux, HAP, pesticides, COV, organoétains, alkylphénols et phtalates retrouvées dans les eaux usées par Gasperi *et al.* en 2008. Les résultats en chlorobenzènes (hexachlorobenzène, pentachlorobenzène et trichlorobenzène) ne sont pas reportés car tous inférieurs à la limite de quantification (0,01 to 0,05 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Dans les tableaux qui suivent « < » signifie inférieur la limite de quantification.

Tableau 39 : Concentrations en métaux dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en $\mu\text{g/L}$)

Elément	LQ ($\mu\text{g/L}$)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane	Min	Max	Occurrence (%)	Médiane	Min	Max	Occurrence (%)
Cd	1	1,0	<	2,4	50	<	<	2,1	23
Cr	10	<	<	25	15	<	<	158	8
Cu	10	51	20	95	100	68	38	1180	100
Hg	0,01	0,12	0,07	0,29	100	0,10	<	0,45	92
Ni	10	<	<	18	10	<	<	19	8
Pb	0,2	17	<	43	90	39	10	117	100
Zn	10	361	224	1320	100	682	248	3525	100

Tableau 40 : Concentrations en HAP dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en $\mu\text{g/L}$)

Elément	LQ ($\mu\text{g/L}$)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane	Min	Max	Occurrence (%)	Médiane	Min	Max	Occurrence (%)
N	0,05		<	<			<	0	
P	0,02	<	<	<	0	0,06	<	0,42	54
A	0,02	<	<	0,02	22	<	<	0,06	33
Fluo	0,01	0,03	0,03	0,09	100	0,14	0,04	0,5	100
Pyr	0,02	<	<	<	0	<	<	0,53	46
B(a)A	0,02	<	<	0,02	10	0,06	0,03	0,19	100
Chry	0,02	<	<	<	0	0,14	<	0,33	69
B(a)P	0,01	0,02	<	0,05	78	0,06	<	0,24	92
B(b)F	0,02	0,02	<	0,06	78	0,08	<	0,24	92
B(k)P	0,03	<	<	0,03	33	0,04	<	0,13	85
D(ah)A	0,02	<	<	<	0	<	<	<	0
BP	0,01	0,02	<	0,03	78	0,05	<	0,18	92
IP	0,03	0,02	<	0,04	78	0,04	<	0,13	62
Methyl-N	0,10	<	<	<	0	<	<	<	0
Methyl-Fluo	0,02	<	<	<	0	<	<	<	0
B(1,2)F	0,02	<	<	<	0	<	<	0,12	31

**Tableau 41 : Concentrations en pesticides dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie
(valeurs en µg/L)**

Élément	LQ (µg/L)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane			Occurrence (%)	Médiane			Occurrence (%)
			Min	Max			Min	Max	
Alachlor	0,06	<	<	<	0	<	<	<	0
Atrazine	0,06	<	<	<	0	<	<	<	0
Chlorfenvinphos	0,06	<	<	<	0	<	<	<	0
Chlorpyrifos	0,06	<	<	0,10	11	<	<	<	0
Diazinon	0,02	<	<	<	0	<	<	1,05	15
Dichlorvos	0,02	<	<	0,07	11	NA	NA	NA	-
Diflufenican	0,02	<	<	0,03	11	<	<	2,75	23
Diuron	0,02	0,24	0,03	0,47	100	1,40	0,09	16,00	100
α-endosulfan	0,03	<	<	<	0	<	<	<	0
β-endosulfan	0,03	<	<	<	0	<	<	<	0
α-HCH	0,03	<	<	<	0	<	<	<	0
β-HCH	0,03	<	<	<	0	<	<	<	0
Isoproturon	0,06	<	<	<	0	<	<	<	0
Lindane	0,03	<	<	<	0	<	<	<	0
Oxadiazon	0,02	<	<	<	0	0,15	<	0,54	77
Pentachlorophénol	0,15	<	<	0,36	33	<	<	<	0
Propiconazole	0,06	<	<	<	0	0,15	<	0,21	57
Simazine	0,06	<	<	<	0	<	<	<	0
Terbutryn	0,06	<	<	<	0	<	<	0,16	31
Trifluralin	0,06	<	<	<	0	<	<	<	0

**Tableau 42 : Concentrations en COV dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie
(valeurs en µg/L)**

Élément	LQ (µg/L)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane			Occurrence (%)	Médiane			Occurrence (%)
			Min	Max			Min	Max	
Benzène	1,0	<	<	<	0	1,0	<	1,0	85
Toluène	1,0	<	<	3,2	30	<	<	6,7	46
Dichloroéthane	3,0	<	<	<	0	<	<	<	0
Dichlorométhane	20	<	<	86	20	<	<	477	8
Chloroforme	1,0	8,5	<	25	90	1,8	1,1	3,0	100
Trichloroéthylène	1,0	<	<	1,8	20	1,1	<	8,3	62
Tetrachloréthylène	1,0	1,6	<	4,0	60	3,9	<	58	77
Hexachlorobutadiène	0,05	<	<	<	0	<	<	<	0

Tableau 43 : Concentrations en composés organoétains dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en ng.L⁻¹)

Élément	LQ (ng.L ⁻¹)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane			Occurrence (%)	Médiane			Occurrence (%)
			Min	Max			Min	Max	
Dibutylétain	5	15	9	22	100	16	<	36	92
Monobutylétain	5	20	10	27	100	28	<	57	100
Tributylétain	5	<	<	12	20	<	<	50	31

Tableau 44 : Concentrations en alkylphénols dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en µg/L)

Élément	LQ (µg/L)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane			Occurrence (%)	Médiane			Occurrence (%)
			Min	Max			Min	Max	
4-para-nonyphénol	0,03	<	<	<	0	<	<	0,04	31
Para-tert-octylphénol	0,01	0,13	0,06	0,35	100	0,20	0,09	0,62	100

Tableau 45 : Concentrations en phtalates dans les eaux usées de temps sec et de temps de pluie (valeurs en µg/L)

Élément	LQ (µg/L)	Eaux usées de temps sec				Eaux usées de temps de pluie			
		Médiane			Occurrence (%)	Médiane			Occurrence (%)
			Min	Max			Min	Max	
DEHP	0,10	27	16	57	100	22	5	188	100
DMP	0,10	<	<	<	0	NA	NA	NA	-
DEP	0,10	3,29	0,82	5,95	100	<	<	2,90	38
DnBP	0,10	0,18	<	0,35	67	0,54	<	0,68	50
BBP	0,10	<	<	0,22	33	<	<	0,32	17

➤ Etude Ampères (2011)

Le Tableau 46 reprend les niveaux de concentrations des substances recherchées dans le cadre du projet AMPERES.

Tableau 46 : Niveaux de concentrations des substances recherchées dans l'eau dans le projet AMPERES (d'après Martin Ruel *et al.*, 2011)

	LQ (en µg/L)	Inférieur à la LQ	Concentration comprise entre 0,01 et 0,1 µg/L	Concentration comprise entre 0,1 et 1 µg/L	Concentration comprise entre 1 et 10 µg/L	Concentration comprise entre 10 et 100 µg/L	Concentration supérieure comprise entre 100 µg/L et 1 mg/L
Métaux	0,01- 0,5	thallium		Cadmium, mercure, antimoine, cobalt, uranium,	Plomb, arsenic, molybdène, sélénium, étain, argent, vanadium	Nickel, rubidium, baryum, titane, cuivre, chrome, lithium	Bore, zinc, fer, Aluminium (> 1mg/L)
COV	0,1	Benzène, 1,2 dichloroéthane, tetrachlorure de carbone		trichloroéthylène	Trichlorométhane, dichlorométhane, tetrachloroéthylène		
Alkylphénols	0,01			4-tert-butylphenol	4-t OP, 4-NP1EO, 4- NP2EO, 4-NP1EC	4-NP	
HAP		anthracène	Benzo(a)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, benzo(a)pyrène, benzo(g,h,i)pérylène, naphtalène	fluoranthène			
Pesticides	0,001- 0,002	Alachlore, chlorfenvinphos, trifluraline, aldrine, DDT, endrine	Endosulfan, hexachlorocyclohexane, atrazine, chlorpyrifos, simazine, isoproturon, dieldrine, isodrine, monobutylétain	Diuron, glyphosate	AMPA		
Composés organochlorés		Pentachlorobenzène, hexachlorobutadiène, hexachlorobenzène	trichlorobenzène			C 10-13 chloroalcanes	
PBDE	0,001- 0,1	Octabromodiphényléther, hexabromodiphényléther		Tetrabromodiphényléther, décabromodiphényléther, pentabromodiphényléther	tribromodiphényléther		
Phtalates						DEHP	
Chlorophénols	0,05- 0,15		Monochlorophénols, trichlorophénols, tetrachlorophénols	dichlorophénols			
Bromophénols		2-bromophénols	2,4-dibromophénols, 2,4,6-tribromophénols				

	LQ (en µg/L)	Inférieur à la LQ	Concentration comprise entre 0,01 et 0,1 µg/L	Concentration comprise entre 0,1 et 1 µg/L	Concentration comprise entre 1 et 10 µg/L	Concentration comprise entre 10 et 100 µg/L	Concentration supérieure comprise entre 100 µg/L et 1 mg/L
Biocides				triclosan			
Polymère phénolé	0,01- 0,1			BPA			
Autres				Benzathiazole, tributylphosphate			

➤ Rule *et al.* (2006)

Les tableaux suivants reprennent les concentrations en métaux, HAP et COV retrouvées dans une étude menée par Rule *et al.* en 2006 sur 30 STEU en Angleterre.

Tableau 47 : Concentrations en métaux dans les eaux usées en entrée de 30 STEU en Angleterre (valeurs en µg/L)

Élément	LD (en µg/L)	Min	Max	Moyenne	Nombre de STEU dans lequel l'élément à été détecté
Cadmium	0,28	0,12	6,12	0,76	27
Chrome	12	2	111	12,4	15
Cuivre	12	14,1	556	77,8	29
Mercure	0,25	0,28	4,58	0,54	11
Nickel	0,4	1,69	97,9	14,2	28
Plomb	4,0	5,53	165	25,3	24
Zinc	24	23,5	770	155,4	28

Tableau 48 : Concentrations en HAP dans les eaux usées en entrée de 30 STEU en Angleterre (valeurs en µg/L)

Élément	LD	Min	Max	Moyenne	Nombre de STEU dans lequel l'élément à été détecté
Naphtalène	0,05	< 0,05	0,066	0,027	2
Acénaphthylène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0
Acénaphthalène		< 0,05	0,345	0,108	17
Fluorène		< 0,05	0,271	0,088	17
Phénanthrène		< 0,05	0,279	0,082	16
Anthracène	0,05	< 0,05	0,05	0,026	1
Fluoroanthène	0,05	< 0,05	0,173	0,036	4
Pyrène		< 0,05	0,192	0,035	5
Benzo(a)anthracène		< 0,05	0,084	0,029	3
Chrysène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0
Benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0
Benzo(a)pyrène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0
Indeno(1,2,3-cd)pyrène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0
Dibenz(a,h)anthracène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0
Benz(g,h,i)pérylène		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0

**Tableau 49 : Concentrations en COV dans les eaux usées en entrée de 30 STEU en Angleterre
(valeurs en µg/L)**

Élément	LD	Min	Max	Moyenne	Nombre de STEU dans lequel l'élément à été détecté
Dichlorométhane	0,2	< 0,2	12	3,7	28
Chloroforme	0,2	0,4	7	1,6	30
1,2-Dichloroéthane	0,2	< 0,2	2,6	0,2	1
Benzène	0,2	< 0,2	4,8	0,1	3
Trichloroéthylène	0,2	< 0,2	15	1	14
Toluène		0,2	20	2	30
Tétrachloroéthylène	0,2	< 0,2	5,9	1	21

**Tableau 50 : Concentrations en autres composés organiques en entrée de 30 STEU en Angleterre
(valeurs en µg/L)**

Élément	LD	Min	Max	Moyenne	Nombre de STEU dans lequel l'élément à été détecté
LAS	0,02	70	3060	892	30
DEHP	0,1	0,55	22,3	5,0	30
nonylphénols	1,0	1,0	350	79,5	30

Annexe 7: Résultats de la campagne de mesure de polluants chimiques dans l'air des égouts parisiens

Tableau 51 : résultats tâche collecte d'information – 1^{ère} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement								analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques	
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat				unité
COLLECTE M1 (EST)	PM10	PM10	04/EC/6319	07/11/2014	12,3	82,8	08:40	10:59	139	4062	564,6	37	µg	65,5	µg/m ³	
		Pb										25	ng	0,040	µg/m ³	< LD
		Ni										42,5	ng	0,080	µg/m ³	< LD
		Cd										3,25	ng	0,010	µg/m ³	< LD
		As										7,5	ng	0,010	µg/m ³	< LD
		Co										8,25	ng	0,015	µg/m ³	< LD
	PM2.5	PM2.5	04/EC/6320	07/11/2014	12,3	82,8	08:40	10:59	139	4067	565,3	35	µg	61,9	µg/m ³	
	CO	CO	LCPP04594	07/11/2014	12,3	82,8	08:40	11:00	140	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 5 ppm
	NO ₂	NO ₂	04/EC/4566	22/10/2014	17,7	82,7	08:40	10:35	115	633	72,8	2,8	µg	38	µg/m ³	
	H ₂ S	H ₂ S	04/EC/8704	22/10/2014	17,7	82,7	08:40	10:35	115	653	75,1	< 60	µg	799	µg/m ³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	04/EC/8706	22/10/2014	17,7	82,7	08:43	10:44	121	992	120	< 4	µg	33	µg/m ³	< LQ
	HAP	Phénanthrène	04/EC/8506	22/10/2014	17,7	82,7	08:43	10:44	121	2067	250,1	1,65	ng	6,6	ng/m ³	< LD
		Anthracène										0,5	ng	2	ng/m ³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	13	ng/m ³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	13	ng/m ³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	10	ng/m ³	< LD
		Chryène										2,5	ng	10	ng/m ³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,6	ng/m ³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,4	ng/m ³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2	ng/m ³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,4	ng/m ³	< LD
		Benzo(g,h,i)perylene										0,85	ng	3,4	ng/m ³	< LD
		Indeno(1,2,3-c-d)pyrène										5	ng	20	ng/m ³	< LQ
	COV	Trichloroéthylène	04/EC/8504	20/10/2014	20,3	82,5	08:45	10:50	125	984	122,9	< 0,48	µg	3,9	µg/m ³	< LD
		Tetrachloroéthylène										< 0,54	µg	4,4	µg/m ³	< LD
		Trichlorométhane										< 0,62	µg	5,0	µg/m ³	< LD
		CCl ₄										< 0,68	µg	5,5	µg/m ³	< LD
		Benzène										< 0,30	µg	2,4	µg/m ³	< LD
		Chlorure de vinyle										< 0,66	µg	5,4	µg/m ³	< LD
		1,2-dichloroéthane										< 0,66	µg	5,4	µg/m ³	< LD
		Naphtalène										< 0,24	µg	2	µg/m ³	< LD
		Toluène										1,54	µg	13	µg/m ³	
		Ethylbenzène										0,92	µg	7,5	µg/m ³	
		mp. xyènes										4,04	µg	33	µg/m ³	
		o. xylène										3,04	µg	25	µg/m ³	
		Styrène										< 0,76	µg	6,2	µg/m ³	< LD
		1,4 dichlorobenzène										< 0,28	µg	2,3	µg/m ³	< LD
		1,1-dichloroéthylène										< 0,62	µg	5	µg/m ³	< LD
		Dichlorométhane										< 0,66	µg	5,4	µg/m ³	< LD
		Hexachlorobutadiène										< 0,70	µg	5,7	µg/m ³	< LD
Autres COV		octane										04/EC/8504	20/10/2014	20,3	82,5	08:45
	nonane	14,32	µg	120	µg/m ³											
	décane	31,6	µg	260	µg/m ³											
	124 TMB	10,44	µg	85	µg/m ³											
	undécane	7,84	µg	64	µg/m ³											
	dodécane	4,32	µg	35	µg/m ³											
D-imonène	3,84	µg	31	µg/m ³												
PM2.5	PM2.5	04/EC/6308	20/10/2014	20,3	82,5	08:35	10:50	135	4005	540,7	56	µg	104	µg/m ³		
PM2.5	PM2.5	04/EC/6307	21/10/2014	20,6	85,5	08:40	11:05	145	4001	580,1	55	µg	95	µg/m ³		
CO	CO	LCPP4594	20/10/2014	20,3	82,5	08:39	10:56	137	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 1 ppm	
CO	CO	LCPP4594	21/10/2014	20,6	85,5	08:34	10:51	137	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 1 ppm	

Tableau 52 : résultats tâche collecte d'information – 2^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement									analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité			
COLLECTE M2 (OUEST)	PM10	PM10	04-EC-6312	28/10/2014	18,0	76,6	08:10	10:19	129	4175	538,6	55	µg	102,1	µg m ³	
		Pb										25	ng	0,050	µg m ³	< LD
		Ni										125	ng	0,230	µg m ³	< LQ
		Cd										3,25	ng	0,010	µg m ³	< LD
		As										7,5	ng	0,010	µg m ³	< LD
		Co										8,25	ng	0,015	µg m ³	< LD
	PM2,5	PM2,5	04-EC-6313	28/10/2014	18,0	76,6	08:13	10:26	133	4077	542,2	45	µg	83,0	µg m ³	
	CO	CO	LCP04594	12/11/2014	15,8	85,1	08:19	10:30	131	-	-	-	-	-	ppm	max : 2 ppm
	NO ₂	NO ₂	04-EC-4568	29/10/2014	17,2	83,9	08:17	10:54	157	700,5	110	4,7	µg	43	µg m ³	
	H ₂ S	H ₂ S	04-EC-8718	12/11/2014	15,8	85,1	08:15	10:24	129	672,5	86,8	< 60	µg	692	µg m ³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	04-EC-8739	26/11/2014	16,0	86,4	08:45	10:57	132	918	121,2	4,71	µg	38,9	µg m ³	
	HAP	Phénanthrène	04-EC-8511	29/10/2014	17,2	83,9	08:25	10:54	149	2006,5	299,0	5	ng	17	ng m ³	< LQ
		Anthracène										0,5	ng	1,7	ng m ³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	11	ng m ³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	11	ng m ³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	8,4	ng m ³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	8,4	ng m ³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	3,8	ng m ³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,3	ng	1	ng m ³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	1,7	ng m ³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	2,8	ng m ³	< LD
	Benzo(g,h,i)perylene	0,85	ng	2,8	ng m ³	< LD										
	Indeno(1,2,3-c-d)pyrène	1,65	ng	5,5	ng m ³	< LD										
	COV	Trichloroéthylène	04-EC-8508	29/10/2014	17,2	83,9	08:25	10:54	149	1033,5	154	< 0,48	µg	3,1	µg m ³	< LD
		Tétrachloroéthylène										< 0,54	µg	3,5	µg m ³	< LD
		Trichlorométhane										< 0,62	µg	4,0	µg m ³	< LD
		C ₂ H ₄										< 0,68	µg	4,4	µg m ³	< LD
		Benzène										< 0,30	µg	1,9	µg m ³	< LD
		Chlorure de vinyle										< 0,66	µg	4,3	µg m ³	< LD
		1,2-dichloroéthane										< 0,66	µg	4,3	µg m ³	< LD
		Naphtalène										< 0,24	µg	1,6	µg m ³	< LD
		Toluène										1,6	µg	11	µg m ³	
		Ethylbenzène										2,58	µg	17	µg m ³	
mp. xyènes		16,86										µg	110	µg m ³		
o. xylène		13,88										µg	90	µg m ³		
Styrène		< 0,30										µg	1,9	µg m ³	< LD	
1,4-dichlorobenzène		< 0,28										µg	1,8	µg m ³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		< 0,62										µg	4	µg m ³	< LD	
Dichlorométhane		< 0,66										µg	4,3	µg m ³	< LD	
Hexachlorobutadiène	< 0,7	µg	4,5	µg m ³	< LD											
Autres COV	octane	04-EC-8508	29/10/2014	17,2	83,9	8:25	10:54	149	1033,5	154	5,6	µg	36	µg m ³		
	nonane										62,2	µg	400	µg m ³		
	décane										110,2	µg	720	µg m ³		
	124 TMB										44,4	µg	290	µg m ³		
	undécane										42,4	µg	280	µg m ³		
dodécane																
D-limonène																
CO	CO	LCP04594	28/10/2014	18,0	76,6	09:10	11:00	110	-	-	-	-	ppm	max : 2 ppm		

Tableau 53 : résultats tâche collecte d'information – 3^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement							analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques		
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)				résultat	unité
COLLECTE M3 (SUD)	PM10	PM10	04/EC6324	21/11/2014	15,0	87,8	08:33	10:46	133	4237	563	84	µg	149,1	µg/m³	
		Pb										25	ng	0,050	µg/m³	< LD
		Ni										125	ng	0,230	µg/m³	< LQ
		Cd										3,25	ng	0,010	µg/m³	< LD
		As										7,5	ng	0,010	µg/m³	< LD
		Co										158,75	ng	0,300	µg/m³	
	PM2,5	PM2,5	04/EC6325	21/11/2014	15,0	87,8	08:27	10:46	139	3942,5	548	71	µg	129,6	µg/m³	
	CO	CO	LCPP04594	21/11/2014	15,0	87,8	08:29	11:00	151	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 2 ppm
	NO ₂	NO ₂	04/EC5347	03/12/2014	15,8	84,5	08:55	11:07	132	606,5	80,1	3,5	µg	43,7	µg/m³	
	H ₂ S	H ₂ S	04/EC8730	03/12/2014	15,8	84,5	08:55	11:07	132	611	80,7	< 60	µg	744	µg/m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	04/EC8742	27/11/2014	15,2	90,7	08:22	10:25	123	956	117,6	10,3	µg	87,6	µg/m³	
	HAP	Phénanthrène	05/EC705	27/11/2014	15,2	90,7	08:23	10:25	122	2010,5	245,3	5	ng	20	ng/m³	< LQ
		Anthracène										0,5	ng	2	ng/m³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	14	ng/m³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	14	ng/m³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	10	ng/m³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	10	ng/m³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,7	ng/m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,4	ng/m³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2	ng/m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,5	ng/m³	< LD
		Benzo(g,h,i)perylene										2,5	ng	10	ng/m³	< LQ
		Indeno(1,2,3-c-d)pyrène										1,7	ng	6,9	ng/m³	< LD
	COV	Trichloroéthylène	05/EC707	27/11/2014	15,2	90,7	08:21	10:27	126	1047	132	0,48	µg	3,6	µg/m³	< LD
		Tétrachloroéthylène										0,54	µg	4,1	µg/m³	< LD
		Trichlorométhane										0,62	µg	4,7	µg/m³	< LD
		CCl ₄										0,68	µg	5,2	µg/m³	< LD
		Benzène										0,3	µg	2,3	µg/m³	< LD
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	5	µg/m³	< LD
		1,2-dichloroéthane										0,66	µg	5	µg/m³	< LD
Naphtalène		0,24										µg	1,8	µg/m³	< LD	
Toluène		2,12										µg	16	µg/m³		
Ethylbenzène		0,3										µg	2,3	µg/m³	< LD	
mp. xyènes		0,28										µg	2,1	µg/m³	< LD	
o. xyène		0,3										µg	2,3	µg/m³	< LD	
Styrène		0,3										µg	2,3	µg/m³	< LD	
1,4 dichlorobenzène		0,28										µg	2,1	µg/m³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		0,62										µg	4,7	µg/m³	< LD	
Dichlorométhane		0,66										µg	5	µg/m³	< LD	
Hexachlorobutadiène	0,7	µg	5,3	µg/m³	< LD											
Autres COV	octane	05/EC707	27/11/2014	15,2	90,7	08:21	10:27	126	1047	132	6,26	µg	47	µg/m³		
	nonane										6,16	µg	47	µg/m³		
	décane															
	124 TMB															
	undécane															
dodécane																
D-limonène																

Tableau 54 : résultats tâche nettoyage à haute pression des dégrilleurs– 1^{ère} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement								analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques	
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat				unité
HP DÉGRILLEUR MI	PM10	PM10	04/EC6345	27/01/2015	10,4	80,1	08:21	10:43	142	3795,5	538	776	µg	1439,8	µg m³	
		Pb										25	ng	0,05	µg m³	< LD
		Ni										125	ng	0,23	µg m³	< LQ
		Cd										9,75	ng	0,02	µg m³	< LQ
		As										7,5	ng	0,01	µg m³	< LD
		Co										71	ng	0,13	µg m³	
	PM2,5	PM2,5	04/EC6344	27/01/2015	10,4	80,1	08:21	10:41	140	4020,5	562	92	µg	163,4	µg m³	
	CO	CO	LCPP04594	14/11/2014	19,0	83,4	08:23	10:45	142	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 2 ppm
	NO ₂	NO ₂	04/EC5341	14/11/2014	19,0	83,4	08:25	10:40	135	611	82,49	3,2	µg	39	µg m³	
	H ₂ S	H ₂ S	04/EC8720	14/11/2014	19,0	83,4	08:25	10:40	135	671,5	90,65	< 60	µg	662	µg m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	04/EC8714	14/11/2014	19,0	83,4	08:25	10:45	140	961	134,5	11,6	µg	86,2	µg m³	
	HAP	Phénanthrène	04/EC8517	14/11/2014	19,0	83,4	08:25	10:45	140	2026	283	1,7	ng	6	ng m³	< LD
		Anthracène										0,5	ng	1,8	ng m³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	12	ng m³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	12	ng m³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	8,8	ng m³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	8,8	ng m³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,1	ng m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,2	ng m³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	1,8	ng m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3	ng m³	< LD
		Benzo(g,h,i)peryène										0,85	ng	3	ng m³	< LD
		Indéno(1,2,3,c-d)pyrène										1,7	ng	6	ng m³	< LD
	COV	Trichloroéthylène	04/EC8519	14/11/2014	19,0	83,4	04/EC6345	10:40	135	1106,5	149,4	0,48	µg	3,2	µg m³	< LD
		Tétrachloroéthylène										0,54	µg	3,6	µg m³	< LD
		Trichlorométhane										0,62	µg	4,1	µg m³	< LD
		C ₂ H ₄										0,68	µg	4,6	µg m³	< LD
		Benzène										0,3	µg	2,0	µg m³	< LD
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	4,4	µg m³	< LD
		1,2-dichloroéthane										0,66	µg	4,4	µg m³	< LD
Naphtalène		0,24										µg	1,6	µg m³	< LD	
Toluène		2,52										µg	16,9	µg m³		
Ethylbenzène		0,88										µg	5,9	µg m³	< LQ	
mp. xyènes		1,04										µg	7,0	µg m³		
o. xylène		0,88										µg	5,9	µg m³	< LQ	
Styrène		0,3										µg	2,0	µg m³	< LD	
1,4 dichlorobenzène		0,28										µg	1,9	µg m³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		0,62										µg	4,1	µg m³	< LD	
Dichlorométhane		0,66										µg	4,4	µg m³	< LD	
Hexachlorobutadiène	0,7	µg	4,7	µg m³	< LD											
Autres COV	octane	04/EC8519	14/11/2014	19,0	83,4	8:25	10:40	135	1106,5	149,4						
	nonane										1,58	µg	10,6	µg m³		
	décane										0,86	µg	5,8	µg m³	< LQ	
	undécane										1,54	µg	10,3	µg m³		
	dodécane										0,96	µg	6,4	µg m³	< LQ	
D-limonène																
PM10	PM10	04/EC6321	18/11/2014	14,0	86,5	08:31	10:24	113	3430	387,6	260	µg	670,8	µg m³		

Tableau 55 : résultats tâche nettoyage à haute pression des dégrilleurs– 2^{ème} série de mesures

	Familie	polluant	prélèvement									analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité			
HP DEGRILLEUR M2	PM10	PM10	04/EC6348	28/01/2015	14,0	85,2	08:16	10:48	152	4062,5	617	501	µg	811,3	µg/m ³	
		Pb										25	ng	0,040	µg/m ³	< LD
		Ni										42,5	ng	0,069	µg/m ³	< LD
		Cd										3,25	ng	0,005	µg/m ³	< LD
		As										7,5	ng	0,012	µg/m ³	< LD
		Co										77	ng	0,125	µg/m ³	
	PM2,5	PM2,5	04/EC6347	28/01/2015	14,0	85,2	08:18	10:44	146	3973	580	100	µg	172,4	µg/m ³	
	CO	CO	LCPP04594	18/11/2014	14,0	86,5	08:23	10:21	118	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 1 ppm
	NO ₂	NO ₂	04/EC5344	25/11/2014	18,2	96,0	08:44	10:30	106	606,5	64,3	2,7	µg	42	µg/m ³	
	H ₂ S	H ₂ S	04/EC8725	25/11/2014	18,2	96,0	08:44	10:30	106	656,5	69,6	< 60	µg	862	µg/m ³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	04/EC8738	25/11/2014	18,2	96,0	08:40	10:26	106	1010,5	107,1	12,2	µg	113,9	µg/m ³	
	HAP	Phénanthrène	04/EC8525	25/11/2014	18,2	96,0	08:41	10:26	105	2067	217,0	1,7	ng	7,8	ng/m ³	< LD
		Anthracène										0,5	ng	2,3	ng/m ³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	15	ng/m ³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	15	ng/m ³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	12	ng/m ³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	12	ng/m ³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	5,3	ng/m ³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,6	ng/m ³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2,3	ng/m ³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,9	ng/m ³	< LD
		Benzo(g,h,i)peryène										0,85	ng	3,9	ng/m ³	< LD
	Indéno(1,2,3,c-d)pyrène	1,7	ng	7,8	ng/m ³	< LD										
COV	Trichloroéthylène	04/EC8523	18/11/2014	14,0	86,5	08:30	10:25	115	1034,5	119,0	0,48	µg	4	µg/m ³	< LD	
	Tétrachloroéthylène										0,54	µg	4,5	µg/m ³	< LD	
	Trichlorométhane										0,62	µg	5,2	µg/m ³	< LD	
	CCl ₄										0,68	µg	5,7	µg/m ³	< LD	
	Benzène										0,3	µg	2,5	µg/m ³	< LD	
	Chlorure de vinyle										0,66	µg	5,5	µg/m ³	< LD	
	1,2-dichloroéthane										0,66	µg	5,5	µg/m ³	< LD	
	Naphtalène										0,24	µg	2	µg/m ³	< LD	
	Toluène										1,72	µg	14	µg/m ³		
	Ethylbenzène										0,3	µg	2,5	µg/m ³	< LD	
	mp. xyènes										0,28	µg	2,4	µg/m ³	< LD	
	o. xyène										0,3	µg	2,5	µg/m ³	< LD	
	Styrène										0,3	µg	2,5	µg/m ³	< LD	
	1,4 dichlorobenzène										0,28	µg	2,4	µg/m ³	< LD	
	1,1-dichloroéthylène										0,62	µg	5,2	µg/m ³	< LD	
	Dichlorométhane										0,66	µg	5,5	µg/m ³	< LD	
	Hexachlorobutadiène										0,7	µg	5,9	µg/m ³	< LD	
Autres COV	octane	04/EC8523	18/11/2014	14,0	86,5	08:30	10:25	115	1034,5	118,9675	6,18	µg	52	µg/m ³		
	nonane										12,36	µg	100	µg/m ³		
	décane										0,86	µg	7,2	µg/m ³	< LQ	
	undécane										4,5	µg	38	µg/m ³		

Tableau 56 : résultats tâche nettoyage à haute pression des dégrilleurs– 3^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement								analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques											
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat				unité										
HP DEGRILLEUR M3	PM10	PM10	04/EC6350	29/01/2015	9,1	83,6	08:12	10:10	118	4105,5	484	151	µg	311,7	µg/m³											
		Pb										75	ng	0,155	µg/m³	< LD										
		Ni										42,5	ng	0,088	µg/m³	< LD										
		Cd										9,75	ng	0,020	µg/m³	< LD										
		As										7,5	ng	0,015	µg/m³	< LD										
		Co										25	ng	0,052	µg/m³	< LD										
	PM2,5	PM2,5	04/EC6351	29/01/2015	9,1	83,6	08:12	10:10	118	4018,5	474	70	µg	147,6	µg/m³											
	CO	CO	LCPP04594	28/01/2015	14,0	85,2	08:09	10:50	161	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 2 ppm										
	NO ₂	NO ₂	05/EC315	28/01/2015	14,0	85,2	08:09	10:40	151	644,5	97,3	2,8	µg	29	µg/m³											
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC1668	28/01/2015	14,0	85,2	08:12	10:41	149	612	91,2	< 60	µg	658	µg/m³	< LQ										
	NH ₃	NH ₃	05/EC1671	27/01/2015	10,4	80,1	08:21	10:40	139	996	138,4	< 4	µg	28,9	µg/m³	< LQ										
	HAP	Phénanthrène	05/EC724	29/01/2015	9,1	83,6	08:15	10:10	115	1964	225,9	5,4	ng	23,9	ng/m³											
		Anthracène										9,45	ng	41,8	ng/m³											
		Fluoranthène										3,35	ng	14,8	ng/m³	< LD										
		Pyrène										3,35	ng	14,8	ng/m³	< LD										
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	11,1	ng/m³	< LD										
		Chrysène										2,5	ng	11,1	ng/m³	< LD										
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	5,1	ng/m³	< LD										
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,5	ng/m³	< LD										
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2,2	ng/m³	< LD										
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,8	ng/m³	< LD										
		Benzo(g,h,i)peryène										0,85	ng	3,8	ng/m³	< LD										
		Indeno(1,2,3,c-d)pyrène										1,7	ng	7,5	ng/m³	< LD										
		COV										Trichloroéthylène	04/EC8526	25/11/2014	18,2	96,0	08:45	10:30	105	1065	111,8	0,48	µg	4,3	µg/m³	< LD
												Tétrachloroéthylène										0,54	µg	4,8	µg/m³	< LD
	Trichlorométhane		0,62	µg	5,5	µg/m³	< LD																			
	CCl ₄		0,68	µg	6,1	µg/m³	< LD																			
	Benzène		0,3	µg	2,7	µg/m³	< LD																			
	Chlorure de vinyle		0,66	µg	5,9	µg/m³	< LD																			
	1,2-dichloroéthane		0,66	µg	5,9	µg/m³	< LD																			
	Naphtalène		0,24	µg	2,1	µg/m³	< LD																			
	Toluène		0,86	µg	7,7	µg/m³	< LQ																			
	Ethylbenzène		0,3	µg	2,7	µg/m³	< LD																			
mp. xyènes	0,86		µg	7,7	µg/m³	< LQ																				
o. xylène	0,3		µg	2,7	µg/m³	< LD																				
Styrène	0,3		µg	2,7	µg/m³	< LD																				
1,4 dichlorobenzène	0,28		µg	2,5	µg/m³	< LD																				
1,1-dichloroéthylène	0,62		µg	5,5	µg/m³	< LD																				
Dichlorométhane	0,66		µg	5,9	µg/m³	< LD																				
Hexachlorobutadiène	0,7		µg	6,3	µg/m³	< LD																				
Autres COV	octane		04/EC8526	25/11/2014	18,2	96,0	8:45	10:30	105	1065	111,825															
	nonane																									
	décane																									
	124 TMB																									
	undécane																									
	dodécane	2,14										µg	19	µg/m³												

Tableau 57 : résultats tâche curage avec engin – 1^{ère} série de mesures (wagon vanne)

tâche	famille	polluant	prélèvement							analyse		concentration dans l'air		observations / remarques		
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité		unité	
Curage wagon-vanne MI	PM10	PM10	04/EC6334	12/12/2014	13,4	87,0	08:35	09:59	84	4030	338,5	29	µg	85,7	µg/m³	
		Pb										25	ng	0,060	µg/m³	< LD
		Ni										42,5	ng	0,110	µg/m³	< LD
		Cd										10,5	ng	0,030	µg/m³	
		As										7,5	ng	0,020	µg/m³	< LD
		Co										8,25	ng	0,024	µg/m³	< LD
	PM2.5	PM2.5	04/EC6335	12/12/2014	13,4	87,0	08:35	09:59	84	4018	338	28	µg	83,0	µg/m³	
	CO	CO	LCPP04594	11/12/2014	13,2	86,9	08:31	10:20	109	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 2 ppm
	NO ₂	NO ₂	04/EC5332	11/12/2014	13,2	86,9	08:35	10:20	105	634	66,6	2,9	µg	44	µg/m³	
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC1631	12/12/2014	13,4	87,0	08:35	10:20	105	622	65,31	< 60	µg	919	µg/m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	05/EC1636	12/12/2014	13,4	87,0	08:42	09:56	74	983,5	72,8	< 4	µg	55,0	µg/m³	< LQ
	HAP	Phénanthrène	04/EC713	12/12/2014	13,4	87,0	08:42	09:56	74	2006,5	148,481	1,7	ng	11	ng/m³	< LD
		Anthracène										0,5	ng	3,4	ng/m³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	23	ng/m³	< LD
		Pyréne										3,35	ng	23	ng/m³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	17	ng/m³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	17	ng/m³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	7,7	ng/m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	2,4	ng/m³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	3,4	ng/m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	5,7	ng/m³	< LD
		Benzo(g,h,i)perylène										0,85	ng	5,7	ng/m³	< LD
		Indéno(1,2,3-c-d)pyrène										1,7	ng	11	ng/m³	< LD
	COV	Trichloroéthylène	05/EC715	11/12/2014	13,2	86,9	08:30	10:25	115	1034	118,9	0,48	µg	4	µg/m³	< LD
		Tétrachloroéthylène										0,54	µg	4,5	µg/m³	< LD
		Trichlorométhane										0,62	µg	5,2	µg/m³	< LD
		CCl ₄										0,62	µg	5,2	µg/m³	< LD
		Benzène										0,3	µg	2,5	µg/m³	< LD
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	5,6	µg/m³	< LD
		1,2-dichloroéthane										0,54	µg	4,5	µg/m³	< LD
		Naphtalène										0,24	µg	2	µg/m³	< LD
		Toluène										0,86	µg	7,2	µg/m³	< LQ
		Ethylbenzène										0,88	µg	7,4	µg/m³	< LQ
mp. xyènes		0,86										µg	7,2	µg/m³	< LQ	
o. xylène		0,3										µg	2,5	µg/m³	< LD	
Styrène		0,3										µg	2,5	µg/m³	< LD	
1,4 dichlorobenzène		0,28										µg	2,4	µg/m³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		0,5										µg	4,2	µg/m³	< LD	
Dichlorométhane		0,54										µg	4,5	µg/m³	< LD	
Hexachlorobutadiène	0,66	µg	5,6	µg/m³	< LD											
Autres COV	octane	05/EC715	11/12/2014	13,2	86,9	8:30	10:25	115	1034	118,91						
	nonane															
	décane															
	124 TMB															
	undécane															
dodécane	1	µg	8,4	µg/m³												
D-limonène																

Tableau 58 : résultats tâche curage avec engin – 2^{ème} série de mesures (bateau vanne)

tâche	famille	polluant	prélèvement							analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques
			Id échantillon	date	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité			
Curage Bateau-Vanne M3	PM10	PM10	05/EC555	11.02/2015	08:05	09:45	100	3486,5	348	228	µg	654,0	µg/m³	
		Pb								75	ng	0,215	µg/m³	< LQ
		Ni								42,5	ng	0,122	µg/m³	< LD
		Cd								3,25	ng	0,009	µg/m³	< LD
		As								7,5	ng	0,022	µg/m³	< LD
		Co								89,75	ng	0,257	µg/m³	
	PM2.5	PM2.5	05/EC556	11.02/2015	08:05	09:45	100	3839	383	45	µg	117,2	µg/m³	
	CO	CO	LCPP04594	11.02/2015	08:06	09:47	101	-	-	-	-	< 1	ppm	max : <1 ppm
	NO ₂	NO ₂	05/EC596	18.03/2015	08:15	10:05	110	609,5	67,045	2,1	µg	31,3	µg/m³	
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC2669	18.03/2015	08:15	10:07	112	613,5	68,712	< 60	µg	873	µg/m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	05/EC1675	11.02/2015	08:05	09:45	100	943,5	94,4	11,7	µg	124	µg/m³	
	HAP	Phénanthrène	05/EC728	11.02/2015	08:05	09:45	100	1927,5	192,75	1,7	ng	8,8	ng/m³	< LD
		Anthracène								6,35	ng	33	ng/m³	
		Fluoranthène								3,35	ng	17	ng/m³	< LD
		Pyrène								3,35	ng	17	ng/m³	< LD
		Benzo(a)anthracène								2,5	ng	13	ng/m³	< LD
		Chrysène								2,5	ng	13	ng/m³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène								1,15	ng	6,0	ng/m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène								0,35	ng	1,8	ng/m³	< LD
		Benzo(a)pyrène								0,5	ng	2,6	ng/m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène								0,85	ng	4,4	ng/m³	< LD
		Benzo(g,h,i)perylene								0,85	ng	4,4	ng/m³	< LD
		Indéno(1,2,3-c-d)pyrène								1,7	ng	8,8	ng/m³	< LD
	COV	Trichloroéthylène	05/EC1423	18.03/2015	08:15	10:09	114	1008,5	115,0	0,48	µg	4,2	µg/m³	< LD
		Tétrachloroéthylène								1,82	µg	15,8	µg/m³	
		Trichlorométhane								0,62	µg	5,4	µg/m³	< LD
		CCH								0,66	µg	5,7	µg/m³	< LD
		Benzène								0,3	µg	2,6	µg/m³	< LD
		Chlorure de vinyle								0,66	µg	5,7	µg/m³	< LD
		1,2-dichloroéthane								0,54	µg	4,7	µg/m³	< LD
Naphtalène		0,24								µg	2,1	µg/m³	< LD	
Toluène		0,66								µg	5,7	µg/m³	< LQ	
Ethylbenzène		0,3								µg	2,6	µg/m³	< LD	
mp. xyènes		0,52								µg	4,5	µg/m³	< LQ	
o. xylène		0,3								µg	2,6	µg/m³	< LD	
Styrène		0,3								µg	2,6	µg/m³	< LD	
1,4 dichlorobenzène		0,28								µg	2,4	µg/m³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		0,5								µg	4,3	µg/m³	< LD	
Dichlorométhane		0,56								µg	4,9	µg/m³	< LD	
Hexachlorobutadiène		0,7								µg	6,1	µg/m³	< LD	
Autres COV		octane								05/EC1423	18.03/15	08:15:00	10:09:00	114
	nonane													
	décane	2,28	µg	19,8	µg/m³									
	124 TMB	0,72	µg	6,3	µg/m³	< LQ								
	undécane	2,7	µg	23,5	µg/m³									
	dodécane	0,94	µg	8,2	µg/m³	< LQ								
	D-limonène	0,86	µg	7,5	µg/m³	< LQ								
1,1,1-Trichloroéthane	0,66	µg	5,7	µg/m³	< LD									

Tableau 59 : résultats tâche curage avec engin – 3^{ème} série de mesures (bateau vanne)

tâche	famille	polluant	prélèvement								analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques											
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat				unité										
Curage Bateau Vanne M2	PM10	PM10	04/EC6340	20/01/2015	10,3	92,8	08:30	10:15	105	3914,5	411	2172	µg	5284,4	µg/m³											
		Pb										88,25	ng	0,215	µg/m³											
		Ni										125	ng	0,430	µg/m³	< LQ										
		Cd										9,75	ng	0,024	µg/m³	< LQ										
		As										7,5	ng	0,018	µg/m³	< LD										
		Co										176,25	ng	0,600	µg/m³											
	PM2,5	PM2,5	04/EC6342	20/01/2015	10,3	92,8	08:30	10:15	105	4028	422	62	µg	146,6	µg/m³											
	CO	CO	LCPP04594	20/01/2015	10,3	92,8	08:46	10:16	90	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 2 ppm										
	NO ₂	NO ₂	05/EC318	21/01/2015	13,3	97,4	08:00	09:37	97	653	63,3	2,1	µg	33	µg/m³											
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC1666	21/01/2015	13,3	97,4	08:00	09:37	97	602	58,4	< 60	µg	1028	µg/m³	< LQ										
	NH ₃	NH ₃	05/EC1660	21/01/2015	13,3	97,4	08:00	09:37	97	959,5	93,1	15,5	µg	166,5	µg/m³											
	HAP	Phénanthrène	05/EC722	20/01/2015	10,3	92,8	08:30	10:15	105	2051,5	215,4	6,7	ng	31,1	ng/m³											
		Anthracène										12,15	ng	56,4	ng/m³											
		Fluoranthène										3,35	ng	15,6	ng/m³	< LD										
		Pyrène										3,35	ng	15,6	ng/m³	< LD										
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	11,6	ng/m³	< LD										
		Chrysène										2,5	ng	11,6	ng/m³	< LD										
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	5,3	ng/m³	< LD										
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,6	ng/m³	< LD										
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2,3	ng/m³	< LD										
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,9	ng/m³	< LD										
		Benzo(g,h,i)peryène										0,85	ng	3,9	ng/m³	< LD										
		Indéno(1,2,3-c-d)pyrène										1,7	ng	7,9	ng/m³	< LD										
		COV										Trichloroéthylène	05/EC720	20/01/2015	10,3	92,8	08:45	10:00	75	1056	79,2	0,48	µg	6,1	µg/m³	< LD
												Tétrachloroéthylène										0,54	µg	6,8	µg/m³	< LD
	Trichlorométhane		0,62	µg	7,8	µg/m³	< LD																			
	CCl ₄		0,62	µg	7,8	µg/m³	< LD																			
	Benzène		0,3	µg	3,8	µg/m³	< LD																			
	Chlorure de vinyle		0,66	µg	8,3	µg/m³	< LD																			
	1,2-dichloroéthane		0,54	µg	6,8	µg/m³	< LD																			
	Naphtalène		0,24	µg	3	µg/m³	< LD																			
	Toluène		1,36	µg	17	µg/m³																				
	Ethylbenzène		0,3	µg	3,8	µg/m³	< LD																			
	mp. xyènes		0,6	µg	7,6	µg/m³	< LQ																			
	o. xylène		0,3	µg	3,8	µg/m³	< LD																			
	Styrène		0,3	µg	3,8	µg/m³	< LD																			
	1,4-dichlorobenzène		0,28	µg	3,5	µg/m³	< LD																			
	1,1-dichloroéthylène		0,5	µg	6,3	µg/m³	< LD																			
	Dichlorométhane		0,54	µg	6,8	µg/m³	< LD																			
	Hexachlorobutadiène		0,66	µg	8,1	µg/m³	< LD																			
Autres COV	octane		05/EC720	20/01/2015	10,3	92,8	8:45	10:00	75	1056	79,2	0,72										µg	9,1	µg/m³	< LQ	
	nonane	1,18										µg	15	µg/m³												
	décane																									
	124 TMB	0,88										µg	11	µg/m³												
	undécane	0,54										µg	6,8	µg/m³	< LQ											
	dodécane																									
D-limonène																										
PM10	PM10	05/EC577	18/03/2015	14,4	77,3	08:15	10:11	116	4000	464,0	111	µg	239,2	µg/m³												
	Pb										25	ng	0,054	µg/m³	< LD											
	Ni										42,5	ng	0,092	µg/m³	< LQ											
	Cd										9,75	ng	0,021	µg/m³	< LQ											
	As										7,5	ng	0,016	µg/m³	< LD											
	Co										25	ng	0,054	µg/m³	< LQ											
PM2,5	PM2,5	05/EC576	18/03/2015	14,4	77,3	08:15	10:11	116	4028,5	467,3	49	µg	104,9	µg/m³												

Tableau 60 : résultats tâche nettoyage à haute pression des engins – 1^{ère} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement									analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité			
HIP ENGIN MI	PM10	PM10	04/EC6315	05/11/2014	8,8	86,8	08:30	10:17	107	4017	430	30	µg	69,8	µg/m ³	
		Pb										25	ng	0,060	µg/m ³	<LD
		Ni										42,5	ng	0,100	µg/m ³	<LD
		Cd										3,25	ng	0,010	µg/m ³	<LD
		As										7,5	ng	0,020	µg/m ³	<LD
		Co										8,25	ng	0,019	µg/m ³	<LD
	PM2,5	PM2,5	04/EC6316	05/11/2014	8,8	86,8	08:30	10:17	107	4135	442	29	µg	65,5	µg/m ³	
	CO	CO	LCPP04594	04/11/2014	12,3	81,0	08:58	10:51	113	-	-	-	-	<1	ppm	max : 2 ppm
	NO _x	NO _x	04/EC4570	04/11/2014	12,3	81,0	08:50	10:53	123	612	75	4,4	µg	58	µg/m ³	
	H ₂ S	H ₂ S	04/EC8716	04/11/2014	12,3	81,0	08:50	10:53	123	632	78	<60	µg	772	µg/m ³	<LQ
	NH ₃	NH ₃	04/EC8710	04/11/2014	12,3	81,0	08:50	10:53	123	1036	127	<4	µg	31	µg/m ³	<LQ
	HAP	Phénanthrène	04/EC8513	04/11/2014	12,3	81,0	08:50	10:40	110	2024,5	223	5	ng	22	ng/m ³	<LQ
		Anthracène										0,5	ng	2,2	ng/m ³	<LD
		Fluoranthène										3,35	ng	15	ng/m ³	<LD
		Pyrène										3,35	ng	15	ng/m ³	<LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	11	ng/m ³	<LD
		Chrysène										2,5	ng	11	ng/m ³	<LD
		Benzo(b)fluoranthène										3,5	ng	16	ng/m ³	<LQ
		Benzo(k)fluoranthène										1	ng	4,5	ng/m ³	<LQ
		Benzo(a)pyrène										1,5	ng	6,7	ng/m ³	<LQ
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,8	ng/m ³	<LD
		Benzo(g,h,i)perylene										0,85	ng	3,8	ng/m ³	<LD
		Indéno(1,2,3,c-d)pyrène										5	ng	22	ng/m ³	<LQ
		COV										Trichloroéthylène	04/EC8515	04/11/2014	12,3	81,0
	Tétrachloroéthylène		0,54	µg	4,4	µg/m ³	<LD									
	Trichlorométhane		0,62	µg	5,1	µg/m ³	<LD									
	CCl ₄		0,68	µg	5,5	µg/m ³	<LD									
	Benzène		0,3	µg	2,4	µg/m ³	<LD									
	Chlorure de vinyle		0,66	µg	5,4	µg/m ³	<LD									
	1,2-dichloroéthane		0,66	µg	5,4	µg/m ³	<LD									
	Naphtalène		0,24	µg	2	µg/m ³	<LD									
	Toluène		0,28	µg	2,3	µg/m ³	<LD									
	Ethylbenzène		0,3	µg	2,4	µg/m ³	<LD									
m.p. xyènes	0,28		µg	2,3	µg/m ³	<LD										
o. xylene	0,3		µg	2,4	µg/m ³	<LD										
Styrène	0,3		µg	2,4	µg/m ³	<LD										
1,4 dichlorobenzène	0,28		µg	2,3	µg/m ³	<LD										
1,1-dichloroéthylène	0,62		µg	5,1	µg/m ³	<LD										
Dichlorométhane	0,66		µg	5,4	µg/m ³	<LD										
Hexachlorobutadiène	0,7		µg	5,7	µg/m ³	<LD										
Autres COV	octane	04/EC8515	04/11/2014	12,3	81,0	8:50	10:53	123	997	123	<0,30	µg	2,4	µg/m ³	<LD	
	nonane										<0,24	µg	2	µg/m ³	<LD	
	décane										<0,24	µg	2	µg/m ³	<LD	
	1,2,4-TMB										<0,24	µg	2,3	µg/m ³	<LD	
	undécane										<0,24	µg	2	µg/m ³	<LD	
	dodécane										<0,32	µg	2,6	µg/m ³	<LD	
	D-limonène										<0,28	µg	2,3	µg/m ³	<LD	
	Butanone										<0,56	µg	4,6	µg/m ³	<LD	
CO	CO	LCPP04594	05/11/2014	8,8	86,8	08:30	10:16	106	-	-	-	-	<1	ppm	max : 2 ppm	

Tableau 61 : résultats tâche nettoyage à haute pression des engins – 2^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement						analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques			
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)				volume (L)	résultat	unité
HP ENGIN M2	PM10	PM10	05/EC559	13/02/2015	6,9	76,5	08:33	10:58	145	3878,5	562	153	µg	272,1	µg m³	
		Pb										25	ng	0,044	µg m³	< LD
		Ni										125	ng	0,222	µg m³	< LQ
		Cd										3,25	ng	0,006	µg m³	< LD
		As										7,5	ng	0,013	µg m³	< LD
		Co										38,25	ng	0,068	µg m³	
	PM2,5	PM2,5	05/EC558	13/02/2015	6,9	76,5	08:33	10:58	145	4152,5	602	59	µg	98,0	µg m³	
	CO	CO	LCPP04594	13/02/2015	6,9	76,5	08:36	10:45	129	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 2 ppm
	NO ₂	NO ₂	05/EC308	13/02/2015	6,9	76,5	08:33	10:49	136	626	85,14	5,4	µg	63,4	µg m³	
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC1683	13/02/2015	6,9	76,5	08:33	10:49	136	591,5	80	< 60	µg	750	µg m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	05/EC5305	22/04/2015	17,4	44,8	07:55	09:59	124	958	118	< 4	µg	33,9	µg m³	< LQ
	HAP	Phénanthrène	05/EC1405	13/02/2015	6,9	76,5	08:33	10:44	131	2070,5	271,2	5	ng	18,4	ng m³	< LQ
		Anthracène										2,25	ng	8,3	ng m³	
		Fluoranthène										3,35	ng	12,4	ng m³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	12,4	ng m³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	9,2	ng m³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	9,2	ng m³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,2	ng m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,3	ng m³	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	1,8	ng m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,1	ng m³	< LD
		Benzo(g,h,i)perylène										0,85	ng	3,1	ng m³	< LD
		Indéno(1,2,3,c-d)pyrène										1,7	ng	6,3	ng m³	< LD
		COV										Trichloroéthylène	05/EC1407	13/02/2015	6,9	76,5
	Tétrachloroéthylène		0,54	µg	3,9	µg m³	< LD									
	Trichlorométhane		0,62	µg	4,5	µg m³	< LD									
	CCH ₄		0,66	µg	4,8	µg m³	< LD									
	Benzène		0,3	µg	2,2	µg m³	< LD									
	Chlorure de vinyle		0,66	µg	4,8	µg m³	< LD									
	1,2-dichloroéthane		0,52	µg	3,8	µg m³	< LD									
Naphtalène	0,24		µg	1,7	µg m³	< LD										
Toluène	0,82		µg	5,9	µg m³	< LQ										
Ethylbenzène	0,3		µg	2,2	µg m³	< LD										
mp. xyènes	0,68		µg	4,9	µg m³	< LQ										
o. xylène	0,3		µg	2,2	µg m³	< LD										
Styrène	0,36		µg	2,6	µg m³	< LD										
1,4 dichlorobenzène	0,28		µg	2,0	µg m³	< LD										
1,1-dichloroéthylène	0,48		µg	3,5	µg m³	< LD										
Dichlorométhane	0,54		µg	3,9	µg m³	< LD										
Hexachlorobutadiène	0,68		µg	4,9	µg m³	< LD										
Autres COV	octane		05/EC1407	13/02/15	6,9	76,5	08:33:00	10:51:00	138	1004	138,552					
	nonane															
	décane															
	124 TMB	0,3										µg	2,2	µg m³	< LQ	
	undécane															
dodécane																
D-limonène																

Tableau 62 : résultats tâche nettoyage à haute pression des engins – 3^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement							analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques		
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)				résultat	unité
HP ENGIN M3	PM10	PM10	05 EC1067	22/04/2015	17,4	44,8	07:55	10:06	131	4342	568,8	113	µg	198,7	µg/m³	
		Pb										75	ng	0,132	µg/m³	< LQ
		Ni										42,5	ng	0,075	µg/m³	< LD
		Cd										9,75	ng	0,017	µg/m³	< LQ
		As										7,5	ng	0,013	µg/m³	< LD
		Co										8,25	ng	0,015	µg/m³	
	PM2.5	PM2.5	05 EC1066	22/04/2015	17,4	44,8	07:55	10:04	129	3983,5	513,9	82	µg	159,6	µg/m³	
	CO	CO	LCPP04594	22/04/2015	17,4	44,8	07:55	10:04	129	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 1 ppm
	NO ₂	NO ₂	05 EC4133	23/04/2015	15,2	52,0	07:51	10:07	136	617	83,9	2,7	µg	32,2	µg/m³	
	H ₂ S	H ₂ S	05 EC5309	23/04/2015	15,2	52,0	07:51	10:09	138	599	82,7	< 60	µg	726	µg/m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	05 EC5308	24/04/2015	16,6	63,2	07:48	09:41	113	1001,5	113,2	22	µg	194,4	µg/m³	
	HAP	Fluoranthène	05 EC1425	22/04/2015	17,4	44,8	07:55	10:01	126	1955	246,3	5	ng	20,3	ng/m³	< LD
		Anthracène										0,5	ng	2,0	ng/m³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	13,6	ng/m³	< LD
		Pyrene										3,35	ng	13,6	ng/m³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	10,1	ng/m³	< LD
		Chrysène										2,5	ng	10,1	ng/m³	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,7	ng/m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,4	ng/m³	< LD
		Benzo(a)pyrene										0,5	ng	2,0	ng/m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,5	ng/m³	< LD
		Benzo(g,h,i)perylene										0,85	ng	3,5	ng/m³	< LD
		Indeno(1,2,3-c-d)pyrene										1,7	ng	6,9	ng/m³	< LD
	COV	Trichloroéthylène	05 EC1427	23/04/2015	15,2	52,0	07:51	10:06	134	1030,5	138,1	0,48	µg	3,5	µg/m³	< LD
		Tétrachloroéthylène										0,54	µg	3,9	µg/m³	< LD
		Trichlorométhane										0,62	µg	4,5	µg/m³	< LD
		CCl4										0,66	µg	4,8	µg/m³	< LD
		Benzène										0,3	µg	2,2	µg/m³	< LD
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	4,8	µg/m³	< LD
		1,2-dichloroéthane										0,52	µg	3,8	µg/m³	< LD
Naphtalène		0,24										µg	1,7	µg/m³	< LD	
Toluène		0,42										µg	3,0	µg/m³	< LD	
Ethylbenzène		0,3										µg	2,2	µg/m³	< LD	
mp. xylènes		0,28										µg	2,0	µg/m³	< LQ	
o. xylène		0,3										µg	2,2	µg/m³	< LD	
Styrene		0,36										µg	2,6	µg/m³	< LD	
1,4 dichlorobenzène		0,28										µg	2,0	µg/m³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		0,48										µg	3,5	µg/m³	< LD	
Dichlorométhane		0,54										µg	3,9	µg/m³	< LD	
Hexachlorobutadiène	0,68	µg	4,9	µg/m³	< LD											
Autres COV	octane	05 EC1427	23/04/2015	15,2	52,0	07:51	10:06	134	1030,5	138,1						
	nonane															
	décane										0,24	µg	1,7	µg/m³	< LD	
	124 TMB															
	undécane										0,24	µg	1,7	µg/m³	< LD	
dodécane																
D-limonène																

Tableau 63 : résultats tâche curage de bassin de dessablement – 1^{ère} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement								analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques											
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat				unité										
Curage Bassin M1	PM10	PM10	04/EC6327	08/12/2014	10,0	98,1	08:55	10:55	120	4461	535,32	146	µg	272,73	µg/m³											
		Pb										75	ng	0,140	µg/m³	< LQ										
		Ni										125	ng	0,234	µg/m³	< LQ										
		Cd										527,5	ng	0,990	µg/m³											
		As										9,75	ng	0,020	µg/m³	< LQ										
		Co										97,5	ng	0,180	µg/m³											
	PM2,5	PM2,5	04/EC6328	08/12/2014	10,0	98,1	08:55	10:55	120	4696	563,52	58	µg	102,9	µg/m³											
	CO	CO	LCPP04594	15/12/2014	12,4	90,9	08:30	10:18	108	-	-	-	-	< 1	ppm	max : < 1 ppm										
	NO ₂	NO ₂	04/EC5349	10/12/2014	15,2	94,9	07:47	10:18	151	696	105,1	4,6	µg	44	µg/m³											
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC1630	10/12/2014	15,2	94,9	07:47	10:18	151	646	97,546	< 60	µg	615,0	µg/m³	< LQ										
	NH ₃	NH ₃	05/EC1363	16/12/2014	14,6	89,2	08:30	10:30	120	1098	131,8	7,04	µg	53,4	µg/m³											
	HAP	Phénanthrène	05/EC709	08/12/2014	10,0	98,1	08:45	10:58	133	2075,5	276,0	1,7	ng	6,2	ng/m³	< LD										
		Anthracène										0,5	ng	1,9	ng/m³	< LD										
		Fluoranthène										3,55	ng	14	ng/m³	< LQ										
		Pyrène										3,35	ng	13	ng/m³	< LD										
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	9,9	ng/m³	< LD										
		Chrysène										2,5	ng	9,1	ng/m³	< LD										
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,5	ng/m³	< LD										
		Benzo(k)fluoranthène										2,7	ng	11	ng/m³											
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2	ng/m³	< LD										
		Dibenzo(a,h)anthracène										4,8	ng	19	ng/m³											
		Benzo(g,h,i)peryène										6,8	ng	25	ng/m³											
		Indéno(1,2,3,c-d)pyrène										1,7	ng	6,7	ng/m³	< LD										
		COV										Tétrachloroéthylène	05/EC711	08/12/2014	10,0	98,1	08:45	10:58	133	1013	134,7	0,48	µg	3,6	µg/m³	< LD
												Tétrachloroéthylène										1,62	µg	12	µg/m³	< LQ
	Trichlorométhane		0,62	µg	4,6	µg/m³	< LD																			
	CCl ₄		0,62	µg	4,6	µg/m³	< LD																			
	Benzène		0,3	µg	2,2	µg/m³	< LD																			
	Chlore de vinyle		0,66	µg	4,9	µg/m³	< LD																			
	1,2-dichloroéthane		0,54	µg	4	µg/m³	< LD																			
Naphtalène	0,24		µg	1,8	µg/m³	< LD																				
Toluène	123,8		µg	920	µg/m³																					
Ethylbenzène	0,88		µg	6,5	µg/m³	< LQ																				
mp. xyènes	2,2		µg	16	µg/m³																					
o. xylène	1,24		µg	9,2	µg/m³																					
Styrène	0,3		µg	2,2	µg/m³	< LD																				
1,4 dichlorobenzène	0,28		µg	2,1	µg/m³	< LD																				
1,1-dichloroéthylène	0,6		µg	4,5	µg/m³																					
Dichlorométhane	0,54		µg	4	µg/m³	< LD																				
Hexachlorobutadiène	0,66		µg	4,9	µg/m³	< LD																				
Autres COV	octane		05/EC711	08/12/2014	10,0	98,1	8:45	10:58	133	1013	134,729	1,08										µg	8	µg/m³		
	nonane											4,92										µg	37	µg/m³		
	décane											8,72										µg	65	µg/m³		
	124 TMB	3,82										µg	28	µg/m³												
	undécane	7,84										µg	58	µg/m³												
	dodécane	4,96										µg	37	µg/m³												
	D-limonène	2,24										µg	17	µg/m³												
	cis 1,2-dichloroéthane	2,46										µg	18	µg/m³	< LD											

Tableau 64 : résultats tâche curage de bassin de dessablement – 2^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement									analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité			
Curage Bassin M2	PM10	PM10	04/EC6337	15/12/2014	12,4	90,9	08:25	10:15	110	3729	410,2	55	µg	134,1	µg/m³	
		Pb										75	ng	0,183	µg/m³	< LQ
		Ni										125	ng	0,305	µg/m³	< LQ
		Cd										43	ng	0,100	µg/m³	
		As										7,5	ng	0,020	µg/m³	< LD
		Co										44,5	ng	0,110	µg/m³	
	PM2,5	PM2,5	04/EC6338	15/12/2014	12,4	90,9	08:25	10:15	110	4614	507,5	65	µg	128,1	µg/m³	
	CO	CO	LCPP04594	16/12/2014	14,6	89,2	08:03	10:23	140	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 0 ppm
	NO ₂	NO ₂	04/EC5334	15/12/2014	12,4	90,9	08:23	10:20	117	589	68,9	3,3	µg	48	µg/m³	
	H ₂ S	H ₂ S	04/EC8749	15/12/2014	12,4	90,9	08:23	10:20	117	653,5	76,5	< 60	µg	785	µg/m³	< LQ
	NH ₃	NH ₃	05/EC1364	16/12/2014	14,6	89,2	08:30	10:30	120	1100	131,9	4,34	µg	32,9	µg/m³	
	HAP	Phénanthrène	05/EC719	16/12/2014	14,6	89,2	08:30	10:25	115	1997,5	229,71	1,7	ng	7,4	ng/m³	< LD
		Anthracène										0,5	ng	2,2	ng/m³	< LD
		Fluoranthène										3,35	ng	15	ng/m³	< LD
		Pyrène										3,35	ng	15	ng/m³	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	11	ng/m³	< LD
		Chrysène										2,55	ng	11	ng/m³	< LQ
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	5	ng/m³	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,7	ng	3	ng/m³	< LQ
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2,2	ng/m³	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										1,25	ng	5,4	ng/m³	< LQ
		Benzo(g,h,i)perylene										2,95	ng	13	ng/m³	
		Indeno(1,2,3-c-d)pyrène										1,7	ng	7,4	ng/m³	< LD
	COV	Trichloroéthylène	05/EC717	15/12/2014	12,4	90,9	08:25	10:20	115	995	114,4	0,48	µg	4,2	µg/m³	< LD
		Tétrachloroéthylène										0,54	µg	4,7	µg/m³	< LD
		Trichlorométhane										0,62	µg	5,4	µg/m³	< LD
		CCl ₄										0,62	µg	5,4	µg/m³	< LD
		Benzène										0,3	µg	2,6	µg/m³	< LD
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	5,8	µg/m³	< LD
		1,2-dichloroéthane										0,54	µg	4,7	µg/m³	< LD
		Naphtalène										0,24	µg	2,1	µg/m³	< LD
		Toluène										1,08	µg	9,4	µg/m³	
Ethylbenzène		0,3										µg	2,6	µg/m³	< LD	
mp. xyènes		0,86										µg	7,5	µg/m³	< LQ	
o. xylene		0,88										µg	7,7	µg/m³	< LQ	
Styrène		0,3										µg	2,6	µg/m³	< LD	
1,4-dichlorobenzène		0,28										µg	2,4	µg/m³	< LD	
1,1-dichloroéthylène		0,5										µg	4,4	µg/m³	< LD	
Dichlorométhane		0,54										µg	4,7	µg/m³	< LD	
Hexachlorobutadiène		0,66										µg	5,8	µg/m³	< LD	
Autres COV	octane	05/EC717	15/12/2014	12,4	90,9	8:25	10:20	115	995	114,425						
	nonane															
	décane															
	124 TMB															
	undécane										0,9	µg	7,9	µg/m³		
	dodécane															
D-limonène																

Tableau 65 : résultats tâche curage de bassin de dessablement – 3^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement									analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité			
Curage Bassin M3	PM10	PM10	05/EC561	18/02/2015	10,1	86,2	08:10	10:00	110	3894	428	158	µg	368,9	µg/m3	
		Pb										25	ng	0,058	µg/m3	< LD
		Ni										125	ng	0,292	µg/m3	< LQ
		Cd										3,25	ng	0,008	µg/m3	< LD
		As										7,5	ng	0,018	µg/m3	< LD
		Co										33,75	ng	0,079	µg/m3	
	PM2,5	PM2,5	05/EC562	18/02/2015	10,1	86,2	08:10	10:00	110	3627	398	46	µg	115,3	µg/m3	
	CO	CO	LCPP04594	18/02/2015	10,1	86,2	08:19	11:34	195	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 3 ppm
	NO ₂	NO ₂	05/EC213	03/03/2015	10,7	85,7	07:50	09:10	80	666	53,28	3,6	µg	68	µg/m3	
	H ₂ S	H ₂ S	05/EC2660	03/03/2015	10,7	85,7	07:50	09:10	80	637	50,96	< 60	µg	1200	µg/m3	< LQ
	NH ₃	NH ₃	05/EC2657	19/02/2015	10,2	84,1	08:04	10:30	146	1016,5	148,4	< 4	µg	27	µg/m3	< LQ
	HAP	Phénaanthrène	05/EC1409	18/02/2015	10,1	86,2	08:10	10:00	110	2150	236,5	1,7	ng	7,2	ng/m3	< LD
		Anthracène										7,75	ng	32,8	ng/m3	
		Fluoranthène										3,35	ng	14,2	ng/m3	< LD
		Pyrène										3,35	ng	14,2	ng/m3	< LD
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	10,6	ng/m3	< LD
		Chryène										2,5	ng	10,6	ng/m3	< LD
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,9	ng/m3	< LD
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,5	ng/m3	< LD
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2,1	ng/m3	< LD
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,6	ng/m3	< LD
		Benzo(g,h,i)perylène										0,85	ng	3,6	ng/m3	< LD
		Indeno(1,2,3,c-d)pyrène										1,7	ng	7,2	ng/m3	< LD
		COV										Trichloroéthylène	05/EC1413	03/03/2015	10,7	85,7
	Tétrachloroéthylène		4,48	µg	55,7	µg/m3										
	Trichlorométhane		0,62	µg	7,7	µg/m3	< LD									
	CCl4		0,66	µg	8,2	µg/m3	< LD									
	Benzène		0,3	µg	3,7	µg/m3	< LD									
	Chlorure de vinyle		0,66	µg	8,2	µg/m3	< LD									
	1,2-dichloroéthane		0,54	µg	6,7	µg/m3	< LD									
	Naphtalène		0,24	µg	3,0	µg/m3	< LD									
	Toluène		48,2	µg	599,5	µg/m3										
Ethylbenzène	0,3		µg	3,7	µg/m3	< LD										
mp. xylènes:	0,48		µg	6,0	µg/m3	< LD										
o. xylène	0,3		µg	3,7	µg/m3	< LD										
Styrène	0,3		µg	3,7	µg/m3	< LD										
1,4 dichlorobenzène	0,28		µg	3,5	µg/m3	< LD										
1,1-dichloroéthylène	0,5		µg	6,2	µg/m3	< LD										
Dichlorométhane	0,56		µg	7,0	µg/m3	< LD										
Hexachlorobutadiène	0,7		µg	8,7	µg/m3	< LD										
Autres COV	octane	05/EC1413	03/03/2015	10,7	85,7	07:50	09:10	80	1005	80,4						
	nonane															
	décane															
	124 TMB															
	undécane										0,3	µg	3,7	µg/m3	< LQ	
	dodécane															
	D-limonène										0,74	µg	9,2	µg/m3	< LQ	
	méthylcyclohexane										0,48	µg	6,0	µg/m3	< LQ	
alphapinène	0,4	µg	5,0	µg/m3	< LQ											
1,1,1-trichloroéthane	0,66	µg	8,2	µg/m3	< LD											

Tableau 66 : résultats tâche curage à haute pression – 1^{ère} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement								analyse		concentration dans l'air		observations / remarques								
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)	résultat	unité	unité									
CURAGE HP MI	PM10	PM10	05/EC567	06/03/2015	10,8	82,0	08:00	10:30	150	4030,5	604	222	µg	367,2	µg/m3								
		Pb										75	ng	0,124	µg/m3	< LD							
		Ni										150	ng	0,248	µg/m3								
		Cd										25	ng	0,041	µg/m3								
		As										7,5	ng	0,012	µg/m3	< LD							
		Co										250	ng	0,414	µg/m3								
	PM2,5	PM2,5	05/EC568	06/03/2015	10,8	82,0	08:00	10:30	150	4193	628	77	µg	122,4	µg/m3								
	CO	CO	LCPP04594	06/03/2015	10,8	82,0	08:12	10:30	138	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 3 ppm							
	NO ₂	NO ₂																					
	H ₂ S	H ₂ S																					
	NH ₃	NH ₃	05/EC2677	10/03/2015	12,7	94,0	07:30	09:09	99	1081,5	107,1	< 4	µg	37	µg/m3								
	HAP	Phénanthrène	05/EC1419	10/03/2015	12,7	94,0	07:30	09:09	99	2196,5	217,5	5	ng	23,0	ng/m3	< LD							
		Anthracène										1,5	ng	6,9	ng/m3	< LQ							
		Fluoranthène										3,35	ng	15,4	ng/m3	< LD							
		Pyrène										3,35	ng	15,4	ng/m3	< LD							
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	11,5	ng/m3	< LD							
		Chryène										2,5	ng	11,5	ng/m3	< LD							
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	5,3	ng/m3	< LD							
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,6	ng/m3	< LD							
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	2,3	ng/m3	< LD							
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,9	ng/m3	< LD							
	Benzo(g,h)peryène	0,85	ng	3,9	ng/m3	< LD																	
	Indeno(1,2,3-c-d)pyrène	1,7	ng	7,8	ng/m3	< LD																	
	COV	Trichloroéthylène	05/EC1415	05/03/2015	11,5	91,2	08:10	10:10	120	1002,5	120,3	0,48	µg	4,0	µg/m3	< LD							
		Tétrachloroéthylène										0,54	µg	4,5	µg/m3	< LD							
		Trichlorométhane										0,62	µg	5,2	µg/m3	< LD							
		CCH										0,66	µg	5,5	µg/m3	< LD							
		Benzène										1,04	µg	8,6	µg/m3								
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	5,5	µg/m3	< LD							
		1,2-dichloroéthane										0,54	µg	4,5	µg/m3	< LD							
Naphtalène		0,24										µg	2,0	µg/m3	< LD								
Toluène		35										µg	290,9	µg/m3									
Ethylbenzène		8,58										µg	71,3	µg/m3									
mp. xyènes		35,6										µg	295,9	µg/m3									
o. xyène		16,68										µg	138,7	µg/m3									
Styrène		0,3										µg	2,5	µg/m3	< LD								
1,4 dichlorobenzène		0,28										µg	2,3	µg/m3	< LD								
1,1-dichloroéthylène		0,5										µg	4,2	µg/m3	< LD								
Dichlorométhane		0,56										µg	4,7	µg/m3	< LD								
Hexachlorobutadiène	0,7	µg	5,8	µg/m3	< LD																		
Autres COV	octane	05/EC1415	05/03/2015	11,5	91,2	08:10	10:10	120	1002,5	120,3	3,46	µg	28,8	µg/m3									
	nonane										11,22	µg	93,3	µg/m3									
	décane										25	µg	207,8	µg/m3									
	124 TMB										35	µg	290,9	µg/m3									
	undécane										26,2	µg	217,8	µg/m3									
	dodécane										20	µg	166,3	µg/m3									
	D-limonène																						
	Hexane										1,3	µg	10,8	µg/m3									
	Acétate d'éthyle										1,54	µg	12,8	µg/m3	< LQ								
	Heptane										2,44	µg	20,3	µg/m3									
	Méthylcyclohexane										0,92	µg	7,6	µg/m3	< LQ								

Tableau 67 : résultats tâche curage à haute pression – 2^{ème} série de mesures

tâche	famille	polluant	prélèvement							analyse		concentration dans l'air	unité	observations / remarques			
			Id échantillon	date	température moy en °C	humidité moy en %	heure début	heure fin	durée (min)	débit (mL/min)	volume (L)				résultat	unité	
CURAGE HP M2	PM10	PM10	05/EC570	10/03/2015	12,7	94,0	07:25	09:09	104	3835	398	98	µg	245,7	µg/m3		
		Pb										75	ng	0,188	µg/m3	< LD	
		Ni										125	ng	0,313	µg/m3	< LQ	
		Cd										9,75	ng	0,024	µg/m3	< LQ	
		As										7,5	ng	0,019	µg/m3	< LD	
		Co										25	ng	0,063	µg/m3	< LQ	
	PM2.5	PM2.5	05/EC571	10/03/2015	12,7	94,0	07:25	09:09	104	3548	369	57	µg	154,5	µg/m3		
	CO	CO	LC PP04594	10/03/2015	12,7	94,0	07:25	09:09	104	-	-	-	-	< 1	ppm	max : 3 ppm	
	NO ₂	NO ₂															
	H ₂ S	H ₂ S															
	NH ₃	NH ₃	05/EC 2679	10/03/2015	12,9	96,0	09:30	11:34	124	1081	134	24,6	µg	183,5	µg/m3		
	HAP	Phénanthrène	05/EC 1421	10/03/2015	12,7	94,0	09:30	11:34	124	2157,5	267,5	5	ng	18,7	ng/m3	< LD	
		Anthracène										0,5	ng	1,9	ng/m3	< LD	
		Fluoranthène										3,35	ng	12,5	ng/m3	< LD	
		Pyrène										3,35	ng	12,5	ng/m3	< LD	
		Benzo(a)anthracène										2,5	ng	9,3	ng/m3	< LD	
		Chryène										2,5	ng	9,3	ng/m3	< LD	
		Benzo(b)fluoranthène										1,15	ng	4,3	ng/m3	< LD	
		Benzo(k)fluoranthène										0,35	ng	1,3	ng/m3	< LD	
		Benzo(a)pyrène										0,5	ng	1,9	ng/m3	< LD	
		Dibenzo(a,h)anthracène										0,85	ng	3,2	ng/m3	< LD	
		Benzo(g,h,i)perylene										0,85	ng	3,2	ng/m3	< LD	
	Indeno(1,2,3-c-d)pyrène	1,7	ng	6,4	ng/m3	< LD											
	COV	Trichloroéthylène	05/EC 1417	06/03/2015	10,8	82,0	08:00	10:25	145	999	144,9	0,48	µg	3,3	µg/m3	< LD	
		Tetrachloroéthylène										0,54	µg	3,7	µg/m3	< LD	
		Trichlorométhane										0,62	µg	4,3	µg/m3	< LD	
		CCH										0,66	µg	4,6	µg/m3	< LD	
		Benzène										0,46	µg	3,2	µg/m3	< LQ	
		Chlorure de vinyle										0,66	µg	4,6	µg/m3	< LD	
		1,2-dichloroéthane										0,54	µg	3,7	µg/m3	< LD	
		Naphtalène										0,24	µg	1,7	µg/m3	< LD	
		Toluène										8,84	µg	61,0	µg/m3		
		Ethylbenzène										0,74	µg	5,1	µg/m3	< LQ	
mp. xyènes		2,58										µg	17,8	µg/m3			
o. xyène		1										µg	6,9	µg/m3			
Styrène		0,3										µg	2,1	µg/m3	< LD		
1,4 dichlorobenzène		0,28										µg	1,9	µg/m3	< LD		
1,1-dichloroéthylène		0,5										µg	3,5	µg/m3	< LD		
Dichlorométhane		0,56										µg	3,9	µg/m3	< LD		
Hexachlorobutadiène	0,7	µg	4,8	µg/m3	< LD												
Autres COV	octane	05/EC 1417	06/03/2015	10,8	82,0	08:00	10:25	145	999	144,855	1,98	µg	13,7	µg/m3			
	hexane										0,66	µg	4,6	µg/m3	< LQ		
	heptane										1,58	µg	10,9	µg/m3			
	nonane										5,5	µg	38,0	µg/m3			
	décane										9,14	µg	63,1	µg/m3			
	124 TMB										1,74	µg	12,0	µg/m3			
	undécane										3,12	µg	21,5	µg/m3			
	méthylcyclohexane										1,54	µg	10,6	µg/m3			
	acétate de butyle										2,52	µg	17,4	µg/m3			
	dodécane																
	D-limonène										1,72	µg	11,9	µg/m3			

Annexe 8 : Indices statistiques : Définition et interprétation

Ratio Standardisé de Mortalité (SMR)

Le SMR (*Standardized Mortality Ratio*) est le rapport entre le nombre observé de décès dans la population étudiée (Obs) et le nombre attendu de décès (Att) pour une cause donnée : $SMR = \text{Obs}/\text{Att}$.

Le nombre attendu (Att) est le nombre de décès qui aurait dû survenir si les taux de mortalité de la cohorte avaient été les mêmes que ceux de la population prise pour référence, en tenant compte du sexe, de l'âge et de l'année.

Le SMR est comparé à la valeur 1,00. Lorsqu'il est supérieur à 1,00, il existe une "surmortalité", ou un "excès de décès", pour la cause considérée. Dans le cas d'un SMR inférieur à 1,00, il existe une "sous-mortalité".

Ratio standardisé d'incidence (SIR)

Le SIR (*Standardized Incidence Ratio*) est obtenu de la même façon qu'un SMR, à partir du nombre de cas incidents (nouveaux cas diagnostiqués) et de taux d'incidence.

Rapport de mortalité proportionnelle (PMR)

Le PMR (*Proportionate Mortality Ratio*) est le rapport entre le pourcentage de décès observé et le pourcentage de décès attendus : $PMR = \text{Pobs}/\text{Patt}$.

Pour une cause donnée, le pourcentage placé au numérateur (Pobs) est rapporté au nombre total de décès observé dans la population étudiée. Le pourcentage placé au dénominateur (Patt) est calculé pour une population de référence. Ces deux pourcentages tiennent compte du sexe, de l'âge et de l'année de décès.

Le PMR est comparé à la valeur 1,00 correspondant à la même proportion de décès, pour une cause donnée, dans la population étudiée et dans la population de référence.

Cet indice statistique est calculé lorsque seuls les nombres de décès par cause sont connus, les effectifs de la population étudiée n'étant pas disponibles.

Risque relatif (RR)

Le RR est le rapport entre le risque de maladie (ou de décès) observé dans le groupe Exposé (R1) (incidence) et celui observé dans le groupe Non exposé (R0) : $RR = R1/R0$.

Le RR permet de quantifier une éventuelle relation entre une exposition et un effet sur la santé. L'absence d'association entre l'exposition et l'effet sur la santé est matérialisée par un RR dont la valeur ne diffère pas de 1. Si le RR est supérieur à 1, cela signifie que l'exposition entraîne une augmentation de la probabilité d'apparition de la maladie ; l'exposition étudiée est considérée comme facteur de risque vis-à-vis de l'effet sur la santé. Si le RR est inférieur à 1, l'exposition entraîne une diminution de cette probabilité ; l'exposition étudiée est considérée comme facteur protecteur.

Ainsi, un RR égal à 3 signifie que les sujets exposés au facteur de risque ont une probabilité (un risque) 3 fois plus élevée d'avoir la maladie que les non exposés.

Le RR est calculé dans le cas d'étude « Exposés vs. Non exposés ».

Odds-ratio (OR)

L'OR est le rapport de cotes entre les personnes malades et les non malades. L'OR permet d'estimer un éventuel lien statistique entre l'exposition et la survenue de la maladie. Il est une approximation du risque relatif, d'autant meilleure que la maladie dans la population cible est rare. L'interprétation de l'OR est similaire à celle du RR.

L'OR est calculé dans le cas d'étude « Cas vs. Témoins ».

Indices statistiques et Intervalle de confiance à 95% : exemple du SMR

La plage de variabilité du SMR est donnée par l'intervalle de confiance à 95% (IC95%). Cet intervalle est déterminé par une limite inférieure et une limite supérieure. Le calcul donne également la valeur du "p" de la signification statistique. Un excès de mortalité est dit "statistiquement significatif" (au seuil de $p < 0,05$) lorsque la limite inférieure est supérieure à 1,00 (exemples b et d). Inversement, une sous-mortalité est dite "statistiquement significative" lorsque la limite supérieure est inférieure à 1,00 (exemple f).

Par convention, l'interprétation des intervalles de confiance est ainsi conduite :

- si la valeur 1,00 se trouve à l'intérieur de l'intervalle de confiance à 95%, on admet que l'écart observé peut être dû au hasard, c'est-à-dire provenir des fluctuations d'échantillonnage. Le SMR est alors dit "statistiquement non-significatif" (exemples a, c, e),
- si la valeur 1,00 se trouve à l'extérieur de l'intervalle de confiance à 95%, on admet que l'écart observé a moins de 5 chances sur 100 d'être dû au hasard. Le SMR est dit "statistiquement significatif". Deux cas se présentent alors :
 - les deux bornes de l'intervalle de confiance à 95 % sont supérieures à 1,00, le SMR est significativement supérieur à 1,00 (exemples b et d),
 - les deux bornes de l'intervalle de confiance à 95% sont inférieures à 1,00, le SMR est significativement inférieur à 1,00 (exemple f).

La signification statistique d'un SMR dépend de deux paramètres, la taille des effectifs analysés et l'importance de l'écart par rapport à 1,00 :

- Les exemples a et b montrent que seul le deuxième SMR est statistiquement significatif, alors que les SMR ont la même valeur (2,07). Ceci est dû au fait que l'exemple b fait intervenir des effectifs plus importants. Il en est de même pour les exemples e et f, la sous-mortalité (0,50) n'étant statistiquement significative que dans le deuxième cas en raison de la taille des effectifs.
- L'influence de l'écart par rapport à 1,00 est clairement montrée par les exemples b et c. Les nombres attendus sont identiques (14,50), mais seul le premier SMR (2,07) est statistiquement significatif, le second étant plus proche de l'unité (1,37). De plus, les exemples a et d montrent que, lorsque les nombres attendus sont identiques (2,90), un SMR peut être statistiquement significatif s'il est suffisamment élevé (5,17).

Tableau 68 : Interprétation des SMR en fonction de l'indice de confiance à 95%

Exemples	Obs/att	SMR	IC95 %	Interprétation	Signification statistique
a	6/2,90	2,07	0,75-4,50	Surmortalité	non significatif
b	30/14,50	2,07	1,39-2,95	Surmortalité	statistiquement significatif
c	20/14,50	1,37	0,84-2,13	Surmortalité	non significatif
d	15/2,90	5,17	2,89-8,53	Surmortalité	statistiquement significatif
e	5/10,00	0,50	0,16-1,17	Sous-mortalité	non significatif
f	25/50,00	0,50	0,32-0,74	Sous-mortalité	statistiquement significatif

Références bibliographiques

Menvielle G, Leclerc A. Glossaire statistique et épidémiologique. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Pathologie professionnelle et de l'environnement, 16-905-A-10, 2011.

Bourgkard E, Demange V, Aubry C. L'épidémiologie en santé au travail (III). Clés pour une lecture efficace d'études épidémiologiques analytiques. *Doc Med Trav.* 2008 ; 114 : 175-188.

Annexe 9 : Résultats de l'étude de morbidité chez les égoutiers de la Ville de Paris

Tableau 69 : Prévalence des maladies et symptômes respiratoires et oto-rhino-laryngologiques (Extrait de INRS 2004)

Indicateur N (%)	Egoutiers n=205	Non égoutiers n=190	p	OR	IC95%	Ajustement
Bronchite chronique	7 (3,4 %)	1 (0,5 %)	0,15	5,32	0,55 – 51,2	Tabac, enquêteur
Toux / expectoration	57 (27,8 %)	18 (9,5 %)	0,02	2,16	1,13 – 4,13	Age, tabac, enquêteur
Dyspnée	76 (37,1 %)	25 (13,2 %)	< 10⁻²	2,37	1,32 – 4,28	Age, tabac, enquêteur
Stade II	60 (29,3 %)	19 (10 %)	-	-	-	-
Stade III	16 (7,8 %)	6 (3,2 %)	-	-	-	-
Asthme de l'adulte	16 (7,8 %)	12 (6,3 %)	0,40	0,68	0,28 – 1,64	Age, allergie, enquêteur
Signes respiratoires dans les 12 derniers mois	130 (63,4 %)	41 (21,6 %)	< 10⁻⁴	3,41	2,06 – 5,62	Age, tabac, enquêteur
Toux avec expectoration	55 (26,8 %)	15 (7,9 %)	0,18	1,58	0,80 – 3,14	Age, tabac, enquêteur
Toux sèche	73 (35,6 %)	19 (10,0 %)	10⁻³	2,77	1,50 – 5,11	Age, tabac, enquêteur
Sifflements	42 (20,5 %)	11 (5,8 %)	0,04	2,89	1,07 – 7,79	Age, tabac, enquêteur, allergie
Oppression thoracique	41 (20,0 %)	11 (5,8 %)	< 10⁻²	2,91	1,33 – 6,36	Age, tabac, enquêteur
Essoufflement	60 (29,3 %)	14 (7,4 %)	< 10⁻³	3,70	1,85 – 7,39	Age, tabac, enquêteur
Signes ORL dans les 12 derniers mois	114 (55,6 %)	42 (22,1 %)	< 10⁻³	2,52	1,52 – 4,18	Age, tabac, allergie, enquêteur
Sinusite	64 (31,2 %)	19 (10,0 %)	< 10⁻²	2,35	1,28 – 4,36	Age, tabac, enquêteur
Irritation nasale	50 (24,4 %)	23 (12,1 %)	0,48	1,25	0,67 – 2,33	Age, tabac, allergie, enquêteur
Irritation de la gorge	67 (32,7 %)	15 (7,9 %)	< 10⁻³	3,14	1,62 – 6,10	Age, tabac, enquêteur

Tableau 70 : Prévalence des symptômes digestifs (Extrait de INRS 2004)

Indicateur N(%)	Egoutiers n=205	Non égoutiers n=190	p	OR	IC95%	Ajustement
Nausées, vomissements	55 (26,8%)	8 (4,2 %)	< 10 ⁻⁴	6,14	2,66 – 14,19	Age, alcool, enquêteur
Autres signes gastriques	91 (44,4 %)	25 (13,2 %)	< 10 ⁻⁴	3,75	2,16 – 6,53	Age, alcool, enquêteur
Gastralgies	60 (29,3 %)	20 (10,5 %)	0,01	2,19	1,18-4,05	Age, alcool, enquêteur
Ulcère	7 (3,4 %)	1 (0,5 %)	-	-	-	-
Gastrite	57 (27,8 %)	5 (2,6 %)	< 10 ⁻⁴	15,4	5,65 – 42,15	Age, alcool, enquêteur
Diarrhée	146 (71,2 %)	20 (10,5 %)	< 10 ⁻⁴	16,8	9,15 – 31,04	Age, enquêteur

OR : Odds-Ratio

Tableau 71 : Prévalence des symptômes cutanés et oculaires (Extrait de INRS 2004)

Indicateur N(%)	Egoutiers n=205	Non égoutiers n=190	p	OR	IC95%	Ajustement
Symptômes cutanés	86 (42,0 %)	22 (11,6 %)	< 10 ⁻⁴	3,95	2,21 – 7,06	Age, enquêteur
Mycoses	33 (16,1 %)	7 (3,7 %)	< 0,05	3,37	1,33 – 8,54	Age, enquêteur
Eczéma	24 (11,7 %)	6 (3,2 %)	< 0,05	3,54	1,27 – 9,86	Age, enquêteur
Irritation de la peau	42 (20,5 %)	6 (3,2 %)	< 10 ⁻³	5,50	2,12 – 14,23	Age, enquêteur
Signes d'irritation oculaire	69 (33,7 %)	15 (7,9 %)	< 10 ⁻⁴	3,72	1,93 – 7,16	Age, enquêteur, port de lunettes

OR : Odds-Ratio

Tableau 72 : Prévalence des phénomènes de douleurs, gêne ou inconfort au cours des 12 derniers mois (Extrait de INRS 2004)

Indicateur – N(%)	Egoutiers N=205	Non égoutiers N=190
Douleurs articulaires (hors dos)	114 (55,6 %)	32 (16,8 %)
Nuque ou cou n(%)	106 (51,7 %)	17 (8,9 %)
Épaule ou bras n(%)	89 (43,4 %)	22 (11,6 %)
Coude ou avant-bras n(%)	45 (21,9 %)	5 (2,6 %)
Poignet ou main n(%)	52 (25,4 %)	10 (5,3 %)
Doigts n(%)	31 (15,1 %)	7 (3,7 %)
Haut du dos n(%)	46 (22,4 %)	9 (4,7 %)
Bas du dos n(%)	164 (80,0 %)	51 (26,8 %)
Hanche ou cuisse n(%)	38 (18,5 %)	5 (2,6 %)
Genou ou jambe n(%)	73 (35,6 %)	18 (9,5 %)
Cheville ou pied n(%)	27 (13,2 %)	11 (5,8 %)

Annexe 10 : Résultats de la première étude de mortalité chez les égoutiers de la Ville de Paris

Tableau 73 : Nombres de décès observés et attendus et SMR par cause et groupes de causes. Population de référence : Seine St Denis (93). (Extrait de INRS 2004)

	observé	attendus	SMR			
Toutes causes	530	423,65	1,25	1,15	-	1,36
Tous cancers	235	171,07	1,37	1,20	-	1,56
VADS version 1	35	25,03	1,40	0,97	-	1,94
VADS version 2	43	29,99	1,43	1,04	-	1,93
cavités buccales et pharynx	25	15,75	1,59	1,03	-	2,34
digestifs	69	47,68	1,45	1,13	-	1,83
oesophage	22	11,15	1,97	1,24	-	2,99
estomac	5	6,8	0,74	0,24	-	1,72
colon et intestin grêle	11	9,04	1,22	0,61	-	2,18
rectum	2	3,23	0,62	0,07	-	2,24
foie	16	8,65	1,85	1,06	-	3,00
pancréas	7	5,69	1,23	0,49	-	2,53
péritoine	0	0,27	0,00	0,00	-	13,59
sinus et oreille moyenne	8	4,97	1,61	0,69	-	3,17
larynx	10	9,28	1,08	0,52	-	1,98
broncho-pulmonaire	68	46,27	1,47	1,14	-	1,86
plèvre	3	1,68	1,79	0,36	-	5,22
os et tissu conjonctif	1	1,48	0,68	0,01	-	3,76
peau	1	0,94	1,06	0,01	-	5,92
prostate	9	7,34	1,23	0,56	-	2,33
testicule	0	0,3	0,00	0,00	-	12,23
vessie	4	5,74	0,70	0,19	-	1,78
rein	4	3,54	1,13	0,30	-	2,89
cerveau	5	2,58	1,94	0,62	-	4,52
glandes endocrines	0	0,45	0,00	0,00	-	8,15
lymphome	1	4,94	0,20	0,00	-	1,13

leucémie	5	3,55	1,41	0,45	-	3,29
maladies endocriniennes	10	6,12	1,63	0,78	-	3,01
maladies du sang	0	1,35	0,00	0,00	-	2,72
tous troubles mentaux	15	6,58	2,28	1,27	-	3,76
psychoses alcooliques	0	0,58	0,00	0,00	-	6,32
syndrome de dépendance alcoolique	8	4,3	1,86	0,80	-	3,67
maladies du système nerveux	8	6,25	1,28	0,55	-	2,52
maladies de l'appareil circulatoire	105	97,25	1,08	0,88	-	1,31
maladies hypertensives	3	2,7	1,11	0,22	-	3,25
cardiopathies ischémiques	37	40,68	0,91	0,64	-	1,25
embolie pulmonaire	5	1,86	2,69	0,87	-	6,27
troubles du rythme	4	4,7	0,85	0,23	-	2,18
insuffisance cardiaque	10	8,11	1,23	0,59	-	2,27
maladies vasculaires cérébrales	23	20,35	1,13	0,72	-	1,70
maladies des artères	10	8,18	1,22	0,59	-	2,25
maladies des veines	1	1,42	0,70	0,01	-	3,92
maladies de l'appareil respiratoire	20	20,51	0,98	0,60	-	1,51
maladies respiratoires infectieuses	10	6,45	1,55	0,74	-	2,85
maladies respiratoires non infectieuses	10	14,02	0,71	0,34	-	1,31
emphysèmes	0	0,75	0,00	0,00	-	4,89
broncho-pneumopathies obstructives	7	6,69	1,05	0,42	-	2,16
maladies de l'appareil digestif	48	34,01	1,41	1,04	-	1,87
ulcère de l'estomac	0	1,3	0,00	0,00	-	2,82
maladies du foie	38	22,97	1,65	1,17	-	2,27
cirrhose alcoolique	17	12,6	1,35	0,79	-	2,16
pancréatite	3	1,26	2,38	0,48	-	6,96
infections digestives	1	0,22	4,55	0,06	-	25,29
maladies de l'appareil génito-urinaire	1	3,48	0,29	0,00	-	1,60
causes de décès mal définies	25	35,13	0,71	0,46	-	1,05
morts violentes	34	26,52	1,28	0,89	-	1,79
suicides	16	5,52	2,90	1,66	-	4,71
accidents de la circulation routière	2	5,73	0,35	0,04	-	1,26
maladies infectieuses ch I de la CIM hors SIDA	10	5,74	1,74	0,83	-	3,20
toutes maladies infectieuses hors SIDA	25	13,41	1,86	1,21	-	2,75
maladies liées explicitement à l'alcool	25	17,48	1,43	0,93	-	2,11
Maladies liées à l'alcool	122	64,21	1,90	1,58	-	2,27

**Tableau 74: SMR par statut actif/non actif et motif de départ (taux de référence : Seine St Denis).
(Extrait de INRS 2004)**

	Observés	Attendus	SMR	Intervalle de confiance à 95%
Toutes causes				
actif	107	95,48	1,12	0,92 - 1,35
retraite	265	222,18	1,19	1,05 - 1,35
invalidé	108	77,8	1,39	1,14 - 1,68
autres	50	28,2	1,77	1,32 - 2,34
Tous cancers				
actif	35	30,52	1,15	0,80 - 1,59
retraite	133	94,77	1,40	1,18 - 1,66
invalidé	46	34,18	1,35	0,99 - 1,80
autres	21	11,6	1,81	1,12 - 2,77
Cancers de la cavité buccale et du pharynx				
actif	7	4,41	1,59	0,64 - 3,27
retraite	11	7,33	1,50	0,75 - 2,69
invalidé	3	2,85	1,05	0,21 - 3,08
autres	4	1,16	3,44	0,92 - 8,83
Cancers digestifs				
actif	11	7,49	1,47	0,73 - 2,63
retraite	38	27,32	1,39	0,98 - 1,91
invalidé	14	9,74	1,44	0,79 - 2,41
autres	6	3,13	1,91	0,70 - 4,17
Cancers de l'œsophage				
actif	3	2,6	1,15	0,23 - 3,37
retraite	9	5,65	1,59	0,73 - 3,02
invalidé	6	2,12	2,83	1,03 - 6,16
autres	4	0,78	5,10	1,37 - 13,13
Cancers du foie				
actif	2	0,89	2,25	0,25 - 8,11
retraite	12	5,24	2,29	1,18 - 4,00
invalidé	2	1,91	1,05	0,12 - 3,78
autres	0	0,61	0,00	0,00 - 6,01
Cancers des sinus et de l'oreille moyenne				
actif	1	0,69	1,45	0,02 - 8,06
retraite	5	2,82	1,77	0,57 - 4,14
invalidé	2	1,06	1,88	0,21 - 6,81
autres	0	0,4	0,00	0,00 - 9,17
Cancers broncho-pulmonaires				
actif	5	7,32	0,68	0,22 - 1,59
retraite	40	26,17	1,53	1,09 - 2,08
invalidé	15	9,53	1,57	0,88 - 2,60
autres	8	3,24	2,47	1,06 - 4,87
Cancers du cerveau				
actif	2	0,69	2,90	0,33 - 10,47
retraite	3	1,24	2,43	0,49 - 7,07
invalidé	0	0,46	0,00	0,00 - 7,97
autres	0	0,19	0,00	0,00 - 19,31
Troubles mentaux				
actif	4	2,14	1,87	0,50 - 4,79
retraite	7	2,92	2,40	0,96 - 4,94
invalidé	2	1,05	1,90	0,21 - 6,88
autres	2	0,47	4,27	0,48 - 15,36
Maladies de l'appareil circulatoire				
actif	15	15,76	0,95	0,53 - 1,57
retraite	53	56,86	0,93	0,70 - 1,22
invalidé	28	18,83	1,49	0,99 - 2,15

	Observés	Attendus	SMR	Intervalle de confiance à 95%
autres	9	5,79	1,55	0,71 - 2,95
Cardiopathies ischémiques				
actif	7	7,05	0,99	0,40 - 2,05
retraite	16	23,26	0,69	0,39 - 1,12
invalides	9	7,9	1,14	0,52 - 2,16
autres	5	2,47	2,02	0,65 - 4,72
Maladies non-malignes du foie				
actif	13	7,23	1,80	0,96 - 3,07
retraite	12	10,26	1,17	0,60 - 2,04
invalides	9	3,9	2,31	1,05 - 4,38
autres	4	1,58	2,53	0,68 - 6,48
Cirrhose alcoolique				
actif	4	3,88	1,03	0,28 - 2,64
retraite	9	5,64	1,60	0,73 - 3,03
invalides	3	2,16	1,39	0,28 - 4,06
autres	1	0,91	1,09	0,01 - 6,11
Suicides				
actif	8	2,82	2,83	1,22 - 5,59
retraite	5	1,62	3,08	0,99 - 7,20
invalides	2	0,63	3,17	0,36 - 11,46
autres	1	0,44	2,26	0,03 - 12,65
Toutes maladies infectieuses hors SIDA				
actif	4	3,03	1,32	0,35 - 3,38
retraite	13	7,18	1,81	0,96 - 3,10
invalides	3	2,38	1,26	0,25 - 3,68
autres	5	0,82	6,13	1,97 - 14,23
Maladies infectieuses respiratoires				
actif	0	0,99	0,00	0,00 - 3,71
retraite	5	3,85	1,30	0,42 - 3,03
invalides	3	1,22	2,45	0,49 - 7,18
autres	2	0,39	5,17	0,58 - 18,52
Maladies liées à l'alcool				
actif	28	18,73	1,49	0,99 - 2,16
retraite	57	29,53	1,93	1,93 - 2,50
invalides	24	11,41	2,10	1,35 - 3,13
autres	13	4,55	2,86	1,52 - 4,89

Tableau 75: SMR par durée d'emploi comme égoutier après exclusion des sujets sortis pour démission et licenciement. (Population de référence : Seine St Denis). (Extrait de INRS 2004)

	Obs	Att	SMR	IC 95%
Toutes causes				
< 1 an	3	1,99	1,51	0,30 - 4,40
1-4 ans	6	7,43	0,81	0,29 - 1,76
5-9 ans	18	13,77	1,31	0,77 - 2,07
10-14 ans	42	40,65	1,03	0,74 - 1,40
15-19 ans	144	121,96	1,18	1,00 - 1,39
20-24 ans	191	157,05	1,22	1,05 - 1,40
25 ans et plus	76	52,6	1,44	1,14 - 1,81
Tous cancers				
moins de 10 ans	5	5,68	0,88	0,28 - 2,05
10-19 ans	81	63,68	1,27	1,01 - 1,58
20 ans et plus	128	90,11	1,42	1,19 - 1,69
cancers de la cavité buccale et du pharynx				
moins de 10 ans	1	0,67	1,49	0,02 - 8,30
10-19 ans	9	6,19	1,45	0,66 - 2,76
20 ans et plus	11	7,73	1,42	0,71 - 2,55
cancers digestifs				
moins de 10 ans	0	1,37	0,00	0,00 - 2,68
10-19 ans	26	17,64	1,47	0,96 - 2,16
20 ans et plus	37	25,54	1,45	1,02 - 2,00
Cancer de l'œsophage				
moins de 10 ans	0	0,39	0,00	0,00 - 9,41
10-19 ans	3	4,28	0,70	0,14 - 2,05
20 ans et plus	15	5,7	2,63	1,47 - 4,34
Cancer du foie				
moins de 10 ans	0	0,23	0,00	0,00 - 15,95
10-19 ans	8	2,96	2,70	1,16 - 5,33
20 ans et plus	8	4,85	1,65	0,71 - 3,25
Cancers des sinus et de l'oreille moyenne				
moins de 10 ans	0	0,16	0,00	0,00 - 22,93
10-19 ans	3	1,66	1,81	0,36 - 5,28
20 ans et plus	5	2,75	1,82	0,59 - 4,24
Cancers broncho-pulmonaires				
moins de 10 ans	1	1,32	0,76	0,01 - 4,22
10-19 ans	19	16,76	1,13	0,68 - 1,77
20 ans et plus	40	24,94	1,60	1,15 - 2,18
Cancer du cerveau				
moins de 10 ans	0	0,19	0,00	0,00 - 19,31
10-19 ans	1	0,97	1,03	0,01 - 5,74
20 ans et plus	4	1,24	3,23	0,87 - 8,26
Troubles mentaux				
moins de 10 ans	2	0,48	4,17	0,47 - 15,04
10-19 ans	5	2,66	1,88	0,61 - 4,39
20 ans et plus	6	2,97	2,02	0,74 - 4,40
Maladies cardio-vasculaires				
moins de 10 ans	4	3,05	1,31	0,35 - 3,36
10-19 ans	34	37,35	0,91	0,63 - 1,27
20 ans et plus	58	51,06	1,14	0,86 - 1,47
Cardiopathies ischémiques				
moins de 10 ans	2	1,24	1,61	0,18 - 5,82
10-19 ans	11	15,67	0,70	0,35 - 1,26
20 ans et plus	19	21,29	0,89	0,54 - 1,39
Maladies non-malignes du foie				
moins de 10 ans	1	1,27	0,79	0,01 - 4,38

	Obs	Att	SMR	IC 95%
10-19 ans	15	9,44	1,59	0,89 - 2,62
20 ans et plus	18	10,68	1,69	1,00 - 2,66
Cirrhose alcoolique				
moins de 10 ans	0	0,7	0,00	0,00 - 5,24
10-19 ans	5	5,07	0,99	0,32 - 2,30
20 ans et plus	11	5,91	1,86	0,93 - 3,33
Suicides				
moins de 10 ans	3	1,04	2,88	0,58 - 8,43
10-19 ans	8	2,25	3,56	1,53 - 7,01
20 ans et plus	4	1,8	2,22	0,60 - 5,69
Toutes maladies infectieuses				
moins de 10 ans	0	0,74	0,00	0,00 - 4,96
10-19 ans	8	5,27	1,52	0,65 - 2,99
20 ans et plus	12	6,57	1,83	0,94 - 3,19
Maladies infectieuses respiratoires				
moins de 10 ans	0	0,26	0,00	0,00 - 14,11
10-19 ans	4	2,41	1,66	0,45 - 4,25
20 ans et plus	4	3,40	1,18	0,32 - 3,01
Maladies liées à l'alcool				
moins de 10 ans	4	2,96	1,35	0,36 - 3,46
10-19 ans	43	25,81	1,67	1,21 - 2,24
20 ans et plus	62	30,92	2,01	1,54 - 2,57

Annexe 11: Données détaillées des causes de décès de la 1ère étude de mortalité chez les égoutiers de la Ville de Paris

Tableau 76 : Données de la 1ère étude de mortalité (INRS 2004)

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
Toutes causes†		530
Tous cancers†		235
Cancers voies aérodigestives supérieures 2†		43
Cancers cavité buccale, pharynx†		25
1410	Tumeur maligne de la langue	2
1419	Tumeur maligne de la langue	1
1449	Tumeur maligne du plancher de la bouche	1
1453	Tumeur maligne de parties autres ou non précisées de la bouche	1
1454	Tumeur maligne de parties autres ou non précisées de la bouche	1
1455	Tumeur maligne de parties autres ou non précisées de la bouche	1
1463	Tumeur maline de l'oropharynx	1
1468	Tumeur maline de l'oropharynx	1
1469	Tumeur maline de l'oropharynx	3
1481	Tumeur maligne de l'hypopharynx	5
1489	Tumeur maligne de l'hypopharynx	3
1490	Tumeurs malignes de sièges autres et mal définis de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	5
Cavité nasale, sinus†		8
1608	Tumeur maligne des fosses nasales, de l'oreille moyenne et des sinus annexes	8
Cancer du larynx†		10
1610	Tumeur maligne du larynx	1
1611	Tumeur maligne du larynx	1
1619	Tumeur maligne du larynx	8
Ensemble cancers digestifs†		69
Cancer de l'œsophage†		22
1503	Tumeur maligne de l'œsophage	1
1504	Tumeur maligne de l'œsophage	2
1509	Tumeur maligne de l'œsophage	19
Cancer de l'estomac†		5
1519	Tumeur maligne de l'estomac	5
Cancers colon et intestin grêle†		11
1529	Tumeur maligne de l'intestin grêle	1
1533	Tumeur maligne du côlon	2
1537	Tumeur maligne du côlon	1
1539	Tumeur maligne du côlon	7
Cancer rectum, anus†		2
1540	Tumeur maligne du rectum, de la jonction recto-sigmoïdienne et de l'anus	1
1541	Tumeur maligne du rectum, de la jonction recto-sigmoïdienne et de l'anus	1

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
Cancer du foie†		16
1550	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	12
1551	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	1
1552	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	3
Cancer du pancréas†		7
1570	Tumeur maligne du pancréas	1
1579	Tumeur maligne du pancréas	6
Autres cancers digestifs		6
1561	Tumeur maligne de la vésicule biliaire et des voies biliaires extrahepatiques	1
1569	Tumeur maligne de la vésicule biliaire et des voies biliaires extrahepatiques	1
1598	Tumeurs malignes de sièges autres ou non précisés de l'appareil digestif et du péritoine	1
1599	Tumeurs malignes de sièges autres ou non précisés de l'appareil digestif et du péritoine	3
Cancers Trachée, bronches, poumon†		68
1621	Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	6
1629	Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	62
Cancer de la plèvre†		3
1630	Tumeur maligne d'organes autres ou non précisés de l'appareil respiratoire	1
1639	Tumeur maligne de la plèvre	2
Cancer de la prostate†		9
1859	Tumeur maligne de la prostate	9
Cancer de la vessie†		4
1889	Tumeur maligne de la vessie	4
Cancer du rein†		4
1890	Tumeur maligne du rein et d'organes urinaires autres ou non précisés	4
Cancer cerveau†		5
1910	Tumeur maligne de l'encéphale	1
1919	Tumeur maligne de l'encéphale	4
Leucémie†		5
2041	Leucémie lymphoïde	2
2050	Leucémie myéloïde	1
2051	Leucémie myéloïde	2
Cancer peau†		1
1729	Mélanome malin de la peau	1
Hodgkin, lymphomes†		1
2028	Autres tumeurs malignes des tissus lymphoïde et histiocytaire	1
Cancers tissu conjonctif et tissus mous†		1
1700	Tumeur maligne des os et du cartilage articulaire	1

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès	
Autres cancers inclus dans le groupe des cancers			
1649	Tumeur maligne du thymus, du coeur et du médiastin	Médiastin, partie non précisée	1
1749	Tumeur maligne du sein		1
1874	Tumeur maligne de la verge et des autres organes génitaux masculins	Verge, partie non précisée	1
1950	Tumeur maligne de sièges autres et mal définis	Tête et cou	2
1978	Tumeurs malignes secondaires de l'appareil respiratoire et digestif	Du foie, sans précision	1
1990	Tumeur maligne de siège non précisé	Disséminée	9
1991	Tumeur maligne de siège non précisé	Autres	7
Autres cancers non inclus dans le groupe des cancers			
Lèvre, cavité buccale, pharynx			
2109	Tumeur bénigne de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	Pharynx, sans précision	1
Vessie			
2394	Tumeur de nature non précisée	Vessie	1
Maladies endocriniennes†			
			10
2506	Diabète sucré	Diabète avec troubles vasculaires	5
2509	Diabète sucré		2
2551	Maladies des glandes surrénales	Insuffisance cortico-surrénale	1
2639	Malnutritions protéino-caloriques, autres et sans précision	Sans précision	1
2765	Troubles de l'équilibre acido-basique et du métabolisme de l'eau et des électrolytes	Hypovolémie	1
Troubles mentaux†			15
Psychoses alcooliques†			0
Dépendance alcoolique†			8
3039	Syndrome de dépendance alcoolique		8
Autres troubles mentaux			
2900	Etats psychotiques organiques séniles et préséniles	Démence sénile, forme simple	2
2904	Etats psychotiques organiques séniles et préséniles	Démence artériopathique	1
2966	Psychoses affectives	Psychose maniaque dépressive, autre et sans précision	1
2999	Psychose, sans précision		1
3049	Pharmacodépendance	Sans précision	1
3051	Abus de drogues chez une personne non dépendante	Tabac	1
Maladies système nerveux†			8
3209	Méningite bactérienne	Bactérienne, sans précision	1
3229	Méningite de cause non précisée	Sans précision	1
3310	Autres dégénérescences cérébrales	Maladie d'Alzheimer	1
3330	Autres affections extrapyramidales et troubles accompagnés de mouvements anormaux	Autres syndromes des noyaux gris de la base	2
3352	Maladie des cellules des cornes antérieures de la moelle	Maladie du neurone moteur	1
3360	Autres affections de la moelle épinière	Syringomyélie et syringobulbie	1

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
3453	Epilepsie	1
Appareil cardio-vasculaire†		105
Maladies hypertensives†		3
4019	Hypertension essentielle	1
4029	Cardiopathie due à l'hypertension artérielle	1
4039	Maladie hypertensive du rein	1
Maladies ischémiques du cœur†		37
4109	Infarctus aigu du myocarde	29
4119	Autres formes aiguës ou subaiguës des cardiopathies ischémiques	1
4140	Autres formes de cardiopathie ischémique chronique	2
4148	Autres formes de cardiopathie ischémique chronique	1
4149	Autres formes de cardiopathie ischémique chronique	4
Embolie pulmonaire†		5
4151	Affections cardio-pulmonaires aiguës	5
Troubles du rythme†		4
4275	Troubles du rythme cardiaque	4
Insuffisance cardiaque, complications des cardiopathies et maladies cardiaques mal définies†		10
4271	Cardiopathies symptomatiques	2
4280	Insuffisance cardiaque	5
4289	Insuffisance cardiaque	3
Accidents vasculaires cérébraux†		23
4309	Hémorragie méningée	2
4310	Hémorragie cérébrale	1
4319	Hémorragie cérébrale	9
4359	Ischémie cérébrale transitoire	2
4369	Maladies cérébro-vasculaires aiguës mais mal définies	8
4389	Séquelles des maladies cérébro-vasculaires	1
Maladies des artères†		10
4409	Athérosclérose	1
4410	Anévrisme de l'aorte	1
4414	Anévrisme de l'aorte	1
4415	Anévrisme de l'aorte	1
4476	Autres atteintes des artères et des artérioles	6
Maladies des veines et autres troubles de l'appareil circulatoire †		1
4512	Phlébite et thrombophlébite	1
Autres maladies appareil cardio-vasculaire		
4169	Cœur pulmonaire chronique	1
4210	Endocardites aiguë et subaiguë	1
4241	Autres maladies de l'endocarde	3
4249	Autres maladies de l'endocarde	1
4254	Cardiomyopathie	2
4289	Autres dégénérescences du myocarde	1

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
4290	Complications des cardiopathies et maladies cardiaques mal définies	1
4292	Complications des cardiopathies et maladies cardiaques mal définies	1
4299	Complications des cardiopathies et maladies cardiaques mal définies	1
Appareil respiratoire†		20
Maladies respiratoires infectieuses†		10
4824	Autres pneumonies bactériennes	1
4829	Autres pneumonies bactériennes	1
4859	Bronchopneumonie, micro-organisme non précisé	3
4869	Pneumonie, micro-organisme non précisé	3
4870	Grippe	1
4871	Grippe	1
Maladies respiratoires non infectieuses†		10
4909	Bronchite, non précisée comme aiguë ni chronique	1
4919	Bronchite chronique	1
4939	Asthme	1
4969	Obstruction chronique des voies respiratoires, non classée ailleurs	6
5029	Pneumoconiose due à d'autres silicates ou silices	1
Bronchopneumopathies chroniques obstructives†		7
4919	Bronchite chronique	1
4969	Obstruction chronique des voies respiratoires, non classée ailleurs	6
Appareil digestif†		48
Ulcère de l'estomac, duodenum†		0
Ensemble maladies du foie†		38
Maladies du foie liées à l'alcool†		17
5710	Cirrhose du foie	1
5712	Maladies chroniques et cirrhose du foie	16
Autres maladies du foie†		21
5714	Maladies chroniques et cirrhose du foie	2
5715	Maladies chroniques et cirrhose du foie	10
5719	Cirrhose du foie	9
Pancréatites†		3
5770	Maladies du pancréas	2
5771	Maladies du pancréas	1
Infections digestives†		1
5679	Péritonite	1
Autres maladies de l'appareil digestif		
5531	Autres hernies abdominales avec occlusion	1
5608	Occlusion intestinale sans mention de hernie	1
5609	Occlusion intestinale sans mention de hernie	1
5679	Péritonite	1

Code CIM	Libellé de la cause		Nombre de décès
5722	Abcès du foie et séquelles des affections hépatiques chroniques	Coma hépatique	1
5750	Autres maladies de la vésicule biliaire	Cholécystite aiguë	1
5789	Hémorragie gastro-intestinale	Sans précision	1
Maladies génito-urinaires†			1
5859	Insuffisance rénale chronique		1
Morts violentes†			34
Suicides†			16
9530	Suicide par pendaison, strangulation et asphyxie	Pendaison	5
9539	Suicide ou lésions faites volontairement à soi-même par pendaison, strangulation et suffocation		3
9549	Suicide par submersion [noyade]		1
9554	Suicide par armes à feu ou explosifs	Armes à feu autres et non précisées	3
9579	Suicide par saut d'un lieu élevé	Lieu non précisé	1
9589	Suicide par moyens autres et non précisés	Moyens non précisés	3
Accidents de la circulation†			2
8190	Accident de la circulation de nature non précisée impliquant un véhicule à moteur	Conducteur d'un véhicule à moteur autre qu'un cycle à moteur	1
8199	Accident de la circulation de nature non précisée impliquant un véhicule à moteur	Personne non spécifiée	1
Autres morts violentes			16
8050	Heurt par matériel roulant		1
8199	Accident de la circulation de nature non précisée impliquant un véhicule à moteur	Personne non spécifiée	1
8519	Intoxication accidentelle par barbituriques		1
8782	Opération ou autre intervention chirurgicale ayant provoqué des réactions anormales ou des complications chez le malade, sans mention d'incident en cours d'exécution	Intervention chirurgicale avec anastomose, pontage ou greffe de tissus naturels ou artificiels	1
8879	Chutes accidentelles	Cause non précisée de fracture	2
9119	Aspiration ou ingestion de produits alimentaires provoquant obstruction des voies respiratoires ou suffocation		1
9289	Causes accidentelles ou liées à l'environnement, autres et non précisées	Accidents non précisés	2
9299	Accidents, autres ou non spécifiés		3
9805	Empoisonnement par substance solide ou liquide, causé d'une manière indéterminée quant à l'intention	Médicaments non précisés	1
9830	Pendaison, strangulation ou asphyxie causée d'une manière indéterminée quant à l'intention	Pendaison	1
9849	Submersion [noyade], causée d'une manière indéterminée quant à l'intention		2
Maladies infectieuses toutes localisations†			25
Maladies infectieuses et parasitaires (chapitre 1 de la CIM)†			10
0119	Tuberculose pulmonaire		2
0381	Septicémie	Septicémie à staphylocoques	1
0382	Septicémie	Septicémie à pneumocoques	1

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
0388	Septicémie	1
0846	Paludisme	1
1369	Maladies infectieuses et parasitaires, autres et sans précision	4
Maladies infectieuses au niveau de l'appareil respiratoire		10
4824	Autres pneumonies bactériennes	1
4829	Autres pneumonies bactériennes Bronchopneumonie, micro-organisme non précisé	1
4859	Grippe	3
4869	Pneumonie, micro-organisme non précisé	3
4870	Grippe	1
4871	Grippe	1
Maladies infectieuses au niveau de l'appareil cardio-vasculaire		1
4210	Endocardites aiguë et subaiguë	1
Maladies infectieuses au niveau de l'appareil digestif		1
5679	Péritonite	1
Maladies infectieuses au niveau du système nerveux		2
3209	Méningite bactérienne	1
3229	Méningite de cause non précisée	1
Maladies infectieuses au niveau de la peau		1
6861	Autres infections localisées de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	1
Maladies explicitement liées à l'alcool†		25
Dépendance alcoolique		8
3039	Syndrome de dépendance alcoolique	8
Maladies du foie liées à l'alcool		17
5710	Maladies chroniques et cirrhose du foie	1
5712	Maladies chroniques et cirrhose du foie	16
Maladies liées à l'alcool†		122
Dépendance alcoolique		8
3039	Syndrome de dépendance alcoolique	8
Maladies du foie liées à l'alcool		17
5710	Maladies chroniques et cirrhose du foie	1
5712	Maladies chroniques et cirrhose du foie	16
Autres maladies du foie		21
5714	Maladies chroniques et cirrhose du foie	2
5715	Maladies chroniques et cirrhose du foie	10
5719	Maladies chroniques et cirrhose du foie	9
Cancers cavité buccale, pharynx		25
1410	Tumeur maligne de la langue	2
1419	Tumeur maligne de la langue	1
1449	Tumeur maligne du plancher de la bouche	1
1453	Tumeur maligne de parties autres ou non précisées de la bouche	1
1454	Tumeur maligne de parties autres ou non précisées de la bouche	1
1455	Tumeur maligne de parties autres ou non précisées de la bouche	1

Code CIM	Libellé de la cause		Nombre de décès
1463	Tumeur maline de l'oropharynx	Sillon glosso-épiglottique	1
1468	Tumeur maline de l'oropharynx	Autres	1
1469	Tumeur maline de l'oropharynx	Oropharynx, sans précision	3
1481	Tumeur maligne de l'hypopharynx	Sinus pyriforme	5
1489	Tumeur maligne de l'hypopharynx	Hypopharynx, sans précision	3
1490	Tumeurs malignes de sièges autres et mal définis de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	Pharynx, sans précision	5
Cancer de l'œsophage			22
1503	Tumeur maligne de l'oesophage	Tiers supérieur	1
1504	Tumeur maligne de l'oesophage	Tiers moyen	2
1509	Tumeur maligne de l'oesophage	Œsophage, sans précision	19
Cancer du foie			16
1550	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	Foie, primitive	12
1551	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	Canaux biliaires intrahépatiques	1
1552	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	Foie, non précisée primitive ni secondaire	3
Pancréatites			3
5770	Maladies du pancréas	Pancréatite aiguë	2
5771	Maladies du pancréas	Pancréatite chronique	1
Causes mal définies ou inconnues†			25
7809	Symptômes généraux	Autres	1
7855	Symptômes relatifs à l'appareil cardio-vasculaire	Choc, sans mention de traumatisme	1
7860	Symptômes relatifs à l'appareil respiratoire et au thorax	Dyspnée et anomalies respiratoires	1
7959	Mort subite (de cause inconnue)		1
7966	Autres causes mal définies ou inconnues de morbidité ou de mortalité	?	1
7969	Autres causes mal définies ou inconnues de morbidité ou de mortalité	Autres causes inconnues ou non précisées	2
7999	Autres causes mal définies ou inconnues de morbidité ou de mortalité	Autres causes inconnues ou non précisées	18
Causes de décès non codées			15
9999	Sujet non retrouvé		15

†Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses

Annexe 12 : Résultats de la deuxième étude de mortalité chez les égoutiers de la Ville de Paris

Tableau 77 Mortalité par causes non cancéreuses. (Extrait de INRS 2009)

Cause	Obs	Exp	SMR	IC95%	
Toutes causes	255	163,01	1,56	1,38	1,77
Appareil cardio-vasculaire	46	40,38	1,14	0,85	1,52
Maladies ischémiques du cœur	22	14,75	1,49	0,93	2,26
Accidents vasculaires cérébraux	3	8,38	0,36	0,07	1,05
Maladies des artères	3	3,3	0,91	0,19	2,66
Maladies des veines et autres troubles de l'appareil circulatoire	4	1,46	2,74	0,75	7,01
Maladies hypertensives	0	1,69	-		
Troubles du rythme	2	1,98	1,01	0,12	3,64
Appareil digestif	19	7,68	2,47	1,49	3,86
Maladies du foie liées à l'alcool	6	2,54	2,36	0,87	5,14
Autres maladies du foie	3	1,37	2,19	0,45	6,41
Toutes pancréatites	1	0,26	3,80	0,10	21,16
Ulcère de l'estomac, duodénum	1	0,27	3,64	0,09	20,27
Appareil respiratoire	14	10,06	1,39	0,76	2,34
Asthme	0	0,33	-		
Broncho-pneumopathies chroniques obstructives	5	2,81	1,78	0,58	4,15
Emphysème	0	0,25	-		
Maladies endocriniennes	8	4,9	1,63	0,71	3,22
Maladies génito-urinaires	3	2,32	1,29	0,27	3,77
Maladies infectieuses	5	3,87	1,29	0,42	3,02
Troubles mentaux	3	2,48	1,21	0,25	3,54
Psychoses alcooliques-Dépendance alcoolique	1	0,1	9,55	0,24	53,21
Affections dégénératives système nerveux (Alzheimer)	4	1,82	2,20	0,60	5,63
Morts violentes	15	6,32	2,38	1,33	3,92
Suicides	7	1,08	6,50	2,61	13,39
Causes mal définies ou inconnues	8	9,82	0,81	0,35	1,61

Tableau 78 Mortalité par localisation de cancer (Extrait de INRS 2009)

Cause	Obs	Exp	SMR	IC95%	
Cancers toutes localisations	112	61,49	1,82	1,51	2,19
Ensemble cancers digestifs	34	17,22	1,98	1,41	2,76
Cancers Ensemble cancer tractus digestif	15	6,76	2,22	1,24	3,66
Cancer de l'œsophage	9	1,88	4,79	2,19	9,09
Cancer de l'estomac	3	2,39	1,25	0,26	3,67
Cancers Côlon, Rectum, Anus	12	5,37	2,23	1,15	3,90
Cancer du colon	7	4,05	1,73	0,70	3,57
Cancer rectum	5	1,36	3,67	1,19	8,57
Cancer du foie	6	3,96	1,51	0,56	3,29
Cancer du pancréas	4	2,74	1,46	0,40	3,73
Cancers Cavité buccale, pharynx	3	2,49	1,21	0,25	3,52
Cancers respiratoires	36	18,32	1,97	1,42	2,72
Cancer du larynx	1	1,02	0,98	0,02	5,45
Cancers Trachée, bronches, poumon	34	16,76	2,03	1,45	2,84
Cancer de la plèvre	0	0,68	-		
Cancers des voies aéro-digestives supérieures	4	3,51	1,14	0,31	2,92
Cancer de la prostate	7	5,28	1,32	0,53	2,73
Cancer du rein	2	1,30	1,54	0,19	5,56
Cancer de la vessie	5	2,75	1,82	0,59	4,24
Hodgkin, lymphomes	2	2,24	0,89	0,11	3,22
Leucémie	3	1,69	1,78	0,37	5,19

Annexe 13 : Données détaillées des causes de décès de la 2^{ème} étude de mortalité chez les égoutiers de la Ville de Paris

Données de la 2ème étude de mortalité (INRS 2009)

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
Toutes causes†		255
Tous cancers†		112
Cancers voies aérodigestives supérieures†		4
Cancers cavité buccale, pharynx#†		3
C01	Tumeur maligne de la base de la langue	1
C12	Tumeur maligne du sinus piriforme	1
C140	Tumeur maligne de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx, de sièges autres et mal définis	1
Cancer du larynx†		1
C329	Tumeur maligne du larynx	1
Ensemble cancers tractus digestif supérieur†		15
Cancers cavité buccale, pharynx#†		3
C01	Tumeur maligne de la base de la langue	1
C12	Tumeur maligne du sinus piriforme	1
C140	Tumeur maligne de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx, de sièges autres et mal définis	1
Cancer de l'œsophage†		9
C155	Tumeur maligne de l'oesophage	1
C159	Tumeur maligne de l'oesophage	8
Cancer de l'estomac†		3
C169	Tumeur maligne de l'estomac	3
Cancers côlon et intestin grêle†		7
C182	Tumeur maligne du côlon	1
C189	Tumeur maligne du côlon	6
Cancers rectum, anus†		5
C19	Tumeur maligne de la jonction recto-sigmoïdienne	1
C20	Tumeur maligne du rectum	4
Cancer du foie†		6
C220	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	3
C221	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	1
C229	Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	2
Cancer du pancréas†		4
C259	Tumeur maligne du pancréas	4

présent dans plusieurs groupes de causes

†Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
Cancers Trachée, bronches, poumon†		34
C341	Tumeur maligne des bronches et du poumon	3
C348	Tumeur maligne des bronches et du poumon	1

C349	Tumeur maligne des bronches et du poumon	Bronche ou poumon, sans précision	30
Cancer de la plèvre†			0
Cancer de la prostate†			7
C61	Tumeur maligne de la prostate		7
Cancer de la vessie†			5
C679	Tumeur maligne de la vessie	Vessie, sans précision	5
Cancer du rein†			2
C64	Tumeur maligne du rein, à l'exception du bassin		2
Hodgkin, lymphomes†			2
C845	Lymphomes périphériques et cutanés à cellules T	Lymphomes à cellules T, autres et non précisés	1
C900	Myélome multiple et tumeurs malignes à plasmocytes	Myélome multiple	1
Leucémie†			3
C911	Leucémie lymphoïde	Leucémie lymphoïde chronique	1
C920	Leucémie myéloïde	Leucémie myéloïde aiguë	1
C950	Leucémie à cellules non précisées	Leucémie aiguë à cellules non précisées	1
Autres cancers			
Cancer thyroïde			1
C73	Tumeur maligne de la thyroïde		1
Cancers tissu conjonctif et tissus mous			1
C499	Tumeur maligne du tissu conjonctif et des autres tissus mous	Tissu conjonctif et autres tissus mous, sans précision	1
Cancer sièges multiples indépendants			18
C398	Tumeur maligne de l'appareil respiratoire et des organes intrathoraciques, de sièges autres et mal définis	Lésion à localisations contiguës des organes respiratoires et intrathoraciques	1
C509	Tumeur maligne du sein	Sein, sans précision	1
C760	Tumeur maligne de sièges autres et mal définis	Tête, face et cou	9
C803	Tumeur maligne de siège non précisé	?	5
C97	Tumeur maligne de sièges multiples indépendants (primitifs)		2
Cancers mal classés			1
C450	Mésothéliome	Mésothéliome de la plèvre	1

†Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès	
Maladies endocriniennes†			
E107	Diabète sucré insulino-dépendant	Avec complications multiples	1
E116	Diabète sucré non insulino-dépendant	Autres complications précisées	1
E142	Diabète sucré, sans précision	Avec complications rénales	1
E146	Diabète sucré, sans précision	Avec autres complications précisées	1
E147	Diabète sucré, sans précision	Avec complications multiples	1
E149	Diabète sucré, sans précision	Sans complication	2
E274	Autres maladies de la glande surrénale	Insuffisances corticosurrénales, autres et sans précision	1
Troubles mentaux†			
Psychoses alcooliques-Dépendance alcoolique†			
	Psychoses alcooliques		0
	Dépendance alcoolique		

F102	Troubles mentaux et du comportement liés à l'utilisation d'alcool	Syndrome de dépendance	1
Autres troubles mentaux			2
F019	Démence vasculaire	Démence vasculaire, sans précision	2
Maladies système nerveux			8
Affections dégénératives†			4
G309	Maladie d'Alzheimer	Maladie d'Alzheimer, sans précision	2
G312	Autres affections dégénératives du système nerveux, non classées ailleurs	Dégénérescence du système nerveux liée à l'alcool	1
G319	Autres affections dégénératives du système nerveux, non classées ailleurs	Affection dégénérative du système nerveux, sans précision	1
Autres maladies			4
G122	Amyotrophie spinale et syndromes apparentés	Maladies du neurone moteur	1
G20	Maladie de Parkinson		3
†Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses			
Code CIM	Libellé de la cause		Nombre de décès
Appareil cardio-vasculaire†			46
Maladies ischémiques du cœur†			22
I209	Angine de poitrine	Angine de poitrine, sans précision	1
I211	Infarctus aigu du myocarde	Infarctus transmural aigu du myocarde, de la paroi inférieure	1
I219	Infarctus aigu du myocarde	Infarctus aigu du myocarde, sans précision	10
I251	Cardiopathie ischémique chronique	Cardiopathie artérioscléreuse	3
I255	Cardiopathie ischémique chronique	Myocardopathie ischémique	2
I259	Cardiopathie ischémique chronique	Cardiopathie ischémique chronique, sans précision	5
Troubles du rythme†			2
I48	Fibrillation et flutter auriculaires		1
I499	Autres arythmies cardiaques	Arythmie cardiaque, sans précision	1
Accidents vasculaires cérébraux†			3
I619	Hémorragie intracérébrale	Hémorragie intracérébrale, sans précision	1
I635	Infarctus cérébral	Infarctus cérébral dû à une occlusion ou sténose des artères cérébrales, de mécanisme non précisé	1
I64	Accident vasculaire cérébral, non précisé comme étant hémorragique ou par infarctus		1
Maladies des artères†			3
I713	Anévrisme aortique et dissection	Anévrisme aortique abdominal, rompu	1
I738	Autres maladies vasculaires périphériques	Autres maladies vasculaires périphériques précisées	1
I776	Autres atteintes des artères et artéioles	Artérite, sans précision	1
Maladies des veines et autres troubles de l'appareil circulatoire†			4
I269	Embolie pulmonaire	Embolie pulmonaire, sans mention de cœur pulmonaire aigu	4
Autres maladies appareil cardio-vasculaire			12
I10	Hypertension essentielle (primitive)		2
I350	Atteintes non rhumatismales de la valvule aortique	Sténose (de la valvule) aortique	2
I38	Endocardite, valvule non précisée		1
I420	Myocardopathie	Myocardopathie avec dilatation	2
I469	Arrêt cardiaque	Arrêt cardiaque, sans précision	2
Insuffisance cardiaque, complications des cardiopathies et maladies cardiaques mal définies			3

I501	Insuffisance cardiaque	Insuffisance ventriculaire gauche	1
I509	Insuffisance cardiaque	Insuffisance cardiaque, sans précision	1
I519	Complications de cardiopathies et maladies cardiaques mal définies	Cardiopathie, sans précision	1

†Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès
Appareil respiratoire†		
Asthme†		
Bronchopneumopathies chroniques obstructives†		
J42	Bronchite chronique, sans précision	1
J449	Autres maladies pulmonaires obstructives chroniques	4
Emphysème†		
Autres maladies respiratoires		
J189	Pneumopathie à micro-organisme non précisé	2
J209	Bronchite aiguë	2
J690	Pneumopathie due à des substances solides et liquides	1
J841	Autres affections pulmonaires interstitielles	1
J961	Insuffisance respiratoire, non classée ailleurs	2
J969	Insuffisance respiratoire, non classée ailleurs	1
Appareil digestif†		
Ulcère de l'estomac, duodenum†		
K264	Ulcère du duodénum	1
Ensemble maladies du foie		
Maladies du foie liées à l'alcool†		
K703	Maladie alcoolique du foie	6
Autres maladies du foie†		
K729	Insuffisance hépatique, non classée ailleurs	1
K746	Fibrose et cirrhose du foie	2
Pancréatites†		
K85	Pancréatite aiguë	1
Autres maladies de l'appareil digestif		
K222	Autres maladies de l'oesophage	1
K319	Autres maladies de l'estomac et du duodénum	1
K559	Troubles vasculaires de l'intestin	1
K603	Fissure et fistule des régions anale et rectale	1
K639	Autres maladies de l'intestin	1
K830	Autres maladies des voies biliaires	1
K922	Autres maladies du système digestif	2
Maladies génito-urinaires†		
N19	Insuffisance rénale, sans précision	2
N429	Autres affections de la prostate	1
†Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses		
Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès

Morts violentes†			15
Suicides†			7
X700	Lésion auto-infligée par pendaison, strangulation et suffocation	Au domicile	4
X730	Lésion auto-infligée par décharge de fusil, de carabine et d'arme de plus grande taille	Au domicile	1
X740	Lésion auto-infligée par décharge d'armes à feu, autres et sans précision	Au domicile	2
Autres morts violentes			8
Accidents de la circulation			
V892	Accident avec un véhicule avec ou sans moteur, type de véhicule non précisé	Personne blessée dans un accident de la circulation avec un véhicule à moteur, sans précision	4
Chute sans précision			
W199	Chute, sans précision	Lieu, sans précision	1
Inhalation et ingestion d'aliments provoquant une obstruction des voies respiratoires			
W799	Inhalation et ingestion d'aliments provoquant une obstruction des voies respiratoires	Lieu, sans précision	1
Exposition accidentelle à des facteurs			
X599	Exposition à des facteurs, sans précision	Lieu, sans précision	2
Maladies infectieuses et parasitaires (chapitre 1 de la CIM)†			5
A412	Autres septicémies	Septicémie à staphylocoques non précisés	2
A419	Autres septicémies	Septicémie, sans précision	2
B99	Maladies infectieuses, autres et non précisées		1
Causes mal définies ou inconnues†			8
R99	Autres causes de mortalité mal définies et non précisées		8

† Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses

Code CIM	Libellé de la cause	Nombre de décès	
Causes de décès ne faisant pas partie d'un groupe			
Tumeur bénigne			
Thymus			
D150	Tumeur bénigne des organes intrathoraciques, autres et non précisés	Thymus	1
Tumeur évolution imprévisible			
Lèvre, cavité buccale, pharynx			
D370	Tumeur de la cavité buccale et des organes digestifs à évolution imprévisible ou inconnue	Lèvre, cavité buccale et pharynx	1
Rectum			
D375	Tumeur de la cavité buccale et des organes digestifs à évolution imprévisible ou inconnue	Rectum	1
Vessie			
D414	Tumeur des organes urinaires à évolution imprévisible ou inconnue	Vessie	1
Cerveau			
D432	Tumeur du cerveau et du système nerveux central à évolution imprévisible ou inconnue	Cerveau, sans précision	1
Maladies système nerveux			
M471	Spondylarthrose	Autres spondylarthroses avec myélopathie	1
Symptômes, signes et résultats d'examen anormaux			

Asphyxie		
R090	Autres symptômes et signes relatifs aux appareils circulatoire et respiratoire	Asphyxie 1
Arrêt respiratoire		
R092	Autres symptômes et signes relatifs aux appareils circulatoire et respiratoire	Arrêt respiratoire 5
Choc, sans précision		
R579	Choc, non classé ailleurs	Choc, sans précision 1
Cause non codée		
	Sujet non retrouvé	1

† Cause ou groupement de causes utilisées dans les analyses

Annexe 14 : Synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers et les travailleurs de STEU

Tableau 79 : synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les égoutiers et les travailleurs de STEU

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
Mattsby et Rylander 1978 ; Rylander <i>et al.</i> 1976	Transversale	30 (STEU)	16	Questionnaire, prélèvements sanguins et urinaires	Oui Poussières inhalables (0,5 à 4,0 mg/m ³) : Bactéries (10 ⁴ à 10 ⁷ UFC/m ³) : prédominance de bactéries gram-négatif	Prévalence plus élevée d'épisodes de fièvre (33 % vs 0 %), d'irritation oculaire (50 % vs 6 %), d'asthénie (57 % vs 6 %), de diarrhées (13 % vs 6 %) et d'atteintes cutanée (20 % vs 6 %) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins (significativité statistique non précisée)
Dean, 1978 (Danemark) (d'après Thorn et Kerekes, 2001)	Transversale	Egoutiers	Employés municipaux	-	Non	Prévalence plus élevée de symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, nausées, vomissements) et neurologiques (céphalées, vertiges, asthénie) chez les égoutiers par rapport aux témoins (significativité statistique non précisée)
Lundholm et Rylander 1983 (Suède)	Transversale	199 (STEU)	41	Questionnaire, tests sanguins et urinaires	Oui, bactéries De 0,2 à 50 UFC/l d'air	Excès statistiquement significatif de symptômes cutanés (4 cas vs 0 cas, p<0,01) et de diarrhées et autres symptômes gastro intestinaux (63 cas vs 6 cas, p<0,001) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins.
Morgan <i>et al.</i> 1984 (USA)	Transversale	89 (épouses de travailleurs de STEU)	78 (Epouses de travailleurs de STEU ayant eu au moins une grossesse avant l'emploi de leur mari en STEU)	Questionnaire	Non	Risque relatif de fausses couches / mortinatalité statistiquement plus élevé (différence significative) pour les couples exposés au moment de la conception (RR = 2,86 ; IC _{95%} : 1,30-6,29) pour le groupe « exposition paternelle au cours des 4 mois précédant la conception » et RR = 2,94 ; IC _{95%} : 1,35-6,40 pour le groupe « exposition paternelle durant les 3 mois suivant la conception »)

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
Scarlett-Kranz <i>et al.</i> 1987 (USA)*	Transversale	189 (STEU)	82 (employés d'usine de traitement d'eau potable)	Questionnaire, prélèvements urinaires	Non	Excès statistiquement significatif de la fréquence de céphalées (OR=2,6 ; IC _{95%} : 1,3-5,1), de vertiges (OR=4,7 ; IC _{95%} : 1,1-19,1) et de diarrhées (OR=2,4 ; IC _{95%} : 1,3-4,6), d'irritation cutanée (OR=2,1 IC _{95%} : 1,0-4,6) et d'irritation de la gorge (OR=2,2 IC _{95%} : 1,0-5,0) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins, après ajustement sur le sexe, l'âge, la consommation de tabac et d'alcool.
Kraut <i>et al.</i> 1988 (USA)	Transversale	19 (STEU)	-	Examen médical Questionnaire Tests neurocomportementaux Prélèvements sanguins et urinaires	Non	74 % des participants ont déclarés au moins 1 symptôme neurologique lors de l'entretien médical (vertiges, céphalées, asthénie). Les résultats des tests neurocomportementaux ont montrés des déficits chez les 4 participants ayant travaillé plus de 9 ans dans la STEU et chez 5 / 15 des autres participants.
Nethercott et Holness (1988) (Canada)	Transversale	50 (STEU)	-	Questionnaire Prélèvements sanguins Spirométrie	Non	Fréquence des symptômes rapportés par les travailleurs de STEU : Asthénie (50 %), problèmes cutanés (46 %), irritation de la gorge (42 %), toux avec expectorations (38 %), problèmes estomac (38 %), bronchite chronique (36 %), respiration sifflante (32%), irritation oculaire (30 %), toux sans expectorations (26 %), symptômes grippaux (24 %), irritation nasale (24 %), diarrhée (12 %), nausée (8 %), vomissement (2 %). Diminution du VEMS et de la CVF par rapport aux valeurs prédictives Pas de corrélation entre le taux de PCBs mesuré dans le sérum et les symptômes déclarés.

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
Lemaster <i>et al.</i> , 1991 (USA) (Hertzberg <i>et al.</i> 1991)	Transversale	133 (STEU et égoutiers)	86 (ingénieurs de STEU)	Questionnaire aux épouses des employés	Oui (chimique) (mg/m ³) Chlorobenzène : médiane : < LD à 0,2 Tétrachloroéthylène : médiane : < LD à 26 Trichlorobenzène : médiane : < LD à 19,5 1,1,1-trichloroéthane : médiane : < LD à 8,1 Trichloroéthylène : médiane : < LD à 0,2 Toluène : médiane : 1,1 à 8,2 Xylènes : médiane : < LD à 8,5 Benzène : médiane : 1,9 à 7,5 Méthyléthylcétone : médiane : < LD Méthyl isobutylcétone : médiane : < LD à 7,0 Naphtalène aliphatique : médiane : 58 à 152	<p>Pas de différence significative du SFRs (Standardized Fertility Ratio, correspondant au ratio du taux de natalité observé sur le taux de natalité attendu) entre la population exposée et non exposée. Pas de différence significative du délai nécessaire à concevoir (Lemaster <i>et al.</i> 1991).</p> <p>Association négative entre l'exposition aux eaux usées et le risque de fausse couche. Aucune différence des caractéristiques du sperme (nombre de spermatozoïdes, mobilité, morphologie...) n'a été observée entre la population exposée et non exposée (Hertzberg <i>et al.</i> 1991).</p>

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
Zuskin <i>et al.</i> 1993 (Croatie)*	Transversale	74 (égoutiers) Groupe 1 : égoutiers travaillant manuellement dans les canalisations (, N=26) Groupe 2 : égoutiers réalisant du curage mécanisé (N=31) Groupe 3 :mécaniciens et conducteurs de camions (N=17).	50 (usine d'embouteillage d'eau, N =35 et de jus de fruits, N = 15)	Non disponible	Non disponible	<p><u>Parmi les égoutiers du groupe 1 (égoutiers travaillant manuellement dans les canalisations) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Excès statistiquement significatif de symptômes évoquant une toux chronique non productive (46,2 % vs 14,3 %, p < 0,01), une toux chronique productive (46,2 % vs 14,3 %, p < 0,01), une bronchite chronique (42,3 % vs 8,6 %, p < 0,01) et d'oppression thoracique (53,8 % vs 0 %, p < 0,01) - Abaissement significatif du VEMS moyens par rapport à la valeur prédite chez les égoutiers fumeurs (95,8% de la valeur prédite, p < 0,04) - Abaissement significatif du DEF₅₀ et du DEF₂₅ moyens par rapport aux valeurs prédites (DEF₅₀=79,8 %, p < 0,01 et DEF₂₅=71,4 %, p < 0,01) (fumeurs et non fumeurs) <p><u>Parmi les égoutiers du groupe 2 (curage mécanisé) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Excès statistiquement significatif de symptômes évoquant une toux chronique non productive (41,9 % vs 14,3 %, p < 0,01), une toux chronique productive (38,7 % vs 14,3 %, p < 0,05), une bronchite chronique (32,3 % vs 8,6 %, p < 0,05) et d'oppression thoracique (29 % vs 0 %, p < 0,05) - Abaissement significatif du VEMS moyens par rapport à la valeur prédite chez les égoutiers fumeurs (89,1 % de la valeur prédite, p < 0,01) - Abaissement significatif du DEF₅₀ et du DEF₂₅ moyens par rapport aux valeurs prédites (DEF₅₀=79,1%, p < 0,01 et DEF₂₅=63,3 %, p < 0,001) (fumeurs uniquement) <p><u>Parmi les égoutiers du groupe 3 (mécaniciens et conducteurs de camions) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Excès statistiquement significatif d'oppression thoracique (29,4 % vs 0 %, p < 0,05) - Abaissement significatif du VEMS moyens par rapport à la valeur prédite chez les égoutiers fumeurs et non fumeurs (90,6 % de la valeur prédite, p < 0,05 chez les fumeurs et 82,7 % de la valeur prédite, p < 0,01 chez les non fumeurs) - Abaissement significatif du DEF₅₀ et du DEF₂₅ moyens par rapport aux valeurs prédites chez les fumeurs (DEF₅₀=78,8

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
						%, $p < 0,05$ et $DEF_{25} = 68,2$ %, $p < 0,001$)
Melbostad <i>et al.</i> 1994 (Norvège)	Transversale	24 (STEU)	Comparaison interne dans le groupe des exposés.	Questionnaire	Oui Endotoxines (med = 30 ng/m ³), Bactéries (med = 520 10 ³ UFC/m ³) H ₂ S (< LD)	Etude de la relation entre le niveau d'exposition et la survenue de symptômes par comparaison entre la population exposée rapportant des symptômes et la population exposée ne rapportant pas de symptôme. Association statistiquement positive entre l'exposition aux bactéries et la survenue de céphalées (bactéries totales et bactéries en forme de bâtonnets, au cours du travail) et d'asthénie (bactéries en forme de bâtonnets, à l'issue du travail)
Richardson, 1995 (USA)	Transversale	68 (égoutiers)	60 (travailleurs d'usine de traitement d'eau potable)	Questionnaire Test de spirométrie	Non	Diminution significative du VEMS/CVF mesuré par rapport aux valeurs normales chez les égoutiers les plus exposés comparés aux témoins, après ajustement sur l'âge, la taille, l'origine ethnique et la consommation de tabac (89 % de la valeur attendue pour les égoutiers contre 98 % chez les travailleurs de STEU). Excès statistiquement significatif de pathologies pulmonaires obstructives chez les égoutiers non fumeurs fortement exposés par rapport aux témoins non fumeurs (OR = 21 IC _{95%} : 2,4 – 237,8).
Kuo <i>et al.</i> 1996 (USA)*	Transversale	28 (STEU)	50	Examen médical	Oui (chimique)	Corrélation positive statistiquement significative entre l'exposition chimique et l'augmentation du balancement postural. Une augmentation du balancement posturale est également observée chez les travailleurs de STEU, comparé aux témoins.
Khuder <i>et al.</i> 1998 (USA)	Transversale	150 (STEU)	50	Questionnaire	Non	Excès statistiquement significatif des cas de symptômes digestifs dans leur ensemble (15,3 % vs 3,7 % ; OR=5,1 ; IC _{95%} : 1,1-24,0), de gastroentérite diagnostiqués (12,7 % vs 0 %, $p < 0,05$), de céphalées (24,7 % vs 9,3 %, $p < 0,05$), d'irritation de la gorge (9 % vs 2,7 %, $p < 0,05$) et de douleurs abdominales (7,3 % vs 0 %, $p < 0,05$) chez les travailleurs de STEU comparé aux témoins ; Pas d'association avec les épisodes de diarrhées (7 % vs 2 % non significatif pas de p value), de nausées (3,3 % vs 1,9 %), de vomissement (0,7 % vs 0 %) ou de symptômes respiratoires dans leur ensemble (26,2 % vs 22,2 % OR=1,3 ; IC _{95%} : 0,6-2,7)

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
Friis <i>et al.</i> 1998(Suède)	Transversale	142 (STEU)	137	Questionnaire	Non	Pas de différences significatives de la prévalence des symptômes gastro-intestinaux (diarrhées 14,8 % vs 9,5 % ; OR=1,7 IC _{95%} : 0,8-3,7) ; douleur abdominale 20,4 % vs 18,2 % OR=1,2 ; IC _{95%} : 0,67-2,2). Prévalence significativement moins élevée sur le plan statistique des cas de nausées (1,7 % vs 7,4 % ; OR = 0,20 ; IC _{95%} : 0,043-0,96) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins.
Friis <i>et al.</i> (1999) (Suède)	Transversale	149 (STEU)	138	Questionnaire	Non	Excès statistiquement significatif des cas d'asthme chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins, après ajustement sur l'âge, le genre, la consommation de tabac. Excès non statistiquement significatif de bronchite chronique, toux avec et sans expectoration, dyspnée.
Rylander, 1999 (Suède)	Transversale	34 (STEU)	35	Questionnaire, test de spirométrie, évaluation de la réactivité bronchique	Oui Endotoxines : de 3,8 à 32170 ng.m ⁻³	Excès statistiquement significatif des cas d'irritation nasale, d'asthénie, de douleurs articulaires et de diarrhée (44 % vs 3 % p < 0,05) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins. Diminution significative du VEMS induit par la methacholine.
Douwes <i>et al.</i> 2001 (Pays Bas)	Transversale	151 (STEU)	Non décrite	Questionnaire	Oui endotoxines Prélèvements d'ambiance : de 0,3 à 143,2 UE/m ³ Prélèvements individuels : de 0,2 à 172,7 UE/m ³	Association positive statistiquement significative entre l'exposition aux eaux usées et la survenue de symptômes grippaux (OR = 5,0 ; IC _{95%} : 1,4 – 17,6) et neurologiques (OR = 4,2 ; IC _{95%} : 1,15 – 11,7) chez les travailleurs de STEU. Pas d'association avec la survenue de diarrhées.
Thorn et Rylander, 2002 (Suède)	Transversale	1394 (Travailleurs exposés aux eaux usées)	507 (non exposés), 332 (partiellement exposés)	Questionnaire	Non	<u>Chez les travailleurs exposés :</u> Excès statistiquement significatifs de congestion nasale (OR =2,1 ; IC _{95%} : 1,5 – 2,9), d'irritation nasale (OR = 1,8 ; IC _{95%} : 1,4 – 2,5), d'irritation oculaire (OR=1,6 ; IC _{95%} : 1,1-2,2), de toux non productive (OR = 2,8 ; IC _{95%} : 1,8-4,3), de toux productive (OR = 2,0 ; IC _{95%} : 1,4 – 2,9), souffle court (OR = 2,4 ; IC _{95%} : 1,8 – 3,2), de respiration sifflante (OR = 1,7 ; IC _{95%} : 1,2 – 2,4), d'oppression thoracique (OR = 1,5 ; IC _{95%} : 1,1-2,2), de symptômes évoquant une bronchite chronique (OR = 2,8 ; IC _{95%} : 1,7-4,5), de symptômes évoquant une pneumonie chimique (OR = 5,4 ; IC _{95%} : 3,4 – 8,5), de diarrhée (OR =

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
						<p>10,9 ; IC_{95%} : 5,1-23,4), de selles molles (OR = 15,4 ; IC_{95%} : 8,6 – 27,8), de nausée (OR = 8,5 ; IC_{95%} : 2,7 – 27,4), de douleurs gastriques (OR = 2,0 ; IC_{95%} : 1,6-2,5), de douleurs articulaires (OR = 1,5 ; IC_{95%} : 1,2 – 1,9), de céphalées (OR = 2,0 ; IC_{95%} : 1,4 – 2,9), de difficultés de concentration (OR = 3,1 ; IC_{95%} : 1,6 – 5,9), d'asthénie (OR = 4,9 ; IC_{95%} : 3,5 – 6,8), de sensations de lourdeur/pesanteur dans la tête (OR = 4,2 ; IC_{95%} : 2,7 – 6,7).</p> <p><u>Chez les travailleurs partiellement exposés :</u></p> <p>Excès statistiquement significatifs de souffle court (OR = 1,8 ; IC_{95%} : 1,2 – 2,7), d'oppression thoracique (OR = 1,7 ; IC_{95%} : 1,1 – 2,7), de symptômes évoquant une bronchite chronique (OR = 2,1 ; IC_{95%} : 1,2 – 3,9), de symptômes évoquant une pneumonie chimique (OR = 2,2 ; IC_{95%} : 1,2 – 4,0), de selles molles (OR = 3,4 ; IC_{95%} : 1,7 – 6,8), de douleurs gastriques (OR = 1,5 ; IC_{95%} : 1,1 – 2,1), d'asthénie (OR = 1,7 ; IC_{95%} : 1,1 – 2,7).</p>
Thorn et Beijer, 2004	Transversale	59 (STEU)	55 (employés municipaux)	Questionnaire Prélèvements sanguins Test de spirométrie	Oui Endotoxines (niveaux mesurés faibles, pics à 185 ng/m3) H ₂ S (niveaux mesurés < LD, pic à 6,6 ppm)	<p>Excès statistiquement significatifs des cas d'asthénie (30,5 % vs 5,5 %, p < 0,01), de diarrhée (32,2 % vs 12,7 %, p < 0,05), de douleurs articulaires (35,6 % vs 15,4 %, p < 0,05) et de symptômes évoquant une pneumonie chimique (25,4 % vs 5,5 %, p < 0,01) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins.</p> <p>Diminution du VEMS par rapport aux valeurs théoriques plus importante pour les travailleurs ayant rapporté des symptômes respiratoires ou digestifs comparativement à ceux n'en ayant pas rapporté.</p>
INRS 2004 (France)	Transversale	Egoutiers (205)	Agents de la ville (profession de l'automobile, éboueurs ⁸⁸ ,	Questionnaire	Oui Agents chimiques : H ₂ S Méthanethiol	<p>Excès statistiquement significatifs de certains symptômes et maladies respiratoires et ORL chez les égoutiers par rapport aux témoins :</p> <p>Dyspnée (OR = 2,37 ; IC_{95%} : 1,32 – 4,28), toux sèche (OR = 2,77 ; IC_{95%} : 1,50 – 5,11), sifflements (OR = 2,89 ; IC_{95%} : 1,07 – 7,79), oppression thoracique (OR = 2,91 ; IC_{95%} : 1,33 – 6,36), essoufflement</p>

⁸⁸ L'INRS souligne que les éboueurs pourraient, au même titre que les égoutiers, être exposés à des agents biologiques et notamment aux endotoxines. Compte tenu des difficultés de recrutement, les éboueurs ont été inclus dans l'étude après avoir vérifié qu'ils ne présentaient pas une fréquence de symptômes différente des autres témoins

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
			gestion des espaces verts, artisanat, entretien(190) -		Aldéhydes Acides organiques COV Bactéries Endotoxines	(OR = 3,70 ; IC _{95%} : 1,85 – 7,39), sinusite (OR = 2,35 ; IC _{95%} : 1,28 – 4,36), Irritation de la gorge (OR = 3,14 ; IC _{95%} : 1,62 – 6,10). Excès statistiquement significatif de certains symptômes digestifs chez les égoutiers par rapport aux témoins : Nausées, vomissements (OR = 6,14 ; IC _{95%} : 2,66 – 14,19), gastralgies (OR = 2,19 ; IC _{95%} : 1,18 – 4,05), gastrite (OR = 15,4 ; IC _{95%} : 5,65 – 42,15), diarrhée (OR = 16,8 ; IC _{95%} : 9,15 – 31,04). Excès statistiquement significatif de symptômes cutanés et oculaires au cours des 12 derniers mois chez les égoutiers par rapport aux témoins : Symptômes cutanés (OR = 3,95 ; IC _{95%} : 2,21 – 7,06), mycoses (OR = 3,37 ; IC _{95%} : 1,33 – 8,54), eczéma (OR = 3,54 ; IC _{95%} : 1,27 – 9,86), irritation de la peau (OR = 5,50 ; IC _{95%} : 2,12 – 14,23), signes d'irritation oculaire (OR = 3,72 ; IC _{95%} : 1,93 – 7,16). Pas de variation statistiquement significative de la prévalence des différents symptômes en lien avec le fait d'avoir été ou d'être actuellement employé dans les tâches considérées comme les plus exposantes.
Krajewski <i>et al.</i> 2004 (Pologne)	Transversale	99 (STEU)	-	Questionnaire	Oui, endotoxines (tous sites confondus) Min = 0,1 ng.m ⁻³ Max = 233 ng.m ⁻³ et (1->3) B-D glucans (tous sites confondus) : Min = <LD Max = 163 ng.m ⁻³	<u>Prévalence des différents symptômes :</u> Douleurs musculaires et articulaires (43 %), asthénie (40 %), irritation nasale (26 %), symptômes de rhinite allergique (25 %), irritation oculaire (24 %), irritation de la gorge (22 %), toux sans expectorations (17 %), pyrosis (17 %), hyperhydrose (15 %), toux avec expectorations (9 %), dyspnée (9 %), nausée (9 %), oppression thoracique (9 %), atteintes cutanée (7 %), vertiges (7 %), difficulté de concentration (5 %), respiration sifflante (4 %).
Smit <i>et al.</i> 2005 (Pays Bas)	Transversale	371 (STEU)	97 (STEU non exposés) 2698 (population générale)	Questionnaire	Oui (endotoxines) Min = 0,6 UE/m ³ Max = 2093 UE/m ³	<u>Par rapport aux travailleurs de STEU non exposés :</u> Pas de différence significative de la prévalence des symptômes. <u>Par rapport à la population générale :</u> Excès statistiquement significatif de toux non productive (RR = 1,48 ;

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
					Moy = 27 UE/m ³	IC _{95%} : 1,20-1,82), de toux productive (RR = 1,54 ; IC _{95%} : 1,19-1,98), de dyspnée (RR = 1,48 ; IC _{95%} : 1,04-2,09) et de crises d'asthme (RR = 2,59 ; IC _{95%} : 1,25 – 5,35), de diarrhées (RR = 1,47 ; IC _{95%} : 1,0-2,2) et de vomissement (RR = 2,4 ; IC _{95%} : 0,2-33,8)chez les travailleurs exposés. Corrélation statistiquement significative entre l'exposition aux endotoxines et les symptômes des voies respiratoires inférieures et les symptômes cutanés, et les symptômes grippaux et systémiques.
Ambroise <i>et al.</i> 2005 d'après Rivière, 2005 (France)	Transversale	179 (égoutiers)	169 (employés municipaux : cadres, employés de bureaux, techniciens, ouvriers)	Questionnaire	Oui (endotoxines) Min = 3,4 UE/m ³ Max = 420 UE/m ³	Excès statistiquement significatif de toux productive chez les égoutiers comparé aux témoins (OR = 2,7 ; IC _{95%} : 1,3 – 5,7). Excès statistiquement significatif de nausées et vomissement chez les égoutiers comparé aux témoins (OR = 2,8 ; IC _{95%} : 1,1 – 8,8)
Dzaman <i>et al.</i> 2009 (Pologne)	Transversale	23 (STEU)	51	goût évalué selon la méthode de gustométrie de Borstein et l'odorat par la méthode d'olfactométrie d'elsberg-Levy. Evaluation avant et après la prise de poste	Non	Valeurs seuils de perception des goûts (sucrés, salés et amers avant la prise de poste et amers et acides à la fin de la journée de travail) significativement plus élevée sur le plan statistique chez les travailleurs de STEU par rapport au groupe contrôle. Pas de différence significative des valeurs seuils de perceptions des odeurs. Troubles du goût chez 22 % des travailleurs de STEU avant la prise de poste et chez 50 % des travailleurs de STEU en fin de journée de travail (augmentation significative). Troubles de la perception des odeurs chez 31,5 % des travailleurs de STEU avant la prise de poste et chez 40 % des travailleurs de STEU en fin de journée de travail (augmentation non significative).
Heldal <i>et al.</i> 2010 (Norvège)	Transversale	44 (STEU, dont 19 manipulant des boues séchées et 25 n'en manipulant pas)	36	Questionnaire, Test de spirométrie, prélèvements sanguins	Poussières inhalables : Moyennes arithmétiques de 0,2 à 2,1 mg/m ³ endotoxines : moyennes arithmétiques de 75 à 320 UE/m ³ Bactéries :	Excès statistiquement significatif de toux (OR = 5,0 ; IC _{95%} : 1,2 – 21) et de céphalées (OR = 23 ; IC _{95%} : 2,3 – 230) chez les travailleurs de STEU manipulant des boues séchées, par rapport aux témoins. Pas d'association avec l'asthénie. Diminution significative des indices de la fonction pulmonaire par rapport aux valeurs théoriques chez les travailleurs de STEU qui manipulent des boues sèches par rapport aux témoins en STEU (VEMS/CVF, CVF%).

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
					Moyennes arithmétiques de 530.10^3 à 650.10^3 cellules/m ³	
Tschopp <i>et al.</i> 2011 (Suisse)	Etude de cohorte prospective	247 (STEU)	304	Questionnaire, spirométrie, mesure des pneumoprotéines	Oui Endotoxines Max = 500 UE/m ³	Pas d'association statistiquement significative mise en évidence entre l'exposition aux eaux usées et survenue de dyspnée, bronchite chronique ou asthme. Pas de différence dans l'évolution de la fonction pulmonaire (VEMS et VEMS/CVF par rapport aux travailleurs non exposés).
Farahat et Kishk, 2010 (Egypte)	Transversale	33 (égoutiers)	30 (employés administratifs)	Questionnaires, tests neurophysiologiques (temps de réaction, délai de latence de l'onde P300) et neuropsychologique (échelle de Weschler, MMSE)	Oui Thiosulfates urinaires comme marqueur de l'exposition à l'H ₂ S. Différence significative entre les concentration mesurées chez les égoutiers ($50,6 \pm 8,95$ µmol/mg créatinine) et les témoins ($25,1 \pm 5,1$ µmol/mg créatinine) ($p < 0,001$)	- Excès statistiquement significatifs de symptômes neurologiques (céphalées, troubles de la mémoire, pertes de concentration) chez les égoutiers comparé à la population témoin ($p < 0,005$) - Temps de réaction significativement plus élevé chez les égoutiers ($380,45 \pm 41,43$ ms vs $342,67 \pm 31,51$, $p < 0,001$) - Délai de latence de l'onde P300 significativement plus élevé sur le plan statistique chez les égoutiers ($487,32 \pm 45,22$ ms vs $299,14 \pm 20,02$, $p < 0,001$) - Scores aux tests neuropsychologiques significativement plus faibles sur le plan statistique (à l'exception d'un test de mémoire visuelle) : - test de mémoire visuelle 1 ($9 \pm 1,36$ vs $10,73 \pm 0,98$) ($p < 0,001$) - test de mémoire visuelle 2 ($2,55 \pm 0,9$ vs $3,9 \pm 0,48$, $p < 0,001$) - test de logique ($29,91 \pm 4$ vs $32,33 \pm 2$, $p < 0,05$) - test de fluidité verbale ($11,82 \pm 2,55$ vs $16,23 \pm 1,38$, $p < 0,001$) - MMSE ($27,33 \pm 1,1$ vs $30,0 \pm 0$, $p < 0,001$)
Albatatony, 2011 (Egypte)	Transversale	43 (STEU)	43 (employés d'université)	Questionnaire, ECG, Test de spirométrie, prélèvements sanguins, analyse des selles	Non	- Excès statistiquement significatifs de courbatures (13 % vs 3 %), de douleurs abdominales (21 % vs 9 %), de respiration sifflante (13 % vs 3 %), de symptômes d'asthme (8 % vs 2 %) et de dyspnée (13 % vs 4 %) ($p < 0,05$) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins. - diminution significative ($p < 0,05$) du VEMS par rapport aux valeurs théoriques (83 % de la valeur théorique chez les travailleurs de STEU vs 86 % de la valeur théorique chez les témoins) - Prévalence significativement plus élevée d'hypertrophie

Etude (Pays)	Type d'étude	Population exposée (N)	Population témoin (N)	Méthode d'évaluation des symptômes	Mesures d'exposition	Symptômes ou atteintes fonctionnelles observés
						ventriculaire gauche (9 % vs 1 %) ($p < 0,05$) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins.

*D'après Thorn et Kerekes, 2001

NC : Non concerné

Annexe 15 : synthèse des études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les travailleurs de STEU recensées dans la littérature

Vingt-deux études de morbidité et d'atteintes fonctionnelles chez les travailleurs de STEU ont été identifiées dans la littérature. Parmi celles-ci, 14 se sont intéressées à la survenue de plusieurs familles de symptômes et 9 se sont focalisées sur une famille de symptômes (respiratoire, gastro-intestinaux, neurologique, développement, fertilité).

Concernant les études ayant évalué la survenue de plusieurs familles de symptômes :

La première étude transversale a été réalisée en Suède auprès de 30 travailleurs de STEU et de 16 employés d'une raffinerie, appareillés sur l'âge (population témoin) (Rylander, 1976 ; Mattsby et Rylander, 1978). L'ensemble des participants a subi un examen médical complet, au cours duquel la survenue de différents symptômes a été évaluée par questionnaire. Des prélèvements de sang et d'urines ont également été réalisés pour rechercher des marqueurs d'inflammation (PCR, PDF) et d'infection (numération sanguine, immunoglobulines sériques). Les résultats de l'étude ont montré une prévalence plus élevée des épisodes de fièvre (50 % vs 0 %), d'irritation oculaire (50 % vs 6 %) et d'atteintes cutanées (20 % vs 6 %) dans les heures suivant la journée de travail chez les travailleurs de STEU comparé à la population témoin (significativité statistique non précisée). La recherche de marqueurs d'inflammation a révélé des concentrations en PCR et en PDF plus élevées chez les travailleurs de STEU par rapport à la population témoin (significativité statistique non précisée). Les prélèvements sanguins ont également montrés des taux d'IgG, d'IgA, de thrombocytes et de leucocytes significativement plus élevés sur le plan statistique chez les travailleurs de STEU, comparé aux niveaux retrouvés chez 26 donneurs de sang, sélectionnés aléatoirement. Les auteurs concluent qu'il est difficile de statuer sur l'origine des symptômes décrits par les travailleurs des STEU compte tenu de la multitude d'agents chimiques et biologiques auxquels ils sont exposés. Néanmoins, les auteurs considèrent que l'exposition aux endotoxines pourrait expliquer les symptômes observés.

Dans une autre étude transversale, Lundholm et Rylander (1983) ont analysé la survenue de symptômes chez 199 travailleurs de STEU et 41 employés d'une usine d'eau potable, appareillés sur l'âge et la consommation de tabac (population témoin). Un questionnaire portant sur l'historique médical et professionnel et la survenue de différents symptômes (respiratoires, gastro-intestinaux, cutanés, fièvre, irritation oculaire) a été renseigné par chaque participant. Des prélèvements de sang (numération sanguine, immunoglobulines sériques) et d'urine (mesure des PDF) ont également été réalisés, ainsi que des mesures atmosphériques de bactéries pour évaluer l'exposition des travailleurs. Un excès statistiquement significatif de symptômes cutanés (4 cas vs 0 cas, $p < 0,01$) et de diarrhées (63 cas vs 6 cas, $p < 0,001$) a été mis en évidence. Les résultats des prélèvements sanguin et urinaires ont respectivement mis en évidence des concentrations en IgM plus faibles (1,3 vs 1,7 g/L, $p < 0,005$) et une proportion de travailleurs non fumeurs présentant des concentrations en PDF supérieures à 10 mg/L plus élevée sur le (33 % vs 6 %, $p < 0,001$) chez les travailleurs de STEU comparé à la population témoin (différences statistiquement significatives).

Un excès statistiquement significatif de la fréquence de céphalées, de vertiges et de diarrhées chez 189 employés de 16 STEU à New York (USA) par rapport à la population témoin constituée de 82 employés d'usine de traitement d'eau potable est également observé dans l'étude transversale conduite par Scarlett-Kranz *et al.* (1987) (d'après Thorn et Kerekes, 2001). Les symptômes ont été évalués par questionnaire. Des dosages de mutagènes dans les urines des participants ont également été réalisés (résultats non disponibles, cf. chapitre 10.2)

Nethercott et Holness (1988) (d'après Thorn et Kerekes, 2001) ont évalués la survenue de différents symptômes chez 50 travailleurs d'une STEU sélectionnés aléatoirement à Toronto (Canada). Des prélèvements sanguins et des tests de spirométrie ont également été réalisés. Les symptômes déclarés par les participants à l'étude sont (fréquence associée) : asthénie (50 %),

problèmes cutanés (46 %), irritation de la gorge (42%), toux avec expectorations (38 %), problèmes estomac (38 %), symptômes de bronchite chronique (36 %), respiration sifflante (32 %), irritation oculaire (30 %), toux sans expectorations (26 %), symptômes grippaux (24 %). Les résultats des tests de spirométrie ont montrés que le VEMS et la CVF avaient tendance à être diminués par rapport aux valeurs prédictives. Enfin, les résultats des prélèvements sériques n'ont pas montrés de corrélation entre les concentrations en PCB et les symptômes rapportés.

Melbostadt *et al.* (1994) ont mis en évidence une corrélation positive entre l'exposition aux bactéries et la survenue de céphalée et d'asthénie dans un groupe de 24 travailleurs de STEU en Norvège. Les symptômes étudiés concernaient le système respiratoires (toux avec expectorations, respiration sifflante, souffle court, irritation nasale), oculaire (irritation) et neurologique (asthénie, céphalée, vertige, nausée). Les niveaux en endotoxines mesurés varient de 0 à 370 ng/m³ (médiane = 30 ng/m³), les niveaux en bactéries varient de 0 à 9500 10³ UFC/m³ (médiane = 520 10³ UFC/m³) et les niveaux en H₂S étaient tous inférieurs à la limite de détection. Cette étude n'a pas mis en évidence de corrélation entre l'exposition aux endotoxines et à l'H₂S et l'apparition de symptômes.

Khuder *et al.* (1998) ont conduit une étude transversale pour évaluer la prévalence de maladies infectieuses et de symptômes associés à ces maladies chez 150 travailleurs de STEU aux USA. La population témoin était constituée de 54 employés d'entretien d'universités et employés d'usine de raffinage d'huile. Les diagnostics de 14 maladies infectieuses et la survenue de 24 symptômes associés à ces maladies durant les 12 mois précédant l'étude ont été évalués par questionnaire. Après ajustement sur l'âge et la durée d'emploi, les résultats de l'étude ont montré un excès statistiquement significatif des cas de gastroentérite (12,7 % vs 0 %, p < 0,05), de céphalées (24,7 % vs 9,3 %, p < 0,05) et de douleurs abdominales (7,3 % vs 0 %, p < 0,05) chez les travailleurs de STEU, comparé au groupe contrôle

L'étude transversale de Rylander (1999) a été réalisée auprès de 30 employés de STEU en Suède et de 35 employés municipaux non exposés aux eaux usées (population témoin), appareillés sur l'âge, le genre et la consommation tabagique. Les symptômes ont été évalués par questionnaire et concernaient principalement le système respiratoire (toux productive ou non, souffle court, irritation nasale...), le système gastro intestinal (diarrhée, nausée) et le système neurologique (asthénie, céphalée). Des tests de spirométrie et des mesures de réactivité bronchique ont également été réalisés, ainsi que des mesures d'endotoxines dans l'air des STEU. Les résultats de l'étude ont montré d'importantes variations des niveaux d'endotoxines selon les sites (concentrations variant de 3,8 à 32 170 ng/m³). Un excès statistiquement significatif d'irritation nasale, d'asthénie, de douleurs articulaires et de diarrhée chez les travailleurs de STEU a été observé. Les résultats des tests de spirométrie ont montrés une diminution significative du VEMS induit par méthacholine. Les auteurs ne concluent pas formellement sur le lien entre les symptômes observés et l'exposition aux endotoxines.

Douwes *et al.* (2001) ont évalué la prévalence de symptômes chez 147 travailleurs de STEU. Un questionnaire portant sur des caractéristiques personnelles et professionnelles, sur la consommation de tabac et sur la survenue de différents symptômes a été complété par l'ensemble des participants. Les symptômes étudiés ont été regroupés par familles : symptômes grippaux (asthénie, fièvre, tremblement, transpiration, douleurs musculaires et articulaires) ; symptômes respiratoires (toux productive ou non, respiration sifflante, dyspnée, souffle court, oppression thoracique) ; symptômes d'irritation (nasale, oculaire, cutané) ; symptômes neurologiques (céphalées, difficultés de concentration, vertiges, troubles de la mémoire) et gastrointestinaux (nausées, remontées acides, perte d'appétit, vomissement ou diarrhée au cours du travail). Des prélèvements (ambiance et individuels) de poussières inhalable et d'endotoxines ont été réalisés. Après analyse statistique, les symptômes hautement corrélés ont été regroupés en 4 clusters (symptômes grippaux, symptômes des voies aériennes supérieures, symptômes des voies aériennes inférieures, symptômes neurologiques). Les résultats de l'étude ont montré une association positive significative entre l'exposition aux eaux usées et la survenue de symptômes grippaux (OR = 5,0 ; IC_{95%} : 1,4 – 17,6), p < 0,05) et neurologiques (OR = 8,4 ; IC_{95%} : 1,1 – 65,7), p < 0,05). Les auteurs concluent que ces symptômes ne peuvent pas être liés uniquement à l'exposition aux endotoxines (niveaux mesurés faibles).

Thorn et Rylander (2002) ont conduit une étude transversale auprès de 1394 travailleurs exposés aux eaux usées et 331 travailleurs partiellement exposés aux eaux usées en Suède. Le poste occupé par ces travailleurs n'est pas précisé dans l'étude (travailleurs de STEU et/ou égoutiers). La population témoin était composée d'employés non exposés aux eaux usées (N = 507). La survenue de différents symptômes sur les 12 mois précédents l'étude a été évaluée par questionnaire. Les symptômes évoquant une bronchite chronique (toux avec expectorations pendant au moins 3 mois par an, et 2 années) et une pneumonie chimique (symptômes grippaux, fièvre, frissons, malaise, douleur musculaire et/ou articulaire, toux, souffle court avec rémission rapide) ont été étudié spécifiquement. Le questionnaire comportait plusieurs rubriques préalables sur l'environnement de travail, la durée d'emploi, le type de tâches effectuées, l'historique médical et la consommation de tabac et d'alcool. Après ajustement sur l'âge, le genre et la consommation de tabac, les résultats de l'étude montrent un excès statistiquement significatif de plusieurs symptômes respiratoires (irritation nasale, congestion nasale, toux, souffle court, respiration sifflante, oppression thoracique), de symptômes évoquant une bronchite chronique, de symptômes évoquant une pneumonie chimique, de symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, selles molles, nausée, douleurs gastriques), de douleurs articulaires et de symptômes neurologiques (céphalées, difficulté de concentration, asthénie, sensation de lourdeur/pesanteur de la tête) chez les travailleurs exposés comparée au groupe contrôle. Un excès statistiquement significatif de certains symptômes respiratoires (souffle court, oppression thoracique), gastro-intestinaux (selles molles, douleurs gastriques), neurologiques (asthénie) et de symptômes évoquant une bronchite chronique et une pneumonie chimique a également été observé chez les travailleurs partiellement exposés, comparé au groupe contrôle. Enfin, une analyse multi variée a mis en évidence une corrélation positive entre certains symptômes et le poste occupé par les participants.

Thorn et Beijer (2004) ont évalué la survenue de symptômes généraux (douleurs articulaires, asthénie, céphalées, difficultés de concentration), gastro-intestinaux (diarrhées, nausées), et respiratoires (souffle court, respiration sifflante, toux avec ou sans expectorations) chez 59 travailleurs de STEU, comparée à une population témoin composée de 55 travailleurs municipaux non exposés aux eaux usées. Les symptômes ont été évalués par questionnaire, sur les 2 semaines précédant l'étude. Les auteurs ont également évalué les symptômes évoquant une pneumonie chimique et une bronchite sur les 12 mois précédant l'étude. Les résultats de cette étude montrent un excès statistiquement significatif d'asthénie (30,5 % vs 5,5%, $p < 0,01$), de diarrhée (32,2 % vs 12,7%, $p < 0,05$), de douleurs articulaires (35,6% vs 15,4%, $p < 0,05$) et de symptômes évoquant une pneumonie chimique (25,4% vs 5,5%, $p < 0,01$) chez les travailleurs de STEU, comparée à la population témoin. Des prélèvements sanguins ont également été réalisés pour savoir si les symptômes déclarés pouvaient être liés à une réponse inflammatoire. Les résultats de ces prélèvements ont montré des taux de neutrophiles plus élevés ($p < 0,05$) et des taux de lymphocytes plus faibles ($p < 0,01$) chez les travailleurs de STEU (différences statistiquement significatives).

Krajewski *et al.* (2004) ont étudié la survenue de différents symptômes chez 99 employés de STEU, répartis en 4 catégories selon le poste occupé (traitement mécanique des déchets (N = 24), traitement biologiques des déchets (N = 14), traitement des boues (n = 26), contrôle d'opération (n = 35)). Un questionnaire portant sur l'historique médical et professionnel, les habitudes de vie (consommation de tabac) et la survenue de 25 symptômes durant les 12 mois précédant l'étude (répartis en 4 catégories : symptômes grippaux, irritation nasale et oculaire, symptômes neurologiques, symptômes gastro intestinaux) a été renseigné par les participants. Des mesures d'endotoxines et de (1→3)-β-D-glucans dans la zone de respiration des travailleurs ont également été réalisées. Tous groupes confondus, les symptômes les plus fréquemment rapportés concernent les douleurs articulaires et musculaires (43 %), l'asthénie (40 % et l'irritation nasale (26%). Aucune association entre les symptômes déclarés et le poste occupé, la durée d'emploi, la consommation de tabac ou l'exposition aux endotoxines ou au (1→3)-β-D-glucans n'a été mis en évidence.

L'objectif de l'étude de Smit *et al.* (2005) était d'évaluer le lien entre l'exposition aux endotoxines et la survenue de différents symptômes chez les travailleurs de STEU aux Pays Bas. Dans la première partie de l'étude, un questionnaire portant sur des caractéristiques personnelles (âge,

genre, consommation de tabac, hygiène) et professionnelles (durée d'emploi, tâches effectuées) et sur la fréquence d'apparition de différents symptômes sur les 12 derniers mois a été complété par 468 employés de 67 STEU. En fonction de leurs tâches, les 468 employés ont été répartis en 2 catégories, les employés de bureaux, non exposés ou exceptionnellement exposés aux eaux usées (N = 97) et les opérateurs / employés de maintenance, exposés aux eaux usées (N = 371). En parallèle, des mesures d'exposition individuelles aux endotoxines ont été réalisées tout au long de l'année chez les travailleurs exposés aux eaux usées. Les résultats de cette première partie de l'étude n'ont pas mis en évidence de différences significatives dans la prévalence des symptômes déclarés par les travailleurs exposés, comparés aux non exposés. Dans un 2^{ème} temps, les résultats des questionnaires pour les travailleurs exposés (N = 371) ont été comparés à un échantillon de 2 698 adultes néerlandais. Après ajustements sur l'âge, le genre et la consommation de tabac, un excès statistiquement significatif de toux non productive (RR = 1,48 ; IC_{95%} : 1,20-1,82, p < 0,001), de toux productive (RR = 1,54 ; IC_{95%} : 1,19-1,98, p < 0,001), de souffle court (RR = 1,48 ; IC_{95%} : 1,04-2,09, p < 0,05) et de symptôme d'attaques d'asthme (RR = 2,59 ; IC_{95%} : 1,25 – 5,35, p < 0,05) a été observé chez les travailleurs exposés, comparé à la population générale. Dans la dernière partie de l'étude, une analyse statistique a permis de distinguer 3 clusters de symptômes corrélés (« symptômes respiratoires inférieurs et symptômes cutanés », « symptômes grippaux et symptômes systémiques » et « symptômes respiratoires supérieurs »). L'analyse de l'association entre l'exposition aux endotoxines et ces 3 groupes de symptômes a montré une relation dose réponse pour les groupes « symptômes respiratoires inférieurs et symptômes cutanés », « symptômes grippaux et symptômes systémiques ».

L'étude de Heldal *et al.* (2010) avait également pour objectif d'évaluer le lien entre l'exposition aux endotoxines, aux bactéries et aux poussières inhalables et la prévalence de symptômes chez des travailleurs de STEU en Norvège. La population d'étude était constituée de 44 travailleurs de STEU exposés aux eaux usées et 36 employés de bureaux de STEU, considérée comme population témoin. Les travailleurs exposés ont été divisés en 2 sous catégories, ceux manipulant des boues séchées (N = 19) et ceux n'en manipulant pas (N = 25). Des mesures d'exposition individuelles aux bactéries/endotoxines/poussières ont été réalisées sur une journée. En parallèle, les participants ont renseigné la survenue de symptômes respiratoires, gastrointestinaux et systémiques (céphalée, asthénie) le jour de la réalisation des mesures. Des tests de spirométrie (évaluation de la fonction pulmonaire) et des mesures de monoxyde d'azote dans l'air exhalé et de CRP sérique (marqueur de l'inflammation) ont également été réalisés. Les résultats de l'étude ont mis en évidence un excès statistiquement significatif de toux (OR = 5,0 ; IC_{95%} : 1,2 – 21, p < 0,01) et de céphalées (OR = 23 ; IC_{95%} : 2,3 – 230, p < 0,01) chez les travailleurs manipulant des boues séchées, comparé à la population témoin. Les résultats des tests de spirométrie ont montrés une diminution significative des indices de la fonction pulmonaire (VEMS/CVF) chez l'ensemble des travailleurs exposés, comparé au groupe témoin. Aucune différence significative des niveaux de monoxyde d'azote expiré n'a été mise en évidence entre les groupes exposés : non exposés. Des concentrations en CRP significativement plus élevée sur le plan statistique ont été mesurées dans le groupe exposé comparé au groupe témoin (facteur 1,57, p = 0,04). Enfin, les résultats de mesures d'exposition ont montré des niveaux en endotoxines et en poussières inhalables significativement plus élevés pour les travailleurs manipulant des boues séchées que pour les travailleurs n'en manipulant pas (poussières inhalables : moyennes arithmétiques = 2,1 mg/m³ vs 0,2 mg/m³ ; endotoxines : moyenne arithmétique = 320 UE/m³ vs 75 UE/m³). Aucune association significative entre l'exposition aux endotoxines, aux bactéries ou aux poussières inhalables et la prévalence de toux et de céphalées n'a été mise en évidence.

La dernière étude a été réalisée en Egypte auprès de 43 travailleurs de STEU (Albatany *et al.* 2011). La population témoin était constituée de 43 employés d'université, appareillés sur l'âge, le statut socio-économique et la consommation de tabac. Chaque participant a été questionné individuellement sur son historique médical, les postes et fonctions occupés au cours de sa carrière et sa consommation tabagique. Les questions ciblaient particulièrement les symptômes infectieux (fièvre, douleurs, céphalées, vertiges), respiratoires (toux, expectorations, respiration sifflante, souffle court, antécédents d'asthme) et cardiovasculaire (douleur anginoïde, douleur thoracique, dyspnée, palpitations). Un test de spirométrie, un ECG (électrocardiogramme), des

prélèvements sanguin (mesure de la sulfohémoglobine et des anticorps pour le virus de l'hépatite A et E) et des analyses des selles (leptospirose) ont également été réalisés. Cette étude rapporte un excès statistiquement significatif de céphalées (13 % vs 7 % ($p < 0,05$)), de douleurs abdominales (21 % vs 9 % ($p < 0,05$)), de respiration sifflante (13 % vs 3 % ($p < 0,05$)), d'asthme (8 % vs 2 % ($p < 0,05$)) et de dyspnée (13 % vs 4 % ($p < 0,05$)) chez les travailleurs de STEU par rapport aux témoins. Une diminution significative du VEMS (83 % de la valeur prédite vs 86 % ($p < 0,05$)), est également rapportée, ainsi qu'une augmentation significative de la sulfohémoglobine (0,41 % vs 0,08 % ($p < 0,001$)) et des anticorps anti VHA (28 % vs 11 % ($p < 0,001$)) et anti VHE (22 % vs 13 %, $p < 0,05$). L'ECG a également mis en évidence une prévalence significativement plus élevée sur le plan statistique d'hypertrophie ventriculaire gauche (9 % vs 1 % ($p < 0,05$)).

Deux études se sont focalisées sur les symptômes respiratoires (Friis *et al.* 1999 ; Tschopp *et al.* 2011) :

La première étude est une étude transversale réalisée en Suède auprès de 149 travailleurs de STEU et 138 travailleurs municipaux (population témoin) (Friis *et al.* 1999). La survenue de symptômes respiratoires a été évaluée par questionnaire. Un excès significatif de cas d'asthme (maladie déclarée par les participants) (RR = 5,3 ; IC_{95%} : 1,1 – 26) a été observé chez les travailleurs de STEU comparé à la population témoin, après ajustement sur l'âge, le sexe, la consommation de tabac et la prédisposition atopique.

La deuxième étude est une étude de cohorte prospective sur 5 ans réalisées auprès de 247 travailleurs de STEU, 52 éboueurs et 304 travailleurs non exposés (jardiniers, conducteurs de transports en communs etc) (Tschopp *et al.* 2011). La survenue de symptômes respiratoires a été évaluée par questionnaire périodiquement lors d'entretiens. Les participants ont également indiqué les maladies respiratoires éventuellement diagnostiquées par leur médecin traitant avant et au cours de l'étude. Des tests de spirométrie, des mesures de pneumoprotéines et des mesures d'exposition aux endotoxines ont également été réalisés. Aucune association significative entre l'exposition aux endotoxines et la survenue de symptômes respiratoires n'a été mise en évidence. Aucune différence significative des indices de la fonction respiratoire et des niveaux de pneumoprotéines n'a été observée par rapport aux valeurs prédictives.

Trois études se sont focalisées sur les symptômes neurologiques (Kraut *et al.* 1988 ; Kuo *et al.* 1996 ; Dzaman *et al.* 2009).

Kraut *et al.* (1988) ont étudiés la survenue d'effets neurologiques chez 19 travailleurs de STEU exposés aux solvants organiques. Cette étude fait suite à des plaintes de plusieurs travailleurs ayant éprouvés des symptômes neurologiques (céphalées, fatigue, nausée) au cours de leur journée de travail. Des mesures dans l'air ont révélées des niveaux d'exposition au benzène et au toluène pouvant atteindre respectivement 300 ppm et 200 ppm. Les 19 participants ont subi un examen médical complet et ont été invités à renseigner par questionnaire la survenue de différents symptômes neurologiques. Des tests neurocomportementaux ont également été réalisés. Soixante quatorze pourcents des participants ont déclarés au moins 1 symptôme neurologique lors de l'entretien médical (étourdissement, céphalées, fatigue). Les résultats des tests neurocomportementaux ont montrés des déficits chez l'ensemble des participants ayant travaillé plus de 9 ans dans la STEU (4/4) et chez 1/3 des autres participants.

Kuo *et al.* (1996) ont évalué la stabilité posturale comme marqueur indirect d'atteintes du système nerveux central. La population d'étude était composée de 28 travailleurs de STEU et de 50 individus non exposés aux produits chimiques (population témoin). Des mesures de substances chimiques dans l'air ont été réalisées. Une corrélation positive statistiquement significative entre l'exposition chimique et l'augmentation du balancement postural a été mis en évidence. Une augmentation du balancement posturale est également observée chez les travailleurs de STEU, comparé à la population témoin.

L'étude de Dzaman a évalué l'impact de l'exposition aux eaux usées, aux déchets ou aux produits chimiques sur le goût et l'odorat de travailleurs de STEU, de décharges et de laboratoires. La population d'étude était constituée de 23 travailleurs de STEU, 19 employés d'une décharge et 15 employés de laboratoire. La population témoin était constituée de 51 volontaires, non exposés à des agents toxiques dans le cadre de leur travail. La perception des odeurs a été évaluée à partir

de la méthode de Börstein, qui consistait à comparer la concentration minimale à laquelle le sujet percevait le goût de 4 saveurs (sucré, salé, amer, acide) par rapport aux valeurs normales. La perception du goût a été évaluée par la méthode de Elsberg-Levy, qui consistait à comparer le volume minimal d'air auquel le sujet percevait l'odeur de différents arômes (vanille, café, menthe et citron) par rapport aux valeurs normales. Les tests ont été réalisés avant et après la prise de poste. Les résultats de l'étude ont montrés des troubles de la perception des goûts chez 22 % des travailleurs de STEU et 17 % des employés de décharge et de laboratoire avant la prise de poste. Les valeurs seuils de perception des goûts sucrés, salés et amers étaient significativement plus élevées pour les travailleurs de STEU, comparé à la population témoin. A la fin de la journée de travail, les troubles du goût concernaient 50% des travailleurs de STEU, 40 % des employés de décharges et 28,4 % des employés de laboratoires. Les valeurs seuils de perception des goûts acides et amers étaient significativement plus élevées pour les travailleurs de STEU par rapport aux témoins. Concernant la perception des odeurs, les résultats de l'étude ont montré, avant la prise de poste des troubles chez 31,5 %, 21,7 % et 6,3 % des travailleurs de STEU, de décharges et de laboratoires respectivement. A la fin de la journée de travail, ces troubles concernaient 40%, 38,4 % et 8 % des travailleurs de STEU, décharges et laboratoires respectivement. Aucune différence significative des valeurs seuils de perception n'a été observée entre les populations exposées et la population témoin.

Une étude s'est focalisée sur les symptômes gastro-intestinaux (Friis et al. 1998). Il s'agit d'une étude transversale réalisée en Suède auprès de 142 travailleurs de STEU et de 137 employés municipaux non exposés aux eaux usées (population témoin). L'historique médical et professionnel, les habitudes de vie et la survenue de 24 symptômes gastro-intestinaux sur 3 mois ont été évalués par questionnaire. Les symptômes suggérant une dyspepsie (douleurs abdominales, brûlures d'estomac, reflux, distension, satiété précoce) et un syndrome du colon irritable (douleurs abdominales, diarrhée et constipation) ont été spécifiquement évalués. Les résultats de l'étude ont montrés une prévalence de nausée significativement plus faible sur le plan statistique chez les travailleurs de STEU (OR = 0,20 ; IC_{95%} : 0,043 – 0,96). Aucune différence significative dans la prévalence des autres symptômes et des symptômes suggérant une dyspepsie ou un syndrome du colon irritable n'a été observé.

Trois études se sont intéressées aux effets sur le développement et la fertilité (Morgan et al. 1984 ; Lemasters et al. 1991 ; Hertzberg et al. 1991)

L'objectif de la première étude était d'évaluer la prévalence de fausses couches et de mortinatalité 89 épouses de travailleurs de STEU ayant été au moins une fois enceinte avant et/ou après que leur mari ait été employé en STEU (Morgan et al. 1984). Après avoir retracé l'historique professionnel des travailleurs de STEU, les participantes ont été classé en trois groupes : « exposition paternelle à n'importe quel moment avant la conception », « exposition paternelle au cours des 4 mois précédant la conception », « exposition paternelle durant les 3 mois suivant la conception ». A noter que les 3 groupes ne sont pas exclusifs (un participant peut entrer dans les 3 catégories). Les grossesses ayant eut lieu avant l'emploi des maris en STEU a constitué le groupe témoin « non exposé ». Pour chaque groupe, le taux de fausses couches (avant et après 5 mois de grossesse) et de mortinatalité a été calculé (ratio du nombre de fausses couches/mortinatalité sur le nombre de grossesses) et divisé par le taux de fausses couches/mortinatalité de la population non exposée pour évaluer le risque relatif. Les résultats de l'étude ont montré une augmentation significative du risque relatif de fausses couches / mortinatalité pour les couples exposés au moment de la conception (RR = 2,86 ; IC_{95%} : 1,30-6,29 pour le groupe « exposition paternelle au cours des 4 mois précédant la conception » et RR = 2,94 ; IC_{95%} : 1,35-6,40 pour le groupe « exposition paternelle durant les 3 mois suivant la conception »), après ajustement sur l'âge, la consommation d'alcool et de tabac.

L'objectif de l'étude de Lemaster et al. (1991) était d'évaluer l'impact de l'exposition aux eaux usées sur la fertilité de travailleurs de STEU et d'égoutiers aux USA. Des ingénieurs de STEU, non exposés aux eaux usées, ont également été inclus dans l'étude. Seuls les hommes mariés, âgés de moins de 36 ans au moment de leur embauche ont été inclus dans l'étude, dans la mesure où celle si se focalisait sur les grossesses des épouses. Un questionnaire portant sur l'historique médical, la consommation de tabac, d'alcool, de drogues, la prise de contraceptifs, historique

personnel et familial de troubles de la fertilité, et toutes les informations relatives aux grossesses, a été complété par les épouses des participants (N = 231 dont 133 épouses de travailleurs exposés et 86 épouses de travailleurs non exposés). En parallèle, plusieurs substances chimiques⁸⁹ ont été mesurées dans l'air des STEU et des égouts pour évaluer l'exposition des travailleurs.

Les ratios des taux de natalité observés dans la population d'étude sur les taux de natalité dans la population américaine ont été calculés pour la population exposée et non exposée (calculs de ratios standardisés de fertilité, SFRs). Les résultats de l'étude n'ont pas montrés de différences significatives des SFRs entre la population exposée et non exposée. D'autres analyses portant sur l'historique contraceptif et le délai à concevoir des couples ont été réalisées. Aucune différence significative entre les populations exposées et non exposées n'a été observée.

Cette étude fait suite à une étude pilote qui avait évalué, au sein de la même population, le risque de fausses couches et d'infertilité, en lien avec la qualité du sperme (Hertzberg *et al.* 1991). Cette étude a montré une association négative entre l'exposition aux eaux usées et le risque de fausse couche. Aucune différence des caractéristiques du sperme (nombre de spermatozoïdes, mobilité, morphologie...) n'a été observée entre la population exposée et non exposée.

⁸⁹ Chlrorbenzène, tétrachloroéthylène, trichlorobenzène, 1,1,1-trichloroéthane, trichloroéthylène, toluène, xylènes, benzène, méthyl éthyl kétone, méthyl isobutyl kétone, naphta aliphatique

Annexe 16 : Profil toxicologique de l'H₂S

Compte tenu du volume conséquent de données sur l'H₂S, seules les monographies ont été consultées pour la rédaction de ce profil.

1. Généralités, propriétés physico-chimiques

Les éléments relatifs aux propriétés physico-chimiques du sulfure d'hydrogène (H₂S) sont issus du profil toxicologique rédigé par l'ATSDR mis à jour en 2014 (ATSDR, 2006, 2014) et du rapport d'expertise collective de l'Anses relatif aux risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs (Anses, 2011).

L'H₂S est un gaz incolore, plus lourd que l'air, qui présente une odeur caractéristique d'œuf pourri. Cette odeur se détecte dès 0,28 à 0,42 mg.m⁻³, elle est nette pour 28 à 42 mg.m⁻³, mais vers 140 mg.m⁻³, l'odorat est anesthésié. Le sulfure d'hydrogène (H₂S) est naturellement présent dans le pétrole brut, le gaz naturel et le charbon ; certains minéraux en contiennent. Leurs traitements peuvent être une source d'émission. Il est aussi présent dans certaines sources chaudes soufrées. Les émissions des éruptions volcaniques en sont riches.

Il joue aussi un rôle essentiel dans le cycle du soufre, par l'activité de bactéries sulfatoréductrices : fermentation anaérobie de matières organiques notamment dans les eaux stagnantes, sédiments marins, égouts. Des activités humaines industrielles, comme les usines de pâtes à papier, le procédé viscosé sont d'autres sources d'émission (Anses, 2011).

Les propriétés physicochimiques de l'H₂S sont listées dans le Tableau 81.

Tableau 80 : Identification de la substance

Caractéristiques	Information
Nom chimique	Sulfure d'hydrogène
Formule chimique	H ₂ S
Structure chimique	$\begin{array}{c} \text{S} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
N° CAS	7783-06-4
N° EINECS	231-977-3

Tableau 81 : Propriétés physico-chimiques de l'H₂S

Poids moléculaire (g/mol)	34,08
Etat physique (20°C)	Gaz
Couleur	Incolore
Odeur	Œuf pourri
Densité dans l'air	1,19
Solubilité dans l'eau (g/L)	4,1 à 20°C
Tension de vapeur (mmHg)	15 600 à 25°C
Constante de Henry (atm/mole)	468 à 20°C
Température d'ébullition	- 60,33°C
Température de fusion	- 85,49°C

Limites d'explosivité	Supérieure : 45,5% ; Inférieure : 4,3%
Facteur de conversion	1 ppm = 1,40 mg.m ⁻³

2. Valeurs repères

Les éléments présentés sont issus du rapport d'expertise collective de l'Anses sur les « algues vertes » (Anses, 2011).

2.1. Valeurs toxicologiques de référence (VTR) – effets aigus

Tableau 82 : recensement des VTR effets aigus de H₂S

Valeur	Effet	Pas de temps	Organisme
42 µg.m ⁻³	Perception olfactive chez des volontaires	1h	OEHHA (2008)
98 µg.m ⁻³	Obstruction bronchique chez des volontaires asthmatiques	1 – 14j	ATSDR (2006)
150 µg.m ⁻³	Irritation oculaire	24h	OMS (2000)
7 µg.m ⁻³	Perception olfactive	30 min	OMS (2000)

La VTR de l'OEHHA est construite sur la survenue d'une nuisance, perçue comme telle par les individus exposés à des concentrations croissantes de sulfure d'hydrogène. Elle définit ainsi le seuil de perception olfactive, jugé comme objectif d'après d'autres études (notamment Amore, 1985). A partir des résultats expérimentaux issus de l'étude clé, il est possible de définir un NOAEL pour la perception olfactive, $\leq 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qui correspond à la valeur basse de l'intervalle des concentrations associées à la perception de l'odeur du sulfure d'hydrogène. Toutefois ce NOAEL n'a pas été retenu pour définir la VTR, en raison du caractère non sévère de l'effet retenu (perception olfactive). Il est à noter que l'effectif de l'étude clé est faible (n = 16).

La VTR de l'ATSDR est construite également sur des données humaines. L'étude clé retenue correspond à une étude d'exposition contrôlée sur 30 minutes, chez des sujets volontaires, souffrant d'asthme bronchique. L'intérêt de cette étude réside notamment dans le recrutement de sujets pouvant être considérés comme sensibles et prendre en compte ainsi, une éventuelle susceptibilité à l'exposition au sulfure d'hydrogène pour cette population. L'effectif de cette étude est faible (n = 10). L'effet critique retenu correspond à une obstruction bronchique, c'est à dire un effet localisé du sulfure d'hydrogène au niveau pulmonaire, pouvant être aggravé par l'asthme préexistant chez les sujets de l'étude. L'approche menée par l'ATSDR est protectrice car des facteurs de sécurité supplémentaires sont appliqués, afin de tenir compte de la possible existence de susceptibilités plus grandes que l'asthme bronchique au sulfure d'hydrogène, et du manque de données chez les enfants considérés par précaution comme une population plus sensible aux effets des toxiques pulmonaires (notamment en raison d'une ventilation plus fréquente).

Enfin, l'OMS propose une valeur guide de qualité d'air sur 24 heures fondée sur la survenue des effets irritants locaux du sulfure d'hydrogène, au niveau oculaire. Les effets irritants oculaires ont été jugés comme les plus précocement associés au sulfure d'hydrogène par rapport aux autres

effets irritants par voie aérienne. Toutefois, les choix ne sont pas toujours bien justifiés, ne permettant pas de s'assurer de leur pertinence.

2.2. Valeurs toxicologiques de référence (VTR) – effets subchroniques à seuil

Tableau 83 : recensement des VTR effets subchroniques à seuil de H₂S

Valeur	Effet	Pas de temps	Organisme
28 µg.m ⁻³	Perte des neurones olfactifs et hyperplasie régénérative de cellules basales chez le rat	14 – 365j	ATSDR (2006)

Une seule VTR a été identifiée pour une durée d'exposition subchronique (ou intermédiaire). L'ATSDR a construit une VTR qui s'applique pour une durée d'exposition comprise entre 15 et 365 jours, fondée sur des données animales (étude de 10 semaines). L'effet critique retenu (perte de neurones olfactifs et hyperplasie régénérative) a été jugé pertinent, en ce sens qu'il met en évidence la double toxicité du sulfure d'hydrogène (neurotoxicité, irritation et toxicité cellulaire). La construction de la VTR repose sur des choix justifiés (détermination d'un NOAEL, ajustement dosimétrique, application de facteurs d'incertitude).

Cette VTR a été discutée dans la mise à jour du profil toxicologique de l'ATSDR, notamment sur le fait que l'ajustement dosimétrique réalisé pour la construction de la VTR ne tient pas compte des différences d'écoulement d'air et de surface recouverte d'épithélium olfactif (50 % chez le rat vs 10 % chez l'Homme) dans les cavités nasales entre l'Homme et le rat (ATSDR, 2014). Ces incertitudes pourraient conduire à une sous- ou sur-estimation du risque pour l'Homme. Cependant l'ATSDR conclue qu'au regard des nouvelles études disponibles, il n'apparaît pas pertinent de réviser la valeur de la VTR initialement recommandée.

2.3. Valeurs toxicologiques de référence (VTR) – effets chroniques à seuil

Tableau 84 : recensement des VTR effets chroniques à seuil de H₂S

Valeur	Effet	Organisme
2 µg.m ⁻³	Perte des neurones olfactifs et hyperplasie régénérative de cellules basales chez le rat	US EPA (2003)
10 µg.m ⁻³	Inflammation de la muqueuse nasale chez la souris	OEHHA (2000)

La VTR de l'US EPA est construite à partir de la même étude que celle retenue par l'ATSDR pour la VTR subchronique (intermédiaire), soit l'étude toxicologique chez le rat sur 10 semaines (Brenneman *et al.* 2000). L'US EPA justifie le choix de cette étude subchronique en l'absence d'études chroniques conduites chez l'animal et chez l'homme. Les choix effectués par l'US EPA sont similaires à ceux réalisés par l'ATSDR concernant la détermination du NOAEL et l'application

d'ajustements. La différence repose sur l'application d'un facteur d'incertitude de 10 supplémentaire afin de tenir compte de la durée d'exposition subchronique de l'étude.

L'OEHHA propose une VTR chronique également à partir de données animales (pas de données épidémiologiques pour des contextes d'exposition chroniques). L'étude retenue est celle du CIIT (1983) conduite chez la souris pendant 90 jours (correspond à un protocole d'étude standardisé, à la différence de l'étude de Brenneman *et al.* 2000). L'effet critique retenu correspond à une inflammation de la muqueuse nasale. Les effets critiques chez la souris sont observés à des niveaux de concentration plus élevés que chez le rat (NOAEL = 42,5 mg.m⁻³ et 14 mg.m⁻³ respectivement), ce qui pourrait suggérer une sensibilité moindre de la souris. La construction de la VTR repose sur des choix méthodologiques justifiés. Le facteur d'incertitude prenant en compte la durée d'exposition subchronique n'est ici que de 3 (contre une valeur de 10 pour l'US EPA), sans justification.

2.4. Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)

Tableau 85 : recensement des VLEP pour H₂S

VLCT 15 min	
14 mg.m ⁻³	Valeur réglementaire Union européenne, France
VLEP 8h	
7 mg.m ⁻³	Valeur réglementaire Union européenne, France

Cette VLEP est construite sur la même étude que celle ayant servi à dériver la VTR subchronique de l'ATSDR et la VTR chronique de l'US EPA, soit l'étude de 10 semaines chez le rat de Brenneman *et al.* 2000. Le SCOEL considère que les lésions nasales observées dans cette étude chez le rat est l'effet critique lors d'une exposition répétée à l'H₂S. Le NOAEL de 14 mg.m⁻³ (10 ppm) dérivés de cette étude est pris comme point de départ pour la construction de la VLEP. Ce NOAEL est conforté par les résultats d'autres études chez le rat dans lesquelles les mêmes effets ont été observés et conduisant aux mêmes valeurs de NOAEL. Un facteur de sécurité de 2 est appliqué à ce NOAEL pour tenir compte de la durée d'exposition subchronique de l'étude. Aucun facteur de sécurité inter espèce n'est appliqué, considérant que l'effet retenu est un effet local et que l'espèce étudiée (rat) respire de façon prédominante par le nez, ce qui concentre l'H₂S au niveau des cavités nasales. Une VLCT de 14 mg.m⁻³ est proposée compte tenu des effets toxiques aigus de l'H₂S, tels que l'irritation oculaire, la perte de conscience ou l'apparition d'effets neurologiques.

3. Absorption, distribution, métabolisation et élimination

Les éléments relatifs au devenir dans l'organisme de l' H_2S sont issus du profil toxicologique rédigé par l'ATSDR (ATSDR, 2006), mis à jour en 2012 et 2014 (ATSDR 2012, 2014) et du rapport d'expertise collective de l'Anses relatif aux algues vertes (Anses, 2011).

L' H_2S est principalement absorbé par voie pulmonaire. Il peut également être absorbé *via* le tractus gastro-intestinal lors d'exposition accidentelle et par la peau. Cependant, aucune donnée quantitative n'est disponible.

Après absorption pulmonaire, l' H_2S est rapidement distribué dans l'organisme. Des études post-mortem réalisées après des expositions accidentelles ont révélé la présence d' H_2S dans le sang, la rate, le foie, le cerveau et les poumons. Chez l'animal, l' H_2S se distribue dans les poumons, le cerveau et les muscles. Aucune donnée relative à la distribution de l' H_2S suite à une exposition orale ou cutanée n'est disponible.

L' H_2S est métabolisé selon trois voies :

- L'oxydation dans le foie, qui est la voie majoritaire, conduisant à la formation de thiosulfates ensuite transformés en sulfates et éliminés dans les urines
- La méthylation, conduisant à la formation de méthanthiol et de diméthylsulfure
- Liaison avec les métalloprotéines.

Ces trois voies sont présentées sur le schéma suivant, adapté de l'étude de Beauchamps *et al.* 1984 (ATSDR, 2006).

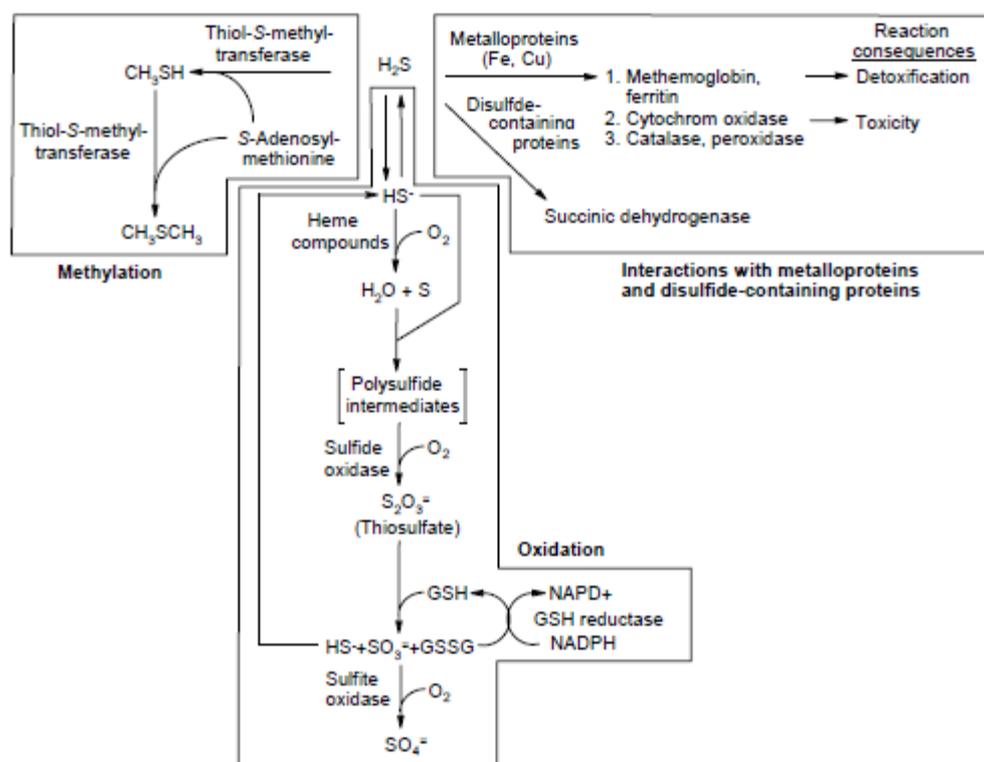


Figure 20 : Voies de métabolisation de l' H_2S

L'élimination se fait principalement par voie urinaire (90 %), sous forme de thiosulfates.

4. Mécanisme d'action

Les éléments relatifs au mécanisme d'action de l'H₂S sont issus du profil toxicologique rédigé par l'ATSDR (ATSDR, 2006), mis à jour en 2012 et 2014 (ATSDR, 2012, 2014).

L'inhibition directe d'enzymes cellulaires, et en particulier de la cytochrome oxydase aa3, enzyme impliquée dans la production d'énergie est le mécanisme d'action principal de l'H₂S (Beauchamp *et al.* 1984 ; Deng, 1992). L'inhibition de la cytochrome oxydase aa3 affecte le transport d'électron au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale, ce qui perturbe le métabolisme oxydatif et provoque un métabolisme anaérobie avec diminution de la production d'ATP et génération d'acide lactique. Le système nerveux et le système cardiovasculaire pour lesquels la demande en oxygène est la plus importante, sont les organes les plus sensibles à cette perturbation du métabolisme oxydatif.

D'autres auteurs suggèrent que les effets de l'H₂S sur le système nerveux ne sont pas liés à une inhibition du métabolisme oxydatif mais pourraient provenir d'une hypotension probablement liée à la cardiotoxicité de l'H₂S (Baldelli *et al.* 1993). Dans une autre étude *in vitro*, le rôle de l'H₂S sur les neurones du raphé dorsal qui jouent un rôle important dans le contrôle du rythme respiratoire est suggéré. Enfin, un autre mécanisme d'action évoqué est l'inhibition de la monoamine oxydase, ce qui provoque une perturbation de la neurotransmission pour le contrôle de la respiration (Warenycia *et al.* 1989, 1990).

5. Toxicité relative à une exposition aiguë

Ce chapitre n'a pas fait l'objet d'une revue exhaustive de la littérature. Les éléments présentés sont issus du rapport d'expertise collective de l'Anses sur les « algues vertes » (Anses, 2011). Seules les données chez l'Homme sont rapportées ici.

La toxicité aiguë de l'H₂S dépend avant tout de sa concentration dans l'atmosphère considérée pour des expositions très courtes.

Des concentrations modérées entre 70 à 280 mg.m⁻³ s'accompagnent d'abord d'une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires : photophobie, conjonctivite, rhinite, enrouement, toux, douleur thoracique. Des expositions prolongées (plusieurs heures) à ces concentrations peuvent s'accompagner d'une lésion cornéenne (kératite) et d'un risque d'altération durable de la vision. Cependant, en ce qui concerne les kératites (« *gas eye* » ou « *spinners eye* »), le lien avec l'exposition au seul gaz sulfure d'hydrogène (moins de 140 mg.m⁻³) tend à être abandonné au profit de l'hypothèse d'une co-exposition avec plusieurs gaz irritants (industrie rayon-viscose).

On décrit classiquement, dans 4 à 16 % des cas, un oedème pulmonaire lésionnel de survenue retardée, dès 350 mg.m⁻³.

Dès 280 mg.m⁻³, l'exposition de plus de 10 minutes environ, s'accompagne de symptômes neurologiques tels que céphalées, vertiges, nystagmus, désorientation, troubles de la coordination, nausées, vomissements, asthénie intense. A partir de 700 mg.m⁻³, pour plusieurs minutes d'exposition, les signes neurologiques sont constants et peuvent comporter notamment un coma ; des troubles cardiovasculaires (hypotension, tachycardie, troubles du rythme cardiaque, ischémie du myocarde) surviennent également.

L'inhibition de la respiration tissulaire entraîne une atteinte des organes les plus rapidement sensibles au manque d'oxygène (système nerveux, coeur). Il existe des formes sur-aiguës avec perte de connaissance immédiate, brutale décrite sous le nom de « coup de plomb des vidangeurs » ou « *knock-down* » avec arrêt cardiaque. Ces formes sont décrites pour des concentrations de l'ordre de 1 400 mg.m⁻³. Il peut en résulter des séquelles.

6. Toxicité liée à une exposition chronique

Les éléments relatifs à la toxicité chronique de l'H₂S sont issus des profils toxicologiques rédigés par l'ATSDR (ATSDR, 2006), mis à jour en 2012 et 2014 (ATSDR, 2012, 2014) et par l'US EPA (US EPA, 2003). Les études citées dans ces rapports n'ont pas fait l'objet d'une analyse approfondie.

Peu de données liées à la toxicité de l'H₂S suite à une exposition chronique sont disponibles. La plupart des études disponibles ont évalué la prévalence de symptômes respiratoires liée à une exposition à l'H₂S.

6.1. Données chez l'animal

6.1.1 Etudes par inhalation

Les effets d'une exposition sub-chronique (jusqu'à 365 jours) ou chronique (> 365 jours) à l'H₂S ont été étudiés chez le rat, la souris et le cochon. Les études décrites dans le rapport de l'ATSDR sont reprises ci dessous :

Curtis *et al.* 1975 ont étudié l'effet d'une exposition par inhalation chez le cochon exposé à 12 mg.m⁻³ (8,5 ppm) d'H₂S jusqu'à 17 jours consécutifs. Cette étude n'a montré aucune modification histologique du système respiratoire, rénal et hépatique. Aucune lésion oculaire n'a été observée, ni de modification du poids corporel des animaux testés. L'ATSDR souligne le faible nombre d'animaux testés dans cette étude (N = 3).

En 1983, le CIIT (Chemical Industry Institute of Toxicology) a conduit une série d'études par inhalation visant à évaluer les effets de l'H₂S chez le rat (F334 et Sprague Dawley) et la souris (CIIT 1983a, 1983b, 1983c). Aucun effet respiratoire n'est rapporté par les auteurs chez le rat exposé jusqu'à 80 ppm (112 mg.m⁻³) 6 h par jour, 5 jours par semaine pendant 90 jours (CIIT 1983b, 1983c). Dorman *et al.* (2004) ont réexaminés les échantillons histologiques de ces études et ont observé une augmentation significative de la perte des neurones olfactifs chez le rat F334 et Sprague Dawley exposés de 30 à 80 ppm d'H₂S. Par ailleurs, une hypertrophie et une hyperplasie de l'épithélium bronchiolaire est observée chez le rat femelle Sprague-Dawley (femelle) à 30 et 80 ppm et chez le rat mâle Sprague Dawley à 80 ppm. Chez la souris, une inflammation de la muqueuse nasale est observée à 80 ppm lors d'exposition à l'H₂S 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 90 jours. Ces lésions n'étaient pas observées à 30 ppm. Un réexamen de ces échantillons par Dorman *et al.* (2004) a confirmé ces résultats, et a également mis en évidence une augmentation significative de la perte des neurones olfactifs à 30 et 80 ppm.

L'étude de Brenneman *et al.* (2000) confirme les effets respiratoires observés dans l'étude du CIIT (1983). Une perte des neurones olfactifs et une hyperplasie des cellules basales de l'épithélium nasal sont observées chez le rat exposé à 30 ppm d'H₂S 6 heures par jour, 7 jours par semaine pendant 10 semaines.

Saillenfait *et al.* 1989 ont observé une diminution du gain de poids corporel chez la rate gestante exposée de 140 à 201 mg.m⁻³ (100 à 150 ppm) d'H₂S du 6^{ième} au 20^{ième} jour de gestation (GD 6 à GD 20). Cet effet n'est pas observé à des doses plus faibles. Aucun effet sur le fœtus lié à une diminution de gain de poids corporel chez la rate gestante n'est observé.

Hayden *et al.* (1990a, 1990b) n'ont montré aucune modification de l'activité des protéines sériques, de la LDH, des transaminases et des phosphatases chez la rate gestante exposée à des niveaux variant de 28 à 105 mg.m⁻³ (20 à 75 ppm) 7 h par jour du 1^{er} jour de gestation (GD1) au 21^{ième} jour post natal (PND21). En revanche, une augmentation du niveau de cholestérol dans le foie des rates gestantes est observée à ces concentrations. Les auteurs n'observent pas d'augmentation du temps de gestation ou d'effet sur la viabilité ou la taille de la portée. Une augmentation du temps de parturition est cependant observée.

Skrajny *et al.* 1992 ont observé une augmentation des taux d'acides aminés dans le tissu cérébral de rats exposés *in utero* à 28 à 105 mg.m⁻³ (20 à 75 ppm) d'H₂S 7 h par jour, du 5^{ième} jour de gestation (GD5) au 2^{ième} jour post-natal (PND 21). A 28 mg.m⁻³, une augmentation significative des taux de sérotonine est observée dans le cortex cérébral à PND 21. A 105 mg.m⁻³, une augmentation significative des taux de norépinephrine est observée dans le cortex cérébral et le cervelet à PND 21. Un effet similaire sur le taux de monoamines est observé dans l'étude de Roth *et al.* 1995 réalisée selon le même protocole d'exposition (PND 21). Dans cette étude, le taux de monoamines retourne au niveau de base au 45^{ième} jour post natal (PND 45).

Des altérations de l'architecture des cellules de Purkinje ont été observées chez le rat dans l'étude de Hannah et Roth (1991) suite à une exposition *in utero* (PC 5 – PND 21) à des niveaux d'H₂S variant de 24 à 70 mg.m⁻³ (20 à 50 ppm). Ces altérations, selon les auteurs, suggéreraient que

l'exposition à de faibles doses d'H₂S présenterait un risque de déficit sévère sur le développement neuronal. Deux autres études des mêmes auteurs ont étudié l'effet d'une exposition prénatale à l'H₂S sur les niveaux d'acides aminés (Hannah *et al.* 1989 et 1990). Dans la première étude, les rats ont été exposés *in utero* à 105 mg.m⁻³ (75 ppm) d'H₂S 7 heures par jour du 5^{ème} jour post-coït (PC5) au 21^{ème} jour post-natal (PND21). Une diminution de l'ordre de 20 % des taux d'aspartate, de glutamate et de GABA (acide gamma aminobutyrique) sont observés. Dans la deuxième étude, une augmentation du taux de taurine dans le plasma maternel est observée à 70 mg.m⁻³ (50 ppm), dans les mêmes conditions d'exposition.

Dorman *et al.* 2000 n'observent pas d'altération de la durée de gestation chez les rats exposés à des niveaux variant de 14 à 112 mg.m⁻³ (10 à 80 ppm) d'H₂S 6 heures par jour, 7 jours par semaine, de GD0 à GD 19. Aucune altération de la fertilité n'est observée chez les rats exposés *in utero*. Aucun retard de développement ou de baisse de performance aux tests neurocomportementaux n'a été observé chez les rats exposés après la naissance, de PND 5 à PND 18.

Partlo *et al.* 2001 ont réalisé une série d'expériences sur l'effet de l'H₂S sur les capacités d'apprentissage et de mémorisation des rats à l'aide du test du labyrinthe. Les rats ont été exposés à 175 mg.m⁻³ (125 ppm) d'H₂S 4 h par jour, 5 jours par semaine pendant 5 ou 11 semaines. Les auteurs concluent que 5 semaines d'exposition à l'H₂S n'affectent pas les résultats au test, et par conséquent n'affectent pas la mémoire des rats. Après 11 semaines d'exposition, les auteurs observent une difficulté à accomplir le test et une difficulté à réapprendre une tâche compliquée.

Gagnaire *et al.* 2006 n'ont observé aucune modification du poids corporel chez les rats exposés à 70 mg.m⁻³ (50 ppm) 7j/s pendant 25 semaines. Aucun effet neurotoxique n'a été observé à ces concentrations.

6.1.2 Etudes par ingestion

Une seule étude chez l'animal est disponible. Une diminution du gain de poids corporel et des désordres digestifs (diarrhées) sont observés chez les cochons exposés à 6,7 mg.kg⁻¹.j⁻¹ pendant 105 jours (Wetterau *et al.* 1964).

6.1.3 Etude par contact cutané

Aucune étude de toxicité chronique par voie cutanée n'est disponible chez l'animal.

6.2. Données chez l'Homme

6.2.1 Etudes par inhalation

6.2.1.1 Etudes en milieu professionnel

La première étude recensée avait pour objectif d'évaluer les effets d'une exposition à l'H₂S sur la fonction respiratoire chez les travailleurs d'une usine de viscosité (Higashi *et al.* 1983). Cette étude a été réalisée en deux temps : dans la première partie de l'étude, les indices de la fonction respiratoire ont été mesurés chez 30 travailleurs de 3 usines de viscosité au Japon exposés à l'H₂S et comparés à une population témoin composée de 30 travailleurs des mêmes usines, non exposés à l'H₂S. Des mesures individuelles d'H₂S sur 6,5 h (horaire effectif de travail) ont été réalisées pendant une journée de travail. Chez les travailleurs exposés, la concentration moyenne en H₂S est de 4 mg.m⁻³ (vs < 0,1 mg.m⁻³ chez les travailleurs non exposés). Des mesures à poste fixe dans les 3 usines ont également été réalisées, la concentration moyenne en H₂S mesurée est de 1,5 mg.m⁻³ (1,06 ppm). Les auteurs n'ont pas noté de modification significative des indicateurs de la fonction respiratoire entre la population exposée et non exposée. La deuxième partie de l'étude est une analyse transversale réalisée chez les travailleurs de 18 usines de viscosité au Japon (incluant les participants de la première partie de l'étude) en vue d'étudier à plus grande échelle la survenue de symptômes respiratoires et les indices de la fonction respiratoire en lien avec une exposition à l'H₂S. Trois cent vingt quatre travailleurs (115 exposés à l'H₂S et 209 témoins) ont été inclus dans l'étude pour l'évaluation des indices de la fonction respiratoire et 5347

travailleurs (2 379 exposés à l'H₂S et 2 968 témoins) ont été inclus pour l'étude de la survenue de symptômes respiratoires. Aucune mesure d'H₂S n'a été effectuée pour cette deuxième étape. Les résultats n'ont montrés aucune association significative entre l'exposition à l'H₂S et l'apparition de symptômes respiratoires ou une altération des indices de la fonction respiratoire.

Des symptômes neurologiques, tels que la fatigue, l'irritabilité, des vertiges ou une altération de la mémoire ont été observés dans une population de travailleurs de l'industrie du pétrole exposés de façon chronique à l'H₂S (Beauchamps *et al.* 1984). Cependant, l'étude ne permet pas de savoir si ces effets sont liés à une exposition chronique à de faibles doses d'H₂S ou à une exposition répétée à des pics d'exposition.

Jappinen *et al.* (1990) ont étudié les effets d'une exposition à l'H₂S sur la fonction respiratoire chez 26 travailleurs d'une usine papetière de 1987 à 1989 et 10 volontaires asthmatiques exposés à 2 ppm (2,80 mg.m⁻³) d'H₂S pendant 30 minutes en chambre d'exposition. Chez les 26 travailleurs, la fonction respiratoire a été évaluée en mesurant le FVC et la réactivité bronchique en période de vacances et à la fin d'une journée de travail, quand une odeur d'H₂S a été signalée par les participants de l'étude. Les auteurs de l'étude soulignent qu'aucune concentration en H₂S supérieure à la VLEP (10 ppm, 14 mg.m⁻³) n'a été détectée au cours de l'étude. Chez les sujets asthmatiques, la résistance et la conductance des voies aériennes ont été mesurées par pléthysmographe et les capacités ventilatoires par spirométrie, avant et après l'exposition à l'H₂S. Aucune modification significative des fonctions respiratoires n'a été mise en évidence chez les travailleurs exposés à l'H₂S. Chez les 10 sujets asthmatiques, la résistance des voies aériennes était augmentée et la conductance diminuée après l'exposition à l'H₂S, mais de façon non significative.

Jappinen et Tola (1990) ont conduit une étude de mortalité chez les travailleurs de l'industrie papetière exposés à l'H₂S et à d'autres sulfures. Aucune donnée d'exposition n'est disponible dans l'étude. Les auteurs n'ont pas observé d'augmentation de la mortalité toutes causes confondues. Une augmentation des décès par pathologies cardio-vasculaires est observée, particulièrement chez les employés de plus de 5 ans d'ancienneté.

Bhambhani et Singh (1991) ont montré qu'une exposition de l'ordre de 7mg.m⁻³ (5ppm) à l'H₂S chez 16 travailleurs en condition d'exercice modéré provoquait une diminution du taux d'oxygène dans le sang.

L'étude de Vanhoorne *et al.* 1995 a évalué le lien entre l'exposition à l'H₂S et au CS₂ chez les travailleurs d'une usine de viscosité et la survenue de symptômes oculaires. Des mesures d'exposition individuelle à l'H₂S ont été réalisées. Les niveaux mesurés varient de 0,2 à 8,9 mg.m⁻³ (0,1 à 6,4 ppm). Les résultats des mesures révèlent également que les travailleurs les plus exposés à l'H₂S sont également les plus exposés au CS₂ et qu'aucun travailleur n'est exposé exclusivement à l'H₂S. Plusieurs symptômes oculaires sont rapportés chez les travailleurs exposés (douleur, tension, irritation, photophobie...). La fréquence de ces symptômes augmente chez les travailleurs exposés conjointement à l'H₂S et au CS₂, par rapport aux travailleurs exposés uniquement au CS₂. Les auteurs concluent que l'H₂S joue certainement un rôle dans l'apparition des symptômes oculaires, bien qu'il soit difficile de les attribuer à l'exposition à un gaz en particulier. Le CS₂ pourrait potentialiser les effets de l'H₂S.

Les effets pulmonaires d'une exposition à l'H₂S ont également été étudiés dans une population d'égoutiers (N = 68) et de travailleurs d'usine de traitement d'eau potable (N = 60) (Richardson *et al.* 1995). Aucune mesure d'H₂S n'a été réalisée dans le cadre de cette étude. Trois classes d'exposition des égoutiers ont été définies en fonction de leur poste (exposition attendue faible, modérée ou élevée). Les indices de la fonction pulmonaire (VEMS et CVF) ont été évalués par spirométrie. Une diminution significative du VEMS/CVF est rapportée chez les égoutiers les plus exposés par rapport à la population témoin, après ajustement sur l'âge, la taille, l'origine ethnique et la consommation de tabac (89 % de la valeur attendue pour les égoutiers contre 98 % chez les travailleurs de STEU). La prise en compte de la consommation de tabac atténue ce résultat. Une relation dose-réponse entre le niveau d'exposition à l'H₂S et les résultats des tests de spirométrie est observée par les auteurs. Enfin, un excès statistiquement significatif de pathologies

pulmonaires obstructives a été observé chez les égoutiers non fumeurs fortement exposés par rapport aux témoins non fumeurs (OR = 21 ; IC_{95%} : 2,4 – 237,8).

Hessel *et al.* 1997 ont évalué les effets d'une exposition à l'H₂S sur la fonction respiratoire de travailleurs de l'industrie pétrochimique au Canada. L'exposition a été estimée par questionnaire. Trois groupes d'exposition ont été définis : non exposés, exposition suffisante pour provoquer des symptômes, exposition suffisante pour provoquer une perte de conscience. Les informations relatives à la consommation de tabac et à la carrière professionnelle ont également été décrites. L'évaluation de la fonction respiratoire a été réalisée par test de spirométrie. Les résultats de l'étude montrent que les indicateurs de la fonction respiratoire ne varient pas entre les trois groupes (FEV1, FVC, FEV1/FVC). Une augmentation significative de symptômes respiratoires (essoufflement, oppression thoracique, respiration sifflante) est cependant observée dans la population la plus exposée.

Xu *et al.* (1998) ont réalisé une étude épidémiologique retrospective dans l'objectif d'étudier l'association entre l'exposition de femmes enceintes aux composés pétrochimiques dans le cadre de leur activité professionnelle et la survenue d'avortements spontanés. Au total, 2 853 femmes employées ou ayant été employées dans un des 17 sites d'une usine pétrochimique, âgées de 20 à 44 ans, n'ayant jamais fumé et ayant été au moins une fois enceinte ont participé à l'étude. La durée de l'étude s'étend de 1973 à 1993. Un questionnaire permettant d'évaluer les antécédents génésiques (antécédents gynécologiques et obstétricaux), la carrière professionnelle, la consommation de tabac et d'alcool et différentes variables démographiques a été administré aux participantes. Ce questionnaire a également permis de retracer les expositions passées sur les lieux de travail. Il ressort de ce questionnaire que 57 % de participantes ont été exposées à des composés pétrochimiques au cours du 1^{er} trimestre de leur grossesse. En fonction des postes occupés, les auteurs de l'étude estiment que les 7 composés/familles de composés contribuant fortement à l'exposition sont, par ordre décroissant, le benzène, le gazoil, les acides, le manganèse, les poussières de chaux, l'H₂S et l'ammoniac. Les résultats de cette étude ont montré une association positive entre l'exposition aux composés pétrochimique et nombre d'avortements spontanés, après ajustements sur les facteurs de confusion âge, poste occupé, position de travail, tabagisme passif, alimentation, niveaux d'éducation) (OR = 2,7 ; IC_{95%} : 1,8-3,9). Sur la population d'étude, 106 femmes étaient exposées à l'H₂S. Le nombre d'avortements spontanés est également augmenté de façon significative chez ces femmes (OR = 2,3 ; IC_{95%} : 1,2 – 4,4). Les auteurs soulignent que la principale limite de cette étude réside dans l'absence de données de mesures.

Hirsch et Zavala (1999) ont étudié la persistance de symptômes chez deux groupes de travailleurs exposés accidentellement à l'H₂S. Le premier groupe (N=4) a été exposé à de fortes concentrations d'H₂S pendant plusieurs minutes (exposition de l'ordre de 2873 ppm soit 4022 mg.m⁻³, suffisante pour provoquer une perte de conscience) et le deuxième groupe (N=4) a été exposé de façon chronique à l'H₂S (exposition sur plusieurs mois à des concentrations atteignant 243 ppm soit 340 mg.m⁻³) et ont développés des symptômes tels qu'une irritation oculaire, un larmolement, des nausées, vomissements, céphalées, irritations cutanées et de la gorge. Deux à 3 ans plus tard, 6 des 8 travailleurs exposés ont montré un déficit dans la détection et l'identification des odeurs, les travailleurs ayant été exposés à de fortes concentrations d'H₂S étant les plus atteints.

Farahat et Kishk (2010) ont réalisé une étude transversale auprès de 33 égoutiers et de 30 témoins (employés administratifs non exposés à l'H₂S) dans l'objectif d'évaluer le lien entre l'exposition à l'H₂S et les troubles des fonctions cognitives. L'exposition à l'H₂S a été évaluée en mesurant les thiosulfates urinaires. Chaque participant a subi un examen médical et neurologique au cours duquel des tests neurophysiologiques (temps de réaction, mesure de l'onde cérébrale P300) et neuropsychologiques (échelle de Weschler visant à évaluer la mémoire, Minimal Mental State examination (MMSE)) ont été réalisés. Enfin, chaque participant a été interrogé sur son historique professionnel et sur ses antécédents de symptômes ou de pathologies neurologiques. Les résultats de l'étude montrent un excès statistiquement significatif de symptômes neurologiques

(céphalées, troubles de la mémoire, perte de concentration) chez les égoutiers comparé à la population témoin ($p < 0,05$). Cette étude a également mis en évidence un allongement significatif du temps de réaction et de la latence de l'onde P300 chez les égoutiers par rapport aux témoins ($p < 0,001$). En outre, les scores des tests neuropsychologiques sont significativement plus faibles pour les égoutiers ($p < 0,001$) après ajustement sur le niveau d'éducation et l'âge. Enfin, les mesures des thiosulfates sont significativement plus élevées chez les égoutiers ($p < 0,001$). Cependant, aucun lien entre ce résultat et la durée d'exposition ou les résultats des tests neurophysiologiques et neuropsychologiques n'a été mis en évidence.

L'objectif de l'étude de Vidal *et al.* (2012) était d'étudier les effets respiratoires d'une exposition chronique et sub-aiguë à l' H_2S chez les travailleurs de STEU. La population d'étude était constituée de 10 employés de STEU (7 électromécaniciens et 3 pilotes de sècheurs thermiques) chez qui ont été rapportés des symptômes respiratoires ou des altérations de spirométrie lors des visites à la médecine du travail. L' H_2S a été mesuré par le médecin du travail avec un détecteur portatif. Les résultats des mesures montrent un bruit de fond d'exposition à l' H_2S avec des pics d'exposition pouvant dépasser les 1000 ppm (1400 $mg.m^{-3}$). Au vue des examens médicaux, les auteurs concluent que l'exposition des salariés à l' H_2S est responsable de l'apparition de symptômes respiratoires et d'hyperréactivité bronchique compatibles avec un asthme. Sur les 10 salariés, les auteurs ont rapporté 9 cas d'asthme, dont 7 cas d'asthme professionnel (2 salariés ne satisfaisaient pas le critère de rythmicité), sur la base des symptômes déclarés, des résultats d'EFR (syndrome obstructif réversible) et des résultats positifs aux tests d'hyperréactivité bronchique à la métacholine. Parmi ces salariés, 6 ont été reconnus en maladie professionnelle pour asthme (tableau n°66 du régime général de la sécurité sociale). Un salarié n'a pas souhaité faire cette déclaration.

6.1.1.2 Etude en population générale

Différents symptômes tels que l'ataxie, la dystonie, une incapacité à tenir debout et une choréoathétose ont été observés chez un enfant de 20 mois, exposé pendant presque une année à des concentrations d' H_2S supérieures à 0,8 $mg.m^{-3}$ (0,6 ppm) et à d'autres composés émis depuis une mine de charbon (Gaitonde *et al.* 1987). L'état de santé de l'enfant s'est amélioré de façon spontanée peu de temps après sa sortie de l'hôpital. La relation entre l'apparition de ces symptômes et l'exposition à l' H_2S n'est pas clairement établie.

Jaakola *et al.* (1990) ont rapporté une augmentation significative de symptômes respiratoires chez une population résidant à proximité d'une industrie papetière. La population d'étude a été divisée en trois groupes selon leur localisation par rapport à l'usine papetière (zone polluée, modérément polluée, non polluée). Les composés associés aux rejets de cette industrie sont les particules, le dioxyde de soufre et d'autres composés soufrés incluant majoritairement l' H_2S , le méthyl mercaptan et le sulfure de méthyl. L'exposition a été évaluée en modélisant la dispersion atmosphérique des rejets industriels et confirmée par les résultats de stations de mesures. Les niveaux moyens en H_2S mesurés en zone polluée et modérément polluée sont respectivement égaux à 4 et 2 $\mu g.m^{-3}$ (2,9 et 1,4 ppb), et les niveaux maximum égaux à 56 et 22 $\mu g.m^{-3}$ (40 et 16 ppb). Les mesures de particules et de dioxyde de soufre montrent les mêmes tendances entre les deux zones polluées. La prévalence de symptômes respiratoires a été évaluée par questionnaire. Une augmentation significative de symptômes nasaux et de toux est observée dans les deux zones polluées. D'autres symptômes, tels qu'une respiration sifflante, un essoufflement ou des céphalées sont également augmentés mais pas de façon significative. Les auteurs indiquent que la coexposition à plusieurs composés ne permet pas de conclure sur l'impact d'une exposition à l' H_2S sur la survenue de symptômes respiratoires.

Kilburn et Warshaw (1995) ont étudié l'occurrence de symptômes neuro-comportementaux chez d'anciens travailleurs d'une usine de production de pétrole brut et chez des personnes résidant à proximité de cette usine. Des mesures dans l'air d' H_2S à proximité des logements (mesures sur 1 semaine) et à proximité de l'usine (mesures sur 24 h) ont été réalisées. Des niveaux de l'ordre de 0,014 $mg.m^{-3}$ (0,01 ppm), avec des pics à 0,14 $mg.m^{-3}$ (0,1 ppm) ont été mesurés à proximité des logements. Ces niveaux atteignent 12,3 $mg.m^{-3}$ (8,8 ppm) à proximité de l'usine. D'autres composés, tels que le mercaptan, l'éthane, le propane, le diméthylsulfide et le vanadium ont

également été détectés. Les fonctions neuro-comportementales (humeur, temps de réaction, distinction des couleurs, mémoire immédiate...) chez les personnes exposées ont été évaluées par questionnaire, puis comparées à une population témoin appareillée sur l'âge et le niveau d'éducation. Les résultats de l'étude montrent un déficit de ces fonctions et une altération de l'humeur chez les personnes exposées. Au vu des co-expositions, du faible nombre de sujets inclus dans l'étude et du peu de données de mesure, les auteurs concluent qu'il est difficile d'attribuer à l'H₂S les déficits observés.

Marttila *et al.* (1996) ont étudié le lien entre l'exposition quotidienne à des composés soufrés (mesurés conjointement ; SRT : soufre réduit total) chez une population résidant à proximité d'une usine papetière et l'apparition de symptômes respiratoires et neurologiques. Les composés soufrés incluent majoritairement l'H₂S, le méthyl mercaptan et le sulfure de méthyl. Les mesures de SRT réalisées pendant l'étude montrent des concentrations journalières qui varient de 0 à 82 µg.m⁻³ et des concentrations mensuelles variant de 3 à 19 µg.m⁻³. La population d'étude a été divisée en trois classes selon le niveau de SRT mesuré sur la journée (faiblement exposé : SRT < 10 µg.m⁻³ ; modérément exposés : SRT = 10 – 30 µg.m⁻³ ; fortement exposés : SRT > 30 µg.m⁻³). Les résultats de l'étude montrent une augmentation significative des symptômes d'irritation nasale et pharyngée chez les populations modérément et fortement exposés (population modérément exposée : OR = 3,13 (IC_{95%} : 1,2 – 7,25) pour l'irritation nasale et OR = 2,0 (IC_{95%} : 0,92 – 4,14) pour l'irritation pharyngée ; population fortement exposée : OR = 8,5 (IC_{95%} : 3,19 – 18,64) pour l'irritation nasale et OR = 5,2 (IC_{95%} : 1,95 – 11,9) pour l'irritation pharyngée). Une augmentation non significative de céphalées et de migraines est également observée.

Partti-Pellinen *et al.* (1996) ont également regardé l'impact d'une exposition au SRT sur la prévalence de symptômes oculaires, respiratoires et neurologiques. Les niveaux annuels de SRT mesurés en zone polluée sont en moyenne de 2 à 3 µg.m⁻³, avec des niveaux journaliers variant de 0 à 6 µg.m⁻³ et un maximum mesuré à 152 µg.m⁻³ sur 1 heure. Les mesures de SRT en zone non polluée sont inférieures à la limite de détection. Pour le dioxyde de soufre, la même concentration annuelle est mesurée en zone polluée et non polluée. En zone polluée, des pics atteignant 152 µg.m⁻³ sur une heure ont été mesurés. Une augmentation significative de céphalées (OR = 1,7 ; IC_{95%} : 1,0 – 2,73) et de toux (OR = 1,64 ; IC_{95%} : 1,01 – 2,64) l'année précédant les mesures a été observée chez les personnes résidant en zone polluée. Les auteurs concluent qu'il est difficile de savoir si une exposition chronique aux faibles niveaux de SRT et de dioxyde de soufre peut être responsable de l'augmentation des symptômes observés. Pour le dioxyde de soufre, les concentrations annuelles mesurées sont identiques entre la zone polluée et non polluée. Les concentrations plus élevées mesurées sur 1 heure ou 1 journée pourraient expliquer les résultats. D'autre part, le niveau d'exposition aux particules n'a pas été évalué.

Pour conclure sur ces deux dernières études, l'ATSDR estime qu'il n'est pas possible d'attribuer à l'H₂S seul la survenue des symptômes observés. La coexposition à des particules et à d'autres composés soufrés complique l'interprétation des résultats. Néanmoins, l'ATSDR conclue qu'une exposition aux faibles niveaux d'H₂S, associée à l'exposition à d'autres composés soufrés, au dioxyde de soufre et aux particules, peut provoquer les symptômes respiratoires observés, bien que ces études ne permettent pas de déterminer si le bruit de fond d'exposition ou les pics observés sur la journée sont responsables des effets observés.

Une étude cas-témoin a mis en évidence une diminution des fonctions neuro-comportementales chez 16 individus qui ont été exposés à l'H₂S pendant plusieurs minutes, plusieurs heures ou plusieurs années (Kilburn, 1997). Le groupe témoin est composé de 353 personnes appariées sur le sexe, l'âge et l'éducation. Les fonctions neuro-comportementales ont été évaluées à l'aide d'un questionnaire, d'examen cliniques et de tests neurophysiologiques et neuropsychologiques. Chez les personnes exposées de façon chronique à de faibles doses d'H₂S, les tests les plus sensibles sont les tests d'équilibre, du rappel verbal, du temps de réaction et du champ visuel gauche.

Les résultats de cette étude et de l'étude de Kilburn et Warshaw (1995) ont été repris dans une troisième étude cas témoin dans laquelle deux groupes d'exposition supplémentaires ont été inclus (Kilburn, 1999). Le premier groupe était constitué de 24 individus exposés à des niveaux d'H₂S, émis depuis les vides sanitaires, variant de 0,14 à 1,1 mg.m⁻³ (0,1 à 1 ppm) (pics mesurés à

7mg.m⁻³ (5 ppm)). Ces mesures ont été effectuées sur 2 mois en 1996, 1 an avant la réalisation des tests neuro-comportementaux. Sur les 28 tests réalisés, 4 ont mis en évidence des troubles de l'équilibre, des retards de la mémoire verbale et des déficits dans la distinction des couleurs et la force de préhension. Compte tenu du faible nombre d'individus inclus dans l'étude, l'auteur ne conclue pas sur le lien entre l'exposition aux faibles doses d'H₂S et les déficits observés. Le deuxième groupe était constitué de 48 individus exposés accidentellement à l'H₂S lors de l'explosion d'une raffinerie. Les niveaux d'H₂S mesurés au niveau de la rue variaient de 1 à 20 ppm. Sur les 28 tests réalisés, 11 à 12 présentaient des anomalies. Ces résultats ne permettent pas de conclure sur les effets d'une exposition chronique à l'H₂S.

Bates *et al.* 1997 ont mis en évidence une augmentation de décès par pathologies pulmonaires (SMR = 1,18, p < 0, 001) dans une population située à Rotura (Nouvelle-Zélande) et utilisant l'énergie géothermique comme source de chauffage (domestique et industriel). Cette étude épidémiologique retrospective est décrite dans le chapitre 6.1 « Cancérogénicité – données chez l'Homme ». Les causes de décès analysées se limitent à celles potentiellement attribuables à l'H₂S, c'est-à-dire les effets sur le système cardio-vasculaire, respiratoire, neurologique et sur la descendance. L'H₂S n'a pas été mesuré au cours de cette étude et les auteurs se sont basés sur des niveaux mesurés dans les années 70 pour qualifier l'exposition actuelle des habitants de Rotura (max = 1 mg.m⁻³ (0,7 ppm) ; médiane = 20 µg.m⁻³ (28 ppb) ; P90 = 400 µg.m⁻³ (0,3 ppm)). Les auteurs estiment qu'aucune évidence convainquante ne permet de conclure sur la surmortalité observée dans la population de Rotura. En effet, toutes les causes de décès n'ont pas été évaluée, il n'y a pas de données actuelles d'exposition à l'H₂S et l'origine ethnique des populations résidant à Rotura (davantage de Mahoris que dans le reste de la population Néo-zélandaise) peut rendre l'interprétation des causes de décès difficiles.

Une deuxième étude épidémiologique retrospective a été réalisée sur la population de Rotura en exploitant les registres d'admissions hospitalières entre les années 1981 et 1990 (Bates *et al.* 1998). Une augmentation significative de pathologies du système nerveux et des organes sensitifs est observée chez les habitants de Rotura. Au niveau individuel, une augmentation de l'incidence de cataracte, de troubles de la conjonctive et de l'orbite est observée. L'ATSDR rappelle que les effets oculaires de l'H₂S apparaissent avant les autres symptômes systémiques. Une augmentation de l'incidence de pathologie du système nerveux central et périphérique est également observée. Au niveau individuel, une augmentation significative de l'incidence de paralysie cérébrale, de migraines et de mononévrites est observée. Cette étude a fait l'objet d'une mise à jour entre les années 1993 et 1996 (Bates *et al.* 2002). Les habitants de Rotura ont été classés en trois classes d'exposition sur la base des niveaux d'H₂S mesurés en 1978. Un lien entre l'exposition à l'H₂S et l'incidence de pathologies cardio-vasculaires et neurologiques est observé. Là encore, le manque de données d'exposition actuelle ne permet pas de conclure de façon formelle sur les effets de l'H₂S.

Legator *et al.* 2001 ont étudié la survenue de différents symptômes dans deux populations exposées à de faibles niveaux d'H₂S. La première population, située à Odessa (USA), est exposée à l'H₂S émis depuis une STEU voisine (1,6 km). Les niveaux moyens annuels d'H₂S modélisés s'échelonnent de 3 à 40 µg.m⁻³. La deuxième population, située à Puna (Hawai, USA) est exposée à l'H₂S émis depuis une usine géothermique (il est à noter qu'Hawai est une île volcanique, source naturelle d'H₂S). Les niveaux d'H₂S mesurés à Puna sont tous inférieurs aux limites de détection. Cependant, dans une autre étude réalisée en 1997 par l'ATSDR, des concentrations en H₂S de l'ordre de 422,4 µg.m⁻³ (301,7 ppb) ont été mesurées dans cette ville. La population de référence est constituée de trois communautés, pour lesquelles aucune source d'exposition au H₂S n'est connue. Un questionnaire, couvrant une large gamme de symptômes répartis en 12 catégories a été administré aux 5 populations. Le nombre de symptômes rapportés dans les populations exposées est significativement plus élevé que pour la population non exposée pour toutes les catégories de symptômes, sauf pour ceux en lien avec le système endocrinien. Les catégories de symptômes avec les OR les plus élevés sont respectivement : le système nerveux central (asthénie, agitation, dépression, troubles de la mémoire à court et long terme, de l'équilibre, du sommeil, anxiété, engourdissement, léthargie, céphalées, vertiges, tremblements, modification des sensations), le système respiratoire (hémoptysse, respiration sifflante, essoufflement, toux

chronique, bronchite, pneumonie, pathologie pulmonaire) et le sang (troubles de la coagulation, ecchymoses, anomalies de la NFS (Numération Formule Sanguine), dysfonctionnements de la rate, anémie). Il existe quelques différences dans les symptômes observés entre les deux populations exposées mais dans l'ensemble, les résultats restent très similaires. Les auteurs soulignent que l'H₂S est un sujet qui a déjà fait l'objet de controverses au sein des deux populations exposées, ce qui peut être un biais pour ce type d'étude basée sur du déclaratif. De plus, les co-expositions à d'autres polluants n'ont pas été prises en compte. Enfin, en ce qui concerne les facteurs de confusion, les auteurs indiquent :

- Avoir exclu les fumeurs dans l'étude des symptômes respiratoires ;
- Que l'âge moyen est plus élevé dans les populations non exposées ;
- Que les différences d'origine ethnique existent également au sein des deux populations exposées, chez lesquelles les mêmes types de symptômes sont observés.

Une étude réalisée par l'ATSDR a analysé le lien entre l'exposition à l'H₂S et au SRT et les admissions en services hospitaliers dans 2 hôpitaux du Nebraska (Campagna *et al.* 2004). Une association positive entre les admissions pour symptômes respiratoires (incluant l'asthme) des enfants de moins de 18 ans et les forts niveaux en H₂S mesurés les jours précédant l'admission est mise en évidence. Une association positive entre les admissions hospitalières pour asthme de l'adulte liée aux forts niveaux en H₂S mesurés est également mise en évidence. Pour les enfants, les admissions pour asthme sont associées positivement aux forts niveaux de SRT mesurés les jours précédant.

Inserra *et al.* 2004 ont observé les effets neurocomportementaux d'une exposition chronique à l'H₂S à des niveaux supérieurs ou égaux à 126 µg.m⁻³ (90 ppb). Des données de mesures plus anciennes montrent des mesures plus élevées (des niveaux supérieurs à 1400 µg.m⁻³ (1000 ppb) ont été mesurés 275 fois entre 1995 et 1999). L'exposition à l'H₂S ne semble pas affecter les performances aux tests neurocomportementaux.

Godbout *et al.* 2009 ont montré une association positive entre la perception d'odeur issue d'industrie porcine et la prévalence de symptômes tels que les céphalées, le rhume, la toux et des vomissements. Les concentrations en H₂S mesurés pour cette population exposée ne diffèrent pas de ceux mesurés pour une population non exposée (12,5 à 25,6 µg.m⁻³ vs 9,7 à 17,6 µg.m⁻³, soit 8,9 à 18,3 ppb vs 6,9 à 12,6 ppb). Par contre, l'intensité de l'odeur est deux fois plus importante pour la population exposée.

Kilburn *et al.* 2010 ont montré une augmentation de la fréquence de symptômes respiratoires, digestifs (indigestion) et neurocomportementaux (irritation, humeur, mémoire, équilibre, sommeil, symptômes du système limbic) chez les populations résidant à proximité de gisements gaziers/pétroliers.

Des symptômes respiratoires et une irritation oculaire est associée à l'exposition à l'H₂S chez une population résidant à proximité d'une industrie porcine dans une étude récente réalisée aux USA (Schinasi *et al.* 2011). Hean *et al.* 2011 ont montré une association entre l'odeur perçue par des résidents proches d'une décharge et le niveau d'H₂S dans l'air. L'odeur est quant à elle associée à l'apparition de symptômes respiratoires et d'irritation des muqueuses d'une part et à une altération des activités quotidiennes et à des états d'humeur négative d'autre part.

Enfin, une association positive entre l'H₂S présent dans l'air à proximité de sources géothermiques et la consommation de médicaments pour l'asthme a été mise en évidence en Islande (Carlsen *et al.* 2012).

6.1.2 Etude par ingestion

Aucune étude de toxicité chronique par ingestion chez l'Homme n'est disponible

6.1.3 Etude par contact cutané

Aucune étude de toxicité chronique par voie cutanée chez l'Homme n'est disponible.

7. Cancérogénicité

7.2. Données chez l'animal

Aucune étude de cancérogénicité n'est disponible chez l'animal.

7.1. Données chez l'Homme

L'étude de Schecter *et al.* (1989) réalisée au Canada entre 1970 et 1984 chez une population résidentielle vivant à proximité d'une raffinerie de gaz naturel ne montre pas d'augmentation de l'incidence de cancers par rapport à la population témoin.

Bates *et al.* (1998) ont réalisé une étude de cohorte retrospective chez les populations utilisant l'énergie géothermique comme chauffage (usage industriel ou domestique) en Nouvelle Zélande. Cette étude a été réalisée à partir des registres de décès par cancers. Aucun niveau d'H₂S n'est précisé dans le rapport mais les auteurs soulignent que l'H₂S et le mercure, liés à l'utilisation d'énergie géothermique peuvent avoir des impacts sur la santé. Une étude précédente réalisée par les mêmes auteurs a montré que les concentrations en H₂S dans ces environnements pouvaient atteindre 400 µg.m⁻³ dans 10% des cas (médiane à 20 µg.m⁻³).

Les résultats de cette étude de cohorte montre une augmentation significative de l'incidence de cancers nasals dans la population utilisant l'énergie géothermique, par rapport au reste de la population Néo-Zélandaise (SMR = 3,17 ; p = 0,01). Les auteurs soulignent que le cancer nasal est une pathologie rare (4 cas de cancers sont observés dans la population d'étude). Par ailleurs, une fois stratifiée sur l'origine ethnique et le sexe, une augmentation significative du risque de cancers de la trachée, des bronches et des poumons est observée parmi les femmes d'origine Maoris de Rotura, comparée au reste de la population féminine Maoris de Nouvelle Zélande (SMR = 1,48 ; p = 0,03). La consommation de tabac ne permet pas à elle seule d'expliquer ce résultat.

Les auteurs concluent que le manque de données d'exposition ne permet pas de démontrer un lien de causalité entre exposition à l'H₂S et l'incidence de cancers respiratoires. De plus, la coexposition au mercure est également un facteur de confusion.

8. Génotoxicité

Les résultats du test d'Ames sur souches de salmonella typhimurium TA 97, TA 98 et TA 100 avec ou sans activation métabolique par le S9 sont négatifs (US EPA, 1984). Les auteurs de l'étude note cependant que la concentration en H₂S testée est limitée par sa solubilité dans l'éthanol, solvant utilisé pour l'expérimentation.

Attene-Ramos *et al.* 2007 ont montré que l'H₂S cause des dommages de l'ADN nucléaire de cellules ovariennes d'Hamster Chinois à des concentrations de l'ordre de 1 µM/L. Les auteurs attribuent cette génotoxicité aux radicaux libres d'H₂S. Les mêmes auteurs ont étudié le potentiel génotoxique de l'H₂S sur les cellules intestinales humaines. Une augmentation de l'expression du gène COX-2 en présence d'H₂S est observée. Les auteurs observent également une atteinte de l'homéostasie cellulaire de la muqueuse du colon. L'exposition à l'H₂S provoque une réponse inflammatoire et une réparation de l'ADN.

Roberts *et al.* 2008 ont exposé des rats a 280 mg.m⁻³ (200 ppm) d'H₂S 3 heures par jour pendant 1 ou 5 jours. Vingt quatre heures après l'exposition, les auteurs observent une altération de l'expression des gènes associés à la prolifération cellulaire, au contrôle du cycle cellulaire, à l'organisation du cytosquelette et à la biogénèse dans les cellules épithéliales nasales. Cependant, aucune modification de l'expression du gène de la cytochrome oxydase n'est observée dans cette étude.

Enfin, plus récemment, Stuhlmeier *et al.* 2012 ont montré qu'une exposition à 7 mg.m⁻³ (5 ppm) d'H₂S pendant 8 h était responsable d'une activation des gènes proinflammatoires dans le tissu pulmonaire et hépatique des souris.

9. Bibliographie

- Anses (2011) Algues vertes. Risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Rapport d'expertise collective. 2011. 268 p.
- ATSDR (2006) Toxicological profile for Hydrogen Sulfide edited by Public Health Service Department of Health and Human Services. Atlanta, GA: U.S.: U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- ATSDR (2012) Addendum to the toxicological profile for hydrogen sulfide. 2012. 13 p.
- ATSDR (2014) Toxicological profile for Hydrogen Sulfide / Carbonyl Sulfide (Draft for Public Comment). edited by Public Health Service Department of Health and Human Services. Atlanta, GA: U.S.: U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- US-EPA. 1984. Validation of chemical and biological techniques for evaluation of vapors in ambient air/mutagenicity testing of twelve (12) vapor-phase compounds. Research Triangle Park, NC: U.S.: Environmental Protection Agency, Health Effects Research Laboratory.
- US EPA. 2003. Toxicological review of Hydrogen sulfide (CAS No. 7783-06-4). Washington, DC.
- Attene-Ramos, M. S., E. D. Wagner, H. R. Gaskins, and M. J. Plewa. 2007. "Hydrogen sulfide induces direct radical-associated DNA damage." *Molecular Cancer Research* 5 (5):455-459. doi: 10.1158/1541-7786.MCR-06-0439.
- Baldelli, R. J., F. H. Y. Green, and R. N. Auer. 1993. "Sulfide toxicity: Mechanical ventilation and hypotension determine survival rate and brain necrosis." *Journal of Applied Physiology* 75 (3):1348-1353.
- Bhambhani, Y, and M Singh. 1985. Effects of hydrogen sulphide on selected metabolic and cardio-respiratory variables during rest and exercise. Alberta Worker's Health and Safety and Compensation.
- Bates, M. N., N. Garrett, B. Graham, and D. Read. 1998. "Cancer incidence, morbidity and geothermal air pollution in Rotorua, New Zealand." *International Journal of Epidemiology* 27 (1):10-14. doi: 10.1093/ije/27.1.10.
- Bates, M. N., N. Garrett, and P. Shoemack. 2002. "Investigation of health effects of hydrogen sulfide from a geothermal source." *Archives of Environmental Health* 57 (5):405-411.
- Beauchamp, R. O., J. S. Bus, J. A. Popp, C. J. Boreiko, D. A. Andjelkovich, and P. Leber. 1984. "A critical review of the literature on hydrogen sulfide toxicity." *Critical Reviews in Toxicology* 13 (1):25-97. doi: 10.3109/10408448409029321.
- Brenneman, K. A., R. Arden James, E. A. Gross, and D. C. Dorman. 2000. "Olfactory neuron loss in adult male CD rats following subchronic inhalation exposure to hydrogen sulfide." *Toxicologic Pathology* 28 (2):326-333.
- Campagna, D., S. J. Kathman, R. Pierson, S. G. Inerra, B. L. Phifer, D. C. Middleton, G. M. Zarus, and M. C. White. 2004. "Ambient hydrogen sulfide, total reduced sulfur, and hospital visits for respiratory diseases in northeast Nebraska, 1998-2000." *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14 (2):180-187. doi: 10.1038/sj.jea.7500313.
- Carlsen, H. K., H. Zoëga, U. Valdimarsdóttir, T. Gíslason, and B. Hrafnkelsson. 2012. "Hydrogen sulfide and particle matter levels associated with increased dispensing of anti-asthma drugs in Iceland's capital." *Environmental Research* 113:33-39. doi: 10.1016/j.envres.2011.10.010.
- CIIT. 1983a. 90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in B6C3F1 mice. Research Triangle Park, NC: Chemical Industry Institute of Toxicology.
- CIIT. 1983b. 90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in Sprague-Dawley rats. Research Triangle Park, NC: Chemical Industry Institute of Toxicology.

- CIIT. 1983c. 90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in Sprague-Dawley rats. Research Triangle Park, NC: Chemical Industry Institute of Toxicology.
- Curtis, S. E., C. R. Anderson, J. Simon, A. H. Jensen, D. L. Day, and K. W. Kelley. 1975. "Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine-house dust on rate of gain and respiratory-tract structure in swine." *Journal of animal science* 41 (3):735-739.
- Deng, JF. 1992. Hydrogen sulfide. In *Hazardous materials toxicology, clinical principles of environmental health*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Dorman, D. C., K. A. Brennehan, M. F. Struve, K. L. Miller, R. A. James, M. W. Marshall, and P. M. D. Foster. 2000. "Fertility and developmental neurotoxicity effects of inhaled hydrogen sulfide in Sprague-Dawley rats." *Neurotoxicology and Teratology* 22 (1):71-84. doi: 10.1016/S0892-0362(99)00055-0.
- Farahat, S. A., and N. A. Kishk. 2010. "Cognitive functions changes among Egyptian sewage network workers." *Toxicology and Industrial Health* 26 (4):229-238. doi: 10.1177/0748233710364966.
- Gagnaire, F., P. Simon, P. Bonnet, and J. de Ceaurriz. 1986. "The influence of simultaneous exposure to carbon disulfide and hydrogen sulfide on the peripheral nerve toxicity and metabolism of carbon disulfide in rats." *Toxicology Letters* 34 (2-3):175-183. doi: 10.1016/0378-4274(86)90208-0.
- Gaitonde, U. B., R. J. Sellar, and A. E. O'Hare. 1987. "Long term exposure to hydrogen sulphide producing subacute encephalopathy in a child." *British Medical Journal* 294 (6572):614.
- Godbout, S., S. P. Lemay, C. Duchaine, F. Pelletier, J. P. Larouche, M. Belzile, and J. J. R. Feddes. 2009. "Swine production impact on residential ambient air quality." *Journal of Agromedicine* 14 (3):291-298. doi: 10.1080/10599240903041943.
- Hannah, R. S., L. J. Hayden, and S. H. Roth. 1989. "Hydrogen sulfide exposure alters the amino acid content in developing rat CNS." *Neuroscience Letters* 99 (3):323-327. doi: 10.1016/0304-3940(89)90467-9.
- Hannah, R. S., R. Bennington, and S. H. Roth. 1990. "A relationship between hydrogen sulfide exposure and taurine levels in maternal rats." *Proceedings of the Western Pharmacology Society* 33:177-179.
- Hannah, R. S., and S. H. Roth. 1991. "Chronic exposure to low concentrations of hydrogen sulfide produces abnormal growth in developing cerebellar Purkinje cells." *Neuroscience Letters* 122 (2):225-228. doi: 10.1016/0304-3940(91)90864-P.
- Hayden, L. J., H. Goeden, and S. H. Roth. 1990a. "Exposure to low levels of hydrogen sulfide elevates circulating glucose in maternal rats." *Journal of Toxicology and Environmental Health* 31 (1):45-52.
- Hayden, L. J., H. Goeden, and S. H. Roth. 1990b. "Growth and development in the rat during sub-chronic exposure to low levels of hydrogen sulfide." *Toxicology and Industrial Health* 6 (3-4):389-401.
- Heaney, C. D., S. Wing, R. L. Campbell, D. Caldwell, B. Hopkins, D. Richardson, and K. Yeatts. 2011. "Relation between malodor, ambient hydrogen sulfide, and health in a community bordering a landfill." *Environmental Research* 111 (6):847-852. doi: 10.1016/j.envres.2011.05.021.
- Hessel, P. A., F. A. Herbert, L. S. Melenka, K. Yoshida, and M. Nakaza. 1997. "Lung health in relation to hydrogen sulfide exposure in oil and gas workers in Alberta, Canada." *American Journal of Industrial Medicine* 31 (5):554-557. doi: 10.1002/(SICI)1097-0274(199705)31:5<554::AID-AJIM9>3.0.CO;2-T.
- Higashi, T., T. Toyama, H. Sakurai, M. Nakaza, K. Omae, T. Nakadate, and N. Yamaguchi. 1983. "Cross-sectional study of respiratory symptoms and pulmonary functions in rayon textile workers with special reference to H₂S exposure." *Industrial Health* 21 (4):281-292.

- Hirsch, A. R., and G. Zavala. 1999. "Long term effects on the olfactory system of exposure to hydrogen sulphide." *Occupational and Environmental Medicine* 56 (4):284-287.
- Inserra, S. G., B. L. Phifer, W. K. Anger, M. Lewin, R. Hilsdon, and M. C. White. 2004. "Neurobehavioral evaluation for a community with chronic exposure to hydrogen sulfide gas." *Environmental Research* 95 (1):53-61. doi: 10.1016/j.envres.2003.08.005.
- Jaakkola, J. J. K., V. Vilkkka, O. Marttila, P. Jappinen, and T. Haahtela. 1990. "The South Karelia air pollution study: The effects of malodorous sulfur compounds from pulp mills on respiratory and other symptoms." *American Review of Respiratory Disease* 142 (6):1344-1350.
- Jappinen, P., and S. Tola. 1990. "Cardiovascular mortality among pulp mill workers." *British Journal of Industrial Medicine* 47 (4):259-262.
- Jappinen, P., V. Vilkkka, O. Marttila, and T. Haahtela. 1990. "Exposure to hydrogen sulphide and respiratory function." *British Journal of Industrial Medicine* 47 (12):824-828.
- Kilburn, K. H., and R. H. Warshaw. 1995. "Hydrogen sulfide and reduced-sulfur gases adversely affect neurophysiological functions." *Toxicology and Industrial Health* 11 (2):185-197.
- Kilburn, K. H. 1997. "Exposure to reduced sulfur gases impairs neurobehavioral function." *Southern Medical Journal* 90 (10):997-1006. doi: 10.1097/00007611-199710000-00006.
- Kilburn, K. H. 1999. "Evaluating health effects from exposure to hydrogen sulfide: Central nervous system dysfunction." *Environmental Epidemiology and Toxicology* 1 (3-4):207-216.
- Kilburn, K. H., J. D. Thrasher, and M. R. Gray. 2010. "Low-level hydrogen sulfide and central nervous system dysfunction." *Toxicology and Industrial Health* 26 (7):387-405. doi: 10.1177/0748233710369126.
- Legator, M. S., C. R. Singleton, D. L. Morris, and D. L. Philips. 2001. "Health effects from chronic low-level exposure to hydrogen sulfide." *Archives of Environmental Health* 56 (2):123-131.
- Marttila, O., J. J. K. Jaakkola, K. Partti-Pellinen, V. Vilkkka, and T. Haahtela. 1996. "South Karelia air pollution study: Daily symptom intensity in relation to exposure levels of malodorous sulfur compounds from pulp mills." *Environmental Research* 71 (2):122-127. doi: 10.1006/enrs.1995.1073.
- Partti-Pellinen, K., O. Marttila, V. Vilkkka, J. J. K. Jaakkola, P. Jäppinen, and T. Haahtela. 1996. "The South Karelia Air Pollution Study: Effects of low-level exposure to malodorous sulfur compounds on symptoms." *Archives of Environmental Health* 51 (4):315-320.
- Partlo, L. A., R. S. Sainsbury, and S. H. Roth. 2001. "Effects of repeated hydrogen sulphide (H₂S) exposure on learning and memory in the adult rat." *NeuroToxicology* 22 (2):177-189. doi: 10.1016/S0161-813X(01)00016-X.
- Richardson, D. B. 1995. "Respiratory effects of chronic hydrogen sulfide exposure." *American journal of industrial medicine* 28:99-108.
- Roberts ES, Thomas RS, and Dorman DC 2008. Gene expression changes following acute hydrogen sulfide (H₂S)-induced nasal respiratory epithelial injury. *Toxicol Path* 36:560-567.
- Roth, S. H., and R. J. Reiffenstein. 1995. "Alteration of the morphology and neurochemistry of the developing mammalian nervous system by hydrogen sulphide." *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 22 (5):379-380.
- Saillenfait, A. M., P. Bonnet, and J. de Ceauriz. 1989. "Effects of inhalation exposure to carbon disulfide and its combination with hydrogen sulfide on embryonal and fetal development in rats." *Toxicology Letters* 48 (1):57-66. doi: 10.1016/0378-4274(89)90186-0.
- Schechter, M. T., W. O. Spitzer, M. E. Hutcheon, R. E. Dales, L. M. Eastridge, N. Steinmetz, P. Tousignant, and C. Hobbs. 1989. "Cancer downwind from sour gas refineries: The perception and the reality of an epidemic." *Environmental Health Perspectives* 79:283-290.

- Schinasi, L., R. A. Horton, V. T. Guidry, S. Wing, S. W. Marshall, and K. B. Morland. 2011. "Air pollution, lung function, and physical symptoms in communities near concentrated swine feeding operations." *Epidemiology* 22 (2):208-215. doi: 10.1097/EDE.0b013e3182093c8b.
- Skrajny, B., R. S. Hannah, and S. H. Roth. 1992. "Low concentrations of hydrogen sulphide alter monoamine levels in the developing rat central nervous system." *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 70 (11):1515-1518.
- Stuhlmeier KM, Broll J and Iliev B 2009. NF-KappaB independent activation of a series of proinflammatory genes by hydrogen sulfide. *Exp Biol Med* 234:1327-1338.
- Vanhoorne, M., A. de Rouck, and D. de Bacquer. 1995. "Epidemiological study of eye irritation by hydrogen sulphide and/or carbon disulphide exposure in viscose rayon workers." *Annals of Occupational Hygiene* 39 (3):307-315. doi: 10.1016/0003-4878(94)00128-N.
- Warenycia, M. W., K. A. Smith, C. S. Blashko, S. B. Kombian, and R. J. Reiffenstein. 1989. "Monoamine oxidase inhibition as a sequel of hydrogen sulfide intoxication: increases in brain catecholamine and 5-hydroxytryptamine levels." *Archives of Toxicology* 63 (2):131-136. doi: 10.1007/BF00316435.
- Warenycia, M. W., L. R. Goodwin, D. M. Francom, F. P. Dieken, S. B. Kombian, and R. J. Reiffenstein. 1990. "Dithiothreitol liberates non-acid labile sulfide from brain tissue of H₂S-poisoned animals." *Archives of Toxicology* 64 (8):650-655. doi: 10.1007/BF01974693.
- Wetterau, H, W Oekert, and UG Knappe. 1964. "Tests for the application of dried green fodder with higher hydrogen sulfide content (experiments with poultry and fattened pigs)." *Fütterung* 5:383-393.
- Xu, X., S. I. Cho, M. Sammel, L. You, S. Cui, Y. Huang, G. Ma, C. Padungtod, L. Pothier, T. Niu, D. Christiani, T. Smith, L. Ryan, and L. Wang. 1998. "Association of petrochemical exposure with spontaneous abortion." *Occupational and Environmental Medicine* 55 (1):31-36.

Annexe 17: Données générales sur les bactéries, virus, protistes et helminthes ayant infecté des travailleurs des eaux usées

Bactéries	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
<i>Helicobacter pylori</i>	<ul style="list-style-type: none"> Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées 		Inconnue chez l'homme	<ul style="list-style-type: none"> Colonisation de l'antré de l'estomac asymptomatique la plupart du temps Ulcère duodéal, gastrique ou adénocarcinome de l'estomac 	<ul style="list-style-type: none"> Ulcères gastriques Lymphome gastrique Adénocarcinome gastrique 	OMS : agent cancérigène de catégorie I (Brown <i>et al.</i> , 2000)	20 à 50% de la population adulte infectée (Jeanblanc, Pham-Orsetti <i>et al.</i> , 2010)
<i>Legionella pneumophila</i>	Inhalation de gouttelettes d'eaux usées	Fièvre de Pontiac Légionellose	Inconnue chez l'homme	<p><u>Fièvre de Pontiac</u> : syndrome d'allure grippale (fièvre, fatigue, myalgies, céphalées, mal de gorge avec ou sans toux)</p> <p><u>Légionellose</u> : forme grave de pneumonie, confusion, fièvre, diarrhées, frissons, tous sèche</p>		Aucune pour la fièvre de Pontiac 10 à 15% pour la légionellose (si immunodéprimé)	MADO en France : en 2013 : 1262 cas (taux d'incidence en France métropolitaine : 1,94/10 ⁵ habitants)
<i>Leptospira interrogans</i>	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées Morsure animale	Leptospirose	Inconnue chez l'homme	<ul style="list-style-type: none"> Tableau bénin (90% des patients symptomatiques) : deux épisodes fébriles d'allure pseudogrippale avec possibilité d'atteinte hépatique, rénale ou méningée lors de la seconde phase Atteinte viscérale sévère (5 à 10% des 	aucune	5 à 10% avec un risque qui augmente avec l'âge	Incidence: - 450 cas en 1996 (Institut Pasteur, 2007) - 230 cas en 2011 (Institut Pasteur, 2011) en métropole Incidence : 100 fois plus élevée dans les départements et régions d'outre mer

Bactéries	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
				patients infectés) : syndrome de Weil (ictère fébrile, syndrome hémorragique et insuffisance rénale)			
<i>Salmonella</i> groupes A et D	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées	Environ 1 000 bacilles	salmonellose	<ul style="list-style-type: none"> • Souvent asymptomatique • Gastroentérite : fièvre, frissons, diarrhées, douleurs abdominales, nausées, vomissements 	aucune	très rare	Inférieur à 1% dans les pays industrialisés <i>Salmonella</i> spp : France : 2006-2008 : 30% des malades parmi les foyers de TIAC (Anses, 2011)
<i>Tropheryma whippelii</i>	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées	Maladie de Whipple	Inconnue chez l'homme	<ul style="list-style-type: none"> • Plus fréquemment : Arthropathies, perte de poids, diarrhées aqueuses il peut y avoir présence de stéatorrhée, malabsorption et douleurs abdominales (mais rare) l'atteinte du système nerveux central est rare • Atteinte des valves cardiaques sans présence des autres manifestations digestives • asymptomatique 	Lorsque rechute : Rechutes IRIS (immune reconstitution inflammatory syndrome) : Près de 10% même si traitement adéquat	<ul style="list-style-type: none"> • Si présence de rechute après traitement : létalité possible, surtout si manifestations neurologiques. • Elevée si aucun traitement 	Estimation : 2 à 4% de la population française (asymptomatique) Rosa, Audrain, 2011)

Virus	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
Hépatite A	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées	Hépatite A	Entre 10 et 100 virions	Habituellement présents chez adultes infectés : Fièvre, douleurs généralisées, anorexies, nausées, malaises abdominaux, ictère Souvent sans symptômes chez les enfants	Aucune (sauf de rares cas où le VHA déclenche une hépatite auto-immune chez des individus génétiquement susceptibles)	<1%	MADO (depuis 2005) Incidence annuelle : entre 1,6 et 2,5 cas pour 100000 entre 2006 et 2010 (InVS, 2011) Recherche d'IgM anti-VHA dans le sérum pour VHA aigue. Diminution d'immunisation naturelle de la population
Hépatite B	<ul style="list-style-type: none"> Contact percutané avec du sang ou liquide biologique infectieux contact muqueuse avec sang ou liquide biologique infectieux 	Hépatite B	Inconnue chez l'homme	Asymptomatique chez près de 50% des personnes infectées. anorexie, fièvre, malaises généraux, ictère	5 % des personnes infectées après l'âge de 5 ans deviennent porteurs chroniques. De 15 à 25% des porteurs chroniques développeront une cirrhose, une hépatite chronique active ou un cancer primaire du foie.	0,1% à 0,5% des personnes atteintes d'hépatite B aiguë 1 200 décès en France/an liés à des complications (Eficatt, 2010)	MADO (depuis 2003) Incidence annuelle des hépatites B aiguës : 4,1 cas pour 100000 habitants entre 2004 et 2007 Prévalence (InVS, 2014) 0,65% de la population

Virus	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
							adulte en 2004 infecté est probablement infectée de façon chronique (Eficatt, 2010)
Hépatite C	<ul style="list-style-type: none"> Contact percutané avec du sang ou liquide biologique infectieux contact muqueuse avec sang ou liquide biologique infectieux 	Hépatite C	Inconnue chez l'homme	Hépatite C aigue asymptomatique le plus souvent sinon légers symptômes non spécifiques (fatigue, anorexie, malaises généraux et rarement ictère)	75% des cas d'infection aigue évoluent vers une chronicité. 5 à 20% des porteurs chroniques évolueront vers la cirrhose ou le cancer primaire du foie.	hépatite aigue fulminante Très rare	Prévalence (InVS, 2014) : 0,71% de la population adulte (20 à 59 ans) en 2004 est probablement infectée de façon chronique 1,05% en 1994
Hépatite E (génotypes 1 et 2)	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées	Hépatite E	Inconnue chez l'homme ; chez le primate : 100 particules virales (AFSSA, 2007)	Symptômes d'une hépatite virale aigue	Aucune chronicité rapportée chez des personnes en bonne santé (Dienstag, 2006) Infection chronique chez des personnes immunodéprimées : 60%	Hépatite fulminante : 0,5 à 3% des cas d'infection aigue, surtout chez les personnes avec une hépatopathie préalable	Incidence : >500 cas d'hépatite E aigue en France/année (Eficatt, 2013)
Hépatite E (génotypes 3 et 4)	Ingestion (consommation d'animaux)	Idem avec génotypes 1 et 2	Idem avec génotypes 1 et 2	Idem avec génotypes 1 et 2	Idem avec génotypes 1 et 2	Idem avec génotypes 1 et 2	Idem avec génotypes 1 et 2

Virus	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
	contaminés)						
Norovirus	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées	Gastroentérite virale	DI ₅₀ entre 18 et 1 000 particules (Anses, 2011)	Nausées, vomissements, diarrhée, crampes abdominales, myalgies et céphalées Peut être plus sévère chez personnes immunosupprimées	aucune	Très rare : si déshydratation et insuffisance rénale très sévères (anses, 2011)	Très répandu et commun dans le monde entier Agent infectieux le plus fréquemment responsable d'épidémies de gastroentérite dans la collectivité
Échovirus	Contact main bouche Ingestion de gouttelettes d'eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> • Méningite aseptique • Paralysie • Péricardite, myocardite • Diarrhée infantile • Maladie respiratoire aigue fébrile 	inconnue	<ul style="list-style-type: none"> • Souvent asymptomatique • manifestations cliniques varient de légères à létales, faiblesse musculaire et paralysie, exanthèmes et énanthèmes, péricardite, myocardite,; IVRS, conjonctivite et diarrhée infantile, maladie respiratoire aiguë fébrile 	Chronicité possible	rare	

Protistes	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
<i>Giardia Lamblia</i>	Contact main bouche Ingestion de kystes dans gouttelettes d'eaux usées	giardiase	10- 100 kystes	<ul style="list-style-type: none"> asymptomatique ou diarrhée aiguë de courte durée, diarrhée chronique intermittente, stéatorrhée, crampes abdominales, ballonnement abdominal, selles pâles et nauséabondes, fatigue et perte de poids 	Infection peut persister plusieurs mois peut entraîner un syndrome de malabsorption causant des déficits vitaminiques et une déficience en lactase	Aucune qui directement liée à la giardiase	Prévalence : estimée à 4,6% dans la population française (Afsset, 2010) Infecterait 2% des adultes et 6 à 8% des enfants (Anses, 2011)
<i>Entamoeba histolytica</i>	Contact main bouche Ingestion de kystes dans gouttelettes d'eaux usées	Amibiase	Inconnue, possible que soit ≥ 1 kyste	<p>90% des cas : aucun symptôme</p> <p>10% :</p> <ul style="list-style-type: none"> amoebose colique aiguë : fièvre, crampes abdominales sévères, diarrhée sanglante profuse avec ténésme amoebose viscérale : abcès amibiens hépatique 	<ul style="list-style-type: none"> amoebose colique chronique : Diarrhée intermittente, douleurs abdominale, perte de poids, abcès hépatique 	Suite à des abcès hépatiques : 0,2 à 2% chez les adultes ; suite à colite amibienne fulminante nécrosante (mortalité 40%)	France : aucune donnée dans population générale. Europe de l'Ouest : 11% porteurs chroniques Aux USA : 5% de la population est porteuse. 10% de la population mondiale (Santé Canada 2011)

Helminthes	Voies d'exposition pour les égoutiers	Maladie associée	Dose infectieuse	Symptômes	Chronicité infection	létalité	surveillance
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Contact main bouche Ingestion d'oeufs dans gouttelettes d'eaux usées	ascaridiase	Inconnue chez l'homme	<ul style="list-style-type: none"> • Asymptomatique si infection légère • Symptômes pulmonaires : toux, sifflement • Symptômes digestifs : crampes et douleurs abdominales 	<ul style="list-style-type: none"> • Pneumonie avec eosinophilie, • obstruction du tube digestif (intestins ou canaux biliaires ou pancréatiques) • Malnutrition possible 	Absente dans les pays industrialisés	

Annexe 18: Discussion sur la possibilité de souffrir de multiples hépatites E, sources de cancer hépatique.

Cette annexe conteste l'hypothèse amenée par le médecin de la Ville de Paris à l'effet que les égoutiers sont infectés par le VHE à plusieurs reprises au cours de leur carrière parce que les anticorps sanguins mesurés baissent au cours des années. Il conclut que des cancers primaires du foie chez les égoutiers surviennent suite à de multiples hépatites E.

1. Littérature sur le VHE –à propos de l'immunogénicité à long terme

1.1 Études de prévalence de l'infection

Plusieurs études de prévalence se basent sur les dosages sanguins des anticorps IgG anti VHE pour établir les taux d'infections antérieures au virus dans certaines populations. Les auteurs estiment donc qu'il s'agit d'un indicateur fiable indiquant une infection passée.

1.2 Persistance des anticorps contre le VHE

Plusieurs auteurs discutent de la persistance à long terme des anticorps, en contradiction avec un article cité lors des auditions. Ils avancent que les IgG persistent durant de longues périodes de temps dans le sérum, permettant alors d'affirmer que la protection apportée par ces anticorps est à long terme (plus de 14 ans (WHO 2001; Sultan Khuroo *et al.* 1993); durant plusieurs années (Agriculture Environnement 2008; Hoofnagle *et al.* 2012

Certains auteurs cependant, sont plus nuancés : la protection produite par les anticorps est inconnue et peut ne pas être durant toute la vie (Anderson 2010)

1.3 Persistance de la protection malgré une baisse du taux d'anticorps contre le VHE

En expérimentant un vaccin anti VHE, il a été démontré que le niveau d'anticorps anti VHE (IgG) dans le sang a augmenté après l'administration d'une deuxième dose de vaccin. Une troisième dose a provoqué une rapide et importante augmentation du taux d'anticorps (par un facteur de 10). Les auteurs prédisent que ces perturbations (remontée importante après la vaccination) sont une preuve évidente qu'il y a eu développement d'une mémoire immunitaire permettant de conserver une protection contre le virus, même après que le niveau d'anticorps ait baissé (Shrestha *et al.* 2007).

2. Principes généraux concernant la mémoire immunitaire:

2.1 Système immunitaire :

Le système immunitaire est composé de cellules, de tissus et d'organes travaillant ensemble pour défendre un individu contre, entre autres, les agents infectieux (virus, bactéries ou tout autre agent pathogène se trouvant notamment dans l'air, la nourriture ou l'eau).

En cas d'exposition à un antigène (dont un virus), après que l'immunité innée (rapide mais non spécifique) se soit déployée, l'immunité adaptative (plus lente, mais spécifique et dotée de mémoire)⁹⁰ se met en branle.

⁹⁰L'immunité adaptative du système immunitaire a comme caractéristiques importantes

- La spécificité, i.e. la capacité de reconnaître et d'éliminer certains agents pathogènes ou antigènes. Chaque antigène a une structure moléculaire unique qui entraîne la production de cellules ou d'anticorps spécifiques dirigés contre lui.

L'immunité adaptative est divisée en immunité humorale et cellulaire.

L'immunité **humorale** est assurée par la production d'anticorps par les lymphocytes B du système immunitaire. Cette immunité est principalement dirigée contre les agents pathogènes extracellulaires tels que les bactéries.

L'immunité **cellulaire** est surtout assurée par l'intermédiaire des cellules lymphoïdes ou lymphocytes T du système immunitaire. Cette immunité est principalement dirigée contre les agents pathogènes intracellulaires tels que les virus.

Mais cette division de l'immunité en 2 entités (cellulaire et humorale) est didactique parce qu'il est clairement prouvé que la plupart des antigènes stimulent les lymphocytes B et T, et que ces 2 réponses sont intimement liées.

Plus en détail (et probablement le reflet de ce qui se passe lors d'une primo infection par le VHE), à la suite d'une infection, certains lymphocytes sont activés :

- **Les cellules T auxiliaires** (CD4+), qui jouent un rôle très important dans la coordination de l'immunité humorale ou cellulaire et qui activeront les lymphocytes T cytotoxiques et les lymphocytes B.
- Les **lymphocytes T cytotoxiques** (CD8+), qui, activés, détruisent directement les cellules infectées (dont celles infectées par un virus), en s'attaquant à elles dans le sang ou les tissus
- Les **lymphocytes B** activés se différencient rapidement :
 - **en plasmocytes**, qui sont des cellules dont la tâche est de produire des anticorps protecteurs. Au bout d'un certain temps ces plasmocytes producteurs d'anticorps ne se diviseront plus et vont donc naturellement disparaître progressivement de l'organisme. Ainsi, le taux maximal d'anticorps induits après une infection reflète directement le nombre de plasmocytes que celle-ci a entraîné. Il en va de même pour la disparition des anticorps dans le sang, qui reflète la disparition des plasmocytes
 - **en cellules B mémoire.**

L'activation, la stimulation, la différenciation et la multiplication des cellules T cytotoxiques, des lymphocytes T auxiliaires et des lymphocytes B mènent aussi à la création de **cellules mémoires**, qu'auraient une survie particulièrement prolongée, indépendamment de l'exposition antigénique (**mémoire immunitaire**).

2.2 Mémoire immunitaire

Les cellules mémoire seront réactivées lorsqu'elles seront de nouveau mises en contact avec l'antigène (ex. : un virus) auquel elles sont spécifiques. Ainsi, en réponse à une exposition infectieuse, les cellules mémoire proliféreront très rapidement et se différencieront, en l'espace de 3 à 5 jours, en lymphocytes T auxiliaires et en lymphocytes T cytotoxiques, capables d'éliminer les antigènes ou les cellules infectées. Les lymphocytes B mémoires proliféreront aussi très rapidement et se différencieront, eux aussi, en l'espace de 3 à 5 jours, en plasmocytes producteurs de taux élevés d'anticorps. **Ce phénomène de prolifération et de différenciation rend les cellules capables d'éliminer les antigènes ou les cellules infectées.**

Suite à une infection, il y a donc production d'anticorps qui vont, tel que mentionné précédemment, persister durant un certain temps. Si aucune stimulation antigénique ne survient, i.e. qu'il n'y a plus

-
- la mémoire, qui fait référence à la capacité du système immunitaire de se souvenir des antigènes qu'il a rencontrés et d'y réagir promptement et efficacement lors d'expositions ultérieures.

d'exposition à l'agent pathogène, le taux d'anticorps diminuera et il est possible que ces anticorps ne soient plus détectables dans le sang à moyen ou long terme.

La mémoire immunitaire cependant demeure présente. Ceci signifie que si une nouvelle exposition à l'agent survenait, il y aura réponse spécifique, très rapide, à l'agent amenant une importante montée des anticorps sanguins et une protection efficace contre l'agent.

L'expérience acquise avec plusieurs maladies infectieuses, tant bactériennes que virales, laisse entrevoir la constance de l'immunité adaptative. En effet, des auteurs affirment :

« Dans la plupart des infections, une réponse anamnesticque rapide après l'exposition assure souvent une protection chez les individus dont les titres d'anticorps sont en baisse » (Robinson JL, 2014)

Il y a quelques exceptions à cette mémoire immunitaire.

- Infection à VPH, pour laquelle entre autres, parce que l'infection est superficielle (au niveau des muqueuses), il n'y a pas autant de développement de mémoire immunitaire
- Infection par des microorganismes, pour lesquelles des études ont montré que la séroprotection n'est pas optimale (surtout des bactéries encapsulées, telles que le *streptococcus pneumoniae*, *haemophilus influenzae*, *bordetella pertussis* et le *neisseria meningitidis* (études observationnelles ou études évaluant la cinétique de la persistance des anticorps, à l'aide d'antigènes non pathogènes)).

Cette mémoire immunitaire fait donc en sorte que, pour la majorité des bactéries et des virus, l'absence ou la diminution du taux d'anticorps sanguins ne signifie pas que la protection contre l'agent pathogène est disparue et que la personne est vulnérable à nouveau.

De par sa réponse en anticorps lors d'une stimulation répétée, il apparaît que pour le VHE, il y ait immunité humorale et cellulaire, avec production de cellules mémoires (Shrestha *et al.* 2007).

3. Conclusion :

Avant d'avancer qu'une baisse sérique du taux d'anticorps contre le VHE signifie une perte d'immunité, il est important de documenter cette perte d'immunité via des études fiables. L'étude seule de Myint *et al.* 2006 mise en avant lors des auditions est insuffisante pour conclure qu'avec une seule baisse des anticorps sanguins comme indicateur, il y a perte d'immunité et possibilité de réinfection fréquente.

Il est possible qu'une personne qui aurait développé des anticorps contre un génotype particulier du VHE, développe une infection à un autre génotype du VHE, les anticorps et la mémoire adaptative étant spécifiques à l'agent. Il est cependant peu probable qu'un égoutier de Paris ait été exposé aux 4 génotypes du VHE au cours de sa carrière et ait développé une infection aiguë à chaque occasion.

On ne peut donc conclure que les égoutiers sont infectés par le VHE à plusieurs reprises au cours de leur carrière, uniquement sur les données d'une étude démontrant une baisse en anticorps sanguins mesurés au cours des années. On ne peut donc ainsi conclure que des cancers primaires du foie chez les égoutiers surviennent suite à de multiples hépatites E.

Bibliographie :

Khuroo, M.S, Kamili S *et al.* Hepatitis E and long-term antibody status. *Lancet* 1993; 341: 1355 (cite dans l'étude de Myint)

Thillier JL (discussion avec). Pour en savoir plus sur l'hépatite E. *Agriculture et environnement*. 2008.

<http://www.agriculture-environnement.fr/dossiers,1/entretiens,5/pour-en-savoir-plus-sur-l-hepatite-e,459.htm>

Hoofnagle JH. Hepatitis E. *NEJM* 2012; 367(13): 1237-1244.<

Anderson DA. Hepatitis E virus. Mandell, Douglas and Bennett's. *Principles and practice of infectious diseases*. 7th ed. 2010.

Shrestha MP. Safety and efficacy of a recombinant hepatitis E vaccine. *NEJM* 2007; 356(9): 895-903

Tortora Grabowski. *Principes d'anatomie et de physiologie*. Adapt française : Andrée Imbach, André Ferron, 2000. Editions du renouveau pédagogique. Chapitre 22 : Système lymphatique, résistance non spécifique à la maladie et immunité. 2000 : 780-815

Robinson JL. La vaccination contre le méningocoque du séro groupe B : ce que le praticien doit savoir. *Paediatr Child Health* 2014;19(2) : 95-8.

Siegrist CA. *Immunologie des vaccinations*

MSSS. *Immunologie de la vaccination*. PIQ 2013 : 17-29

Notes



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

www.anses.fr / [@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)