

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 6 septembre 2017

AVIS COMPLEMENTAIRE¹ **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 **Résultats de la campagne de mesures de polluants biologiques dans l'air des égouts parisiens**

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 à 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 publiés sur son site internet.

L'Anses s'est autosaisie le 20 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 avril 2016, l'Anses a publié un avis et un rapport d'expertise collective relatif aux facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers. Ce rapport fait le point sur les effets sanitaires à long terme des conditions de travail en égouts ainsi que sur les tâches exercées et les expositions associées. Dans le cadre de cette expertise et au regard de la faible disponibilité des données, deux conventions de recherche et de développement (CRD) avaient été contractées ; l'une avec le Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP) afin d'acquérir des données d'exposition à différents agents chimiques, et l'autre avec la Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile de France (CRAMIF) visant quant à elle des agents biologiques potentiellement présents dans l'air des égouts. Ces deux campagnes ont concerné le réseau d'égouts de la Ville de Paris. Compte tenu des délais de réalisation de la campagne de mesures relative aux agents biologiques, l'avis et le rapport d'expertise publiés en avril 2016 n'avaient pu intégrer les données sur ces biocontaminants.

¹ Avis complémentaire à l'avis du 15 avril 2016 – Annule et remplace la version du 9 juin 2017. La nature des modifications est présentée en annexe 4.

L'objet de cet avis complémentaire est donc la présentation des résultats de la campagne de mesures d'agents biologiques dans l'air des égouts (CRD N° 2015-CRD-09) et leur interprétation.

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 du comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux milieux aériens ».

L'interprétation des résultats de la campagne de mesures de polluants biologiques dans l'air des égouts parisiens a été réalisée en interne par l'Anses, au sein de l'unité d'évaluation des risques liés à l'air et de l'unité d'évaluation des risques liés à l'eau de la Direction de l'Évaluation des Risques. Trois experts, membres des CES «Évaluation des risques liés aux milieux aériens » et « Eaux » de l'Anses, dont les compétences recouvrent la microbiologie analytique et l'évaluation et la prévention du risque microbiologique, ont été spécifiquement nommés experts rapporteurs pour participer à l'analyse de ces résultats et contribuer à en rédiger une synthèse.

Les travaux ont été présentés au CES «Évaluation des risques liés aux milieux aériens » tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques le 30 janvier 2017. Ils ont été adoptés par ce CES en réunion plénière le 9 mars 2017.

Les travaux d'expertise conduits s'appuient sur le rapport de la campagne de mesures de polluants biologiques dans l'air des égouts parisiens élaboré par la CRAMIF dans le cadre de la CRD n°2015-CRD-09 (CRAMIF, 2016).

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

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

3.1. Présentation de la campagne de mesures

Tout comme la campagne de mesures de polluants chimiques réalisée par le LCPP, la campagne de mesures menée par la CRAMIF est une campagne de mesures exploratoire, visant quelques paramètres microbiologiques dans l'atmosphère des égouts afin de documenter les expositions actuelles des égoutiers.

Les résultats de cette campagne de mesures permettront de plus de fournir des données utiles au gestionnaire sur les mesures de prévention et les moyens de protection éventuels à mettre en œuvre au vu des contaminants identifiés.

Il est à noter que cette étude ne s'inscrit ni dans le cadre de l'évaluation réglementaire de l'exposition professionnelle, ni dans celui du contrôle technique réglementaire du respect des Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle.

3.1.1.Méthodologie

3.1.1.1. Tâches investiguées

Les prélèvements ont été réalisés pendant des tâches ciblées, considérées comme représentatives des différentes activités exercées par le personnel intervenant dans le réseau d'assainissement.

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.

Au cours de la campagne de mesures, des ajustements ont été réalisés permettant d'une part de considérer séparément la tâche de curage au wagon-vanne de celle de curage au bateau-vanne, et d'autre part de scinder en 2 tâches bien spécifiques celle de curage haute pression, en considérant d'un côté le curage de réseau séparatif et de l'autre le curage de réseau unitaire.

Au final, les tâches investiguées ont été :

- La collecte d'information
- Le nettoyage des grilles au jet haute pression (station de relevage)
- Le curage au wagon-vanne
- Le curage au bateau-vanne
- Le nettoyage des engins, au jet à haute pression
- L'extraction de bassin de dessablement
- Le curage haute pression de petite ligne – Réseau séparatif
- Le curage haute pression de petite ligne – Réseau unitaire

Pour une tâche donnée, des Groupes d'Exposition Homogène ont été déterminés et chacun a fait l'objet d'au moins une mesure pour les polluants biologiques considérés. Chaque tâche a fait l'objet de 3 mesures.

Les prélèvements ont été prioritairement individuels, parfois complétés par des mesures d'ambiance. Un témoin hors pollution a été systématiquement réalisé, dans le même temps, à proximité des activités.

3.1.1.2. Polluants recherchés

Au vu des données de la littérature, il s'avère que l'apparition de maladies infectieuses diagnostiquées chez les égoutiers ou les travailleurs de station de traitement des eaux usées en lien avec une contamination par voie respiratoire n'est que très rarement rapportée (Anses 2016). Les effets sanitaires liés aux micro-organismes étant plutôt des symptômes non spécifiques (asthénie, symptômes digestifs), il n'a pas été jugé pertinent de rechercher spécifiquement des micro-organismes pathogènes dans l'air des égouts.

Seuls ont été recherchés les endotoxines et *Aspergillus flavus*.

En effet, au regard du lien entre une exposition chronique et un déclin des fonctions respiratoires ou à une exacerbation d'asthme il a été nécessaire d'avoir une idée plus précise des niveaux d'exposition aux endotoxines lors de certaines tâches (Anses, 2016).

D'autre part, au regard de l'incidence de cancer hépatique observée dans l'étude de l'INRS (INRS 2004, Wild et al. 2006) et du pouvoir cancérigène des aflatoxines (IARC 2012), activement sécrétées en réponse à des situations de stress par *Aspergillus flavus*, il était important de savoir si cette espèce toxigène était présente ou non. Il faut rappeler que l'aflatoxine B1 est classée cancérigène de catégorie 1 par le CIRC pour l'induction de cancers hépatiques.

Pour des raisons analytiques et selon les protocoles actuellement disponibles, la recherche d'*Aspergillus flavus* implique une étape intermédiaire de culture sur gélose permettant le dénombrement de flores bactériennes et fongiques. Les données de concentration en bactéries mésophiles cultivables et en moisissures dans l'air ont donc été intégrées à la présente étude.

3.1.1.3. Prélèvements

Les prélèvements ont été conduits sur la durée totale des tâches réalisées pour une meilleure représentativité de l'exposition.

Les prélèvements individuels sont réalisés au niveau des voies respiratoires. Les prélèvements ambiants sont effectués en statique à hauteur des voies respiratoires.

Les prélèvements d'air sont réalisés par filtration à l'aide de pompes régulées assurant un débit de deux litres par minute environ. Les cassettes porte-filtre d'un diamètre de 37 mm ont été utilisées en configuration fermée, avec un orifice d'entrée de 4 mm. Elles sont équipées :

- soit d'un filtre en fibre de verre exempt d'endotoxines (GF/A - Whatman) pour la recherche d'endotoxines,
- soit d'un filtre en polycarbonate stérile (Nucléopore 37mm – 0,8 µm) pour les prélèvements de flores microbiennes aéroportées.

Les supports de prélèvement sont changés aussi souvent que nécessaire, de manière consécutive, afin de couvrir une période de temps suffisamment importante pour obtenir une bonne représentativité de l'exposition. Une valeur moyenne d'exposition est ensuite calculée à partir des différents résultats obtenus à chaque phase de prélèvement. D'une manière générale, pour l'ensemble des mesures effectuées dans le cadre de cette étude, un seul support a été utilisé par polluant.

Les échantillons collectés ont été transportés et stockés à une température d'environ 4°C jusqu'à l'analyse qui a été réalisée dans un délai de 24h maximum après prélèvement.

Au cours des prélèvements, en complément des données relatives au prélèvement (temps de prélèvement, identification du matériel et des supports, etc.), un relevé d'activité a été établi pour chaque mesure, comprenant une description des éléments suivants :

- Tâche effectuée
- Localisation
- Outils utilisés
- Caractéristiques du réseau
- Éléments de température et de météorologie
- Environnement du lieu d'intervention (enquête secteur)
- Descriptif des opérations réalisées
- EPI mis à disposition et/ou portés
- Incidents (relatifs aux mesures ou à l'activité)

3.1.1.4. Techniques analytiques utilisées

Les analyses ont été réalisées au Laboratoire des Biocontaminants (LBC) de la CRAMIF, selon des protocoles décrits par l'INRS.

■ **Endotoxines**

Les endotoxines sont extraites des filtres de fibre de verre par agitation dans de l'eau purifiée stérile et apyrogène. Le dosage des endotoxines est réalisé par la méthode au LAL - Lysat d'*Amoebocytes de Limule* (LONZA), basée sur l'analyse chromogénique de type cinétique à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 405 nm (INRS 2016a). Les résultats sont exprimés en unité d'endotoxines par mètre cube (UE.m⁻³).

Une unité d'endotoxine est une unité normalisée par rapport au matériau de référence défini (NF EN 13098 :2000). Par convention, 1 UE/m⁻³ correspond à 0,1 ng.m⁻³ de l'étalon d'endotoxine de référence international (RSE) provenant d'*Escherichia coli*.

■ **Bactéries et moisissures aéroportées**

Les cassettes subissent une étape d'extraction à l'aide de 10mL d'une solution stérile d'eau peptonée - 0,1%, Tween 80 - 0,01%. Elles sont agitées pendant 20 minutes à 2000 tr.min⁻¹. Les extraits sont ensuite repris et dilués successivement au 1/10^{ème} en solution stérile de tryptone-sel, puis étalés sur milieu gélosé spécifique : 100 µl par dilution et par boîte de Pétri, en milieu TSA (Trypticase Soja Agar) complété en actidione (0,008%) pour les flores bactériennes, et en milieu MEA (Malt Extract Agar) pour les flores fongiques. Les cultures sont incubées à 25°C +/- 2°C pendant 72 heures pour la recherche des flores mésophiles – (INRS 2016b).

Les résultats sont exprimés en unité formant colonie par mètre cube (UFC.m⁻³).

Une UFC correspond à une colonie.

■ **Aspergillus flavus**

Une recherche spécifique d'*Aspergillus flavus* a été menée, basée sur une identification par observation macro et microscopique des moisissures. En cas de suspicion, l'identification est confirmée par analyse moléculaire pratiquée en laboratoire extérieur spécialisé (séquençage comparatif multilocus).

3.1.1.5. Critères d'interprétation des résultats

En l'absence de valeur limite d'exposition réglementaire aux bioaérosols en Europe, aux USA ou au Canada, le laboratoire des Biocontaminants de la CRAMIF se base sur des valeurs et critères proposés au niveau scientifique pour l'interprétation des résultats de mesures et juger de l'importance de l'exposition aux bioaérosols en atmosphère de travail.

■ **Endotoxines**

Bien que l'existence d'effets sur la santé ait été documentée dans de nombreux travaux scientifiques internationaux, seule la Hollande a mis en vigueur une valeur limite réglementaire d'exposition professionnelle pour les endotoxines de 90 UE.m⁻³ pour 8 heures d'exposition (SER 2010). En France, deux valeurs guides sont utilisées par le réseau Assurance maladie – Risques professionnels pour l'interprétation des résultats de mesure d'endotoxines : 200 et 1000 UE.m⁻³ (INRS 2015). Ces deux valeurs sont issues d'une analyse des résultats de 1044 mesures d'endotoxines réalisées par ce réseau entre 2007 et 2013 dans de nombreux secteurs d'activité et

regroupées au sein d'une base de données, ayant permis d'établir un classement des situations de travail en trois groupes : les 80 % de situation de travail les moins exposantes, les 10 % de situations de travail les plus exposantes et les 10 % de situations de travail intermédiaires (INRS 2015).

Le tableau 1 est actuellement utilisé comme aide à l'interprétation des résultats des prélèvements réalisés sur le terrain, ainsi que pour le choix du type d'action à envisager (INRS 2015, CRAMIF 2016). Les valeurs guides de 200 et 1000 UE.m⁻³ pourront être reconsidérées en fonction des avancées des études toxicologiques et des résultats de mesure d'endotoxines alimentant la base de données.

Ces valeurs ne correspondent pas à des valeurs plafonds mais à des concentrations acceptables pour 8 heures de travail, selon l'état des connaissances actuelles. Des niveaux d'exposition moindres ne garantissent pas une absence d'effets sur la santé.

La comparaison avec un témoin hors pollution servant de référence permet également de déterminer l'existence d'une exposition potentielle dans les activités étudiées.

Tableau 1 : Tableau indicatif d'aide à l'interprétation et à la décision en fonction des niveaux d'exposition aux endotoxines dans l'air (CRAMIF 2016)

| ENDOTOXINES | | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------|---|
| NIVEAUX D'EXPOSITION | | SITUATION D'EXPOSITION | Actions à engager |
| FAIBLES | < 200 UE/m ³ | ACCEPTABLE | Pas de mesures spécifiques en l'absence de problème particulier. Etablir un suivi des niveaux d'exposition, en particulier en cas d'évolution des conditions de travail. |
| MOYENS | 200 – 1000 UE/m ³ | NON SATISFAISANTE | A améliorer. Agir rapidement sur les expositions les plus exposantes. Choisir des mesures de prévention adaptées, programmer leur mise en œuvre et fixer le délai de réalisation. Valider l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre et mettre en place un suivi. |
| ELEVES | > 1000 UE/m ³ | INACCEPTABLE | Mise en place immédiate de mesures correctives. Evaluation de ces mesures par de nouveaux mesurages, jusqu'à obtention de résultats acceptables pour la prévention. |

■ **Flores bactériennes et moisissures aéroportées**

En l'absence de valeur limite d'exposition aux flores microbiennes aéroportées, la CRAMIF a établi une grille d'aide à l'interprétation des résultats des prélèvements réalisés sur le terrain, et d'aide au choix du type d'action à envisager (cf. Tableau 2).

Cette grille a été élaborée à partir de seuils proposés comme critères d'action par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) pour les bactéries totales après compilation de données publiées dans la littérature (Goyer et al. 2001) : notamment un seuil de 10⁴ UFC.m⁻³ sur 8 heures pour le milieu agricole ou industriel. Ces valeurs ne correspondent pas à des valeurs plafonds mais à des concentrations acceptables pour 8 heures de travail, selon l'état des connaissances actuelles et ne concernent que des situations d'exposition hors risque

infectieux. Des niveaux d'exposition moindres ne garantissent pas une absence d'effet sur la santé.

Comme pour les endotoxines, une comparaison à un témoin situé hors pollution peut être réalisée pour caractériser l'exposition.

Tableau 2 : Tableau indicatif d'aide à l'interprétation et à la décision en fonction des niveaux d'exposition aux bactéries et moisissures dans l'air (CRAMIF 2016)

| BACTERIES ou MOISSURES – en milieu industriel | | | |
|---|---|------------------------|--|
| NIVEAUX D'EXPOSITION | | SITUATION D'EXPOSITION | Actions à engager |
| FAIBLES | < 10 000 UFC/m ³ | ACCEPTABLE | Pas de mesures spécifiques en l'absence de problème particulier. Etablir un suivi des niveaux d'exposition, en particulier en cas d'évolution des conditions de travail. |
| MOYENS | de 10 000 à 100 000 UFC/m ³ | NON SATISFAISANTE | A surveiller pour éviter toute dérive. Prévoir un suivi dans le temps des niveaux d'exposition en particulier en cas d'évolution des conditions de travail. Etude des situations de travail et mise en place de mesures spécifiques pour les postes les plus exposants. |
| IMPORTANTES | de 100 000 à 1 000 000 UFC/m ³ | PREOCCUPANTE | A améliorer. Agir rapidement sur les expositions les plus exposantes. Choisir des mesures de prévention adaptées, programmer leur mise en œuvre et fixer le délai de réalisation. Valider l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre et mettre en place un suivi. |
| ELEVES | > 1 000 000 UFC/m ³ | INACCEPTABLE | A traiter immédiatement. Mise en place immédiate de mesures correctives. Evaluation de ces mesures par de nouveaux mesurages, jusqu'à obtention de résultats acceptables pour la prévention. |

3.1.2. Déroulement de la campagne de mesures

La campagne de mesures s'est déroulée entre le 19/03/2015 et le 28/06/2016.

Les mesures ont été faites lors de l'intervention de salariés de la ville de Paris ou de prestataires privés en fonction des tâches investiguées.

Le Tableau 3 précise les dates, lieux d'intervention et intervenants.

De manière générale, pour chaque tâche et chaque polluant investigué, différentes mesures ont été réalisées :

- une mesure sur deux opérateurs intervenants : ces opérateurs réalisent la tâche considérée,
- une mesure sur un opérateur surveillant : l'opérateur reste en surface et peut être en charge de certaines commandes (camion hydrocureur par exemple),
- une mesure en extérieur hors pollution spécifique des égouts servant de témoin.

Concernant la tâche « nettoyage haute pression des dégrilleurs », des mesures d'ambiance ont été réalisées dans la zone d'intervention car aucun surveillant n'est affecté à ce poste.

Concernant la tâche « nettoyage au jet haute pression de wagon-vanne », les mesures ont seulement été réalisées sur opérateur intervenant et en extérieur hors pollution, aucun surveillant n'étant affecté à ce poste.

Tableau 3 : Dates et lieux des mesures réalisées

| Activité | Entités ² | Lieu | Date | Intervenant |
|---------------------------------------|----------------------|---|----------|----------------|
| Collecte | C° Est | Rue des Rasselins (20ème) | 11/09/15 | Ville de Paris |
| | C° Ouest | Boulevard Haussmann (9ème) | 16/04/15 | Ville de Paris |
| | C° Sud | Tournée Bausset – Rue Blomet (15ème) | 26/03/15 | Ville de Paris |
| Nettoyage HP de dégrilleurs | DSR | 1 Bis place mazas 75012 (Usine MAZAS) | 17/09/15 | Ville de Paris |
| | | 93 Av de Versailles 75016 (Usine AUTEUIL) | 10/09/15 | Ville de Paris |
| | | 28 Quai de Bercy 75012 (Usine CHAMONARD) | 19/03/15 | Ville de Paris |
| Curage au wagon-vanne | DCE | rue Basfroi (11ème) | 08/04/15 | Ville de Paris |
| | | rue de Crimée (19ème) | 09/04/15 | Ville de Paris |
| | | 26 rue de Rivoli (4ème) | 19/05/15 | Ville de Paris |
| | | Rue Popincourt (11ème) | 21/05/15 | Ville de Paris |
| Curage au bateau-vanne | DCE | Collecteur principal d'Asnières - 141 rue Tocqueville | 05/05/15 | Ville de Paris |
| | | Collecteur principal d'Asnières - 148 rue Tocqueville | 06/05/15 | Ville de Paris |
| | | 50 Avenue de Wagram – Paris (17ème) | 28/06/16 | Ville de Paris |
| Nettoyage HP de wagon -vanne | DCE | Site DELESSEUX - 17 rue Delesseux | 09/07/15 | Ville de Paris |
| | | Site DELESSEUX - 17 rue Delesseux | 24/05/16 | Ville de Paris |
| | | Site DELESSEUX - 17 rue Delesseux | 25/05/16 | Ville de Paris |
| Extraction de bassin de dessablement | DCE | 75 Boulevard V.Auriol – Paris 13ème | 16/09/15 | Prestataire 1 |
| | | 75 Boulevard V.Auriol – Paris 13ème | 17/09/15 | Prestataire 1 |
| | | Porte de Pantin – Paris 19ème | 07/10/15 | Prestataire 2 |
| | | Porte de Pantin – Paris 19ème | 08/10/15 | Prestataire 2 |
| | | Porte de Pantin – Paris 19ème | 09/10/15 | Prestataire 2 |
| | | Bassin Belleville – 6/14 Bd Villette – Paris 19ème | 12/10/15 | Prestataire 2 |
| Curage canalisations Réseau séparatif | DSR | 47 rue Notre-Dame de Nazareth – Paris 3ème | 07/04/16 | Prestataire 2 |
| | | 39 Rue Notre-Dame de Nazareth – Paris 3ème | 11/04/16 | Prestataire 2 |
| | | 51 rue Volta – Paris 3ème | 13/04/16 | Prestataire 2 |
| Curage canalisations Réseau unitaire | DSR | 92bis rue Curial – Paris 19ème | 11/05/16 | Prestataire 2 |
| | | 92bis rue Curial – Paris 19ème | 12/05/16 | Prestataire 2 |
| | | 73 rue Curial – Paris 19ème | 18/05/16 | Prestataire 2 |

C : Circonscription, DSR : Division surveillance du réseau : DCE : Division coordination de l'exploitation

Pour l'ensemble des tâches investiguées, le personnel de la ville de Paris est équipé des EPI suivants :

- une tenue de travail et une combinaison jetable type Tyveck[®],
- deux paires de gants : une paire en latex et une paire de gants étanches avec manchettes,
- un détecteur 4 gaz, parfois porté à la botte,
- un casque avec frontale et protection de la nuque (hormis pour nettoyage HP de wagon – vanne),

² La Section d'assainissement de Paris (SAP) est structurée autour de six entités : la Division grands travaux (DGT) qui assure la conception et la réalisation des travaux de développement et de réhabilitation du réseau ; la Division surveillance du réseau (DSR) qui assure les missions de surveillance du réseau (la gestion des accès et des flux ainsi que le contrôle des eaux usées non domestiques) – et les interventions d'urgence ; la Division coordination de l'exploitation et guichet unique qui pilote les questions transverses aux circonscriptions territoriales d'exploitation (coordination de l'activité, logistique) et qui assure le curage des ouvrages principaux, les trois circonscriptions territoriales (Est, Ouest et Sud) qui assurent le diagnostic et l'entretien courant du réseau, le service aux usagers et les interfaces au sein du pôle espace public.

- des cuissardes,
- un harnais,
- un masque de fuite : non systématiquement transporté par tous les équipiers.

Pour les opérations de nettoyage au jet à haute pression du bateau-vanne et du wagon-vanne, une cagoule à ventilation assistée à cartouche filtrante de type CF32 A2B2E2K2P3 RD a systématiquement été portée.

La mise à disposition d'un équipement de protection respiratoire de type masque à ventilation assistée a été déployée dans le courant de l'année 2015 pour les autres tâches. Ainsi selon la période à laquelle la mesure a été réalisée, un appareil de protection respiratoire était porté ou non :

- Nettoyage HP des dégrilleurs : port systématique d'un équipement de protection respiratoire par les opérateurs. Un masque de type FFP3 était porté au cours de la mesure réalisée en mars 2015 et un masque à ventilation assistée type « cleanspace 2 » au cours des deux mesures réalisées en septembre 2015.
- Collecte d'informations : pas de port protection respiratoire au cours des mesures réalisées en mars et avril 2015, hormis un masque de fuite et port du masque à ventilation assistée observé lors de la mesure réalisée en septembre 2015.
- Curage au bateau-vanne : pas de port protection respiratoires au cours des mesures réalisées antérieurement à juin 2015, et port du masque à ventilation assistée observé lors de la mesure réalisée en juin 2015.

Le personnel prestataire est globalement équipé des mêmes EPI (paire de gants étanches avec manchettes, masque de fuite, détecteurs 4 gaz, casque avec frontale, cuissardes, etc.), mais aucun ne dispose de masque de type FFP3 ou ventilation assistée pour les tâches réalisées (extraction de bassin de dessablement, curage réseau séparatif et curage réseau unitaire).

Une différence est observée entre les intervenants et les surveillants prestataires : port d'un casque avec frontale et de cuissardes pour les premiers et port d'un casque sans frontale et de chaussures de sécurité pour les seconds.

Concernant les vêtements de travail, les prestataires utilisent une combinaison jetable de type Tyveck® en plus de leur cote en tissu depuis 2016. Lors des mesures réalisées en 2015, ils n'étaient équipés que d'une cote en tissu.

Un dispositif de ventilation forcée a été mis en œuvre lors de la réalisation de la tâche d'extraction de bassin de dessablement.

Les intervenants prestataires sont, en moyenne, exposés durant de plus longues périodes que le personnel de la Ville de Paris. En moyenne, les interventions du personnel de la ville de Paris durent 92 minutes alors que celles du prestataire 1 en charge de l'extraction du bassin de dessablement durent 130 minutes et celles du prestataire 2 en charge de l'extraction du bassin de dessablement et du curage des petites lignes (réseau séparatif et unitaire) durent 152 minutes.

3.2. Résultats

Statistiques descriptives :

L'ensemble des résultats est présenté sous forme de diagrammes en boîtes.

Les résultats ont été regroupés en dix classes de la façon suivante :

- Classes 1 à 8 : regroupement des mesures individuelles effectuées sur les intervenants pour chacune des tâches réalisées.
- Classe 9 : regroupement des mesures réalisées à l'extérieur des égouts et prises comme témoin hors pollution spécifique des égouts.
- Classe 10 : regroupement des mesures réalisées sur le personnel affecté à la tâche de surveillant pour chacune des tâches considérées.

Concernant la tâche « nettoyage haute pression des dégrilleurs », il n'y avait pas de personnel surveillant. Des mesures ont été réalisées en ambiance en complément des mesures individuelles sur les intervenants. Ces mesures d'ambiance, ne reflétant pas l'exposition des intervenants, n'ont pas été intégrées dans l'exploitation statistique.

Pour le traitement statistique, les valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ) ont systématiquement été prises en compte comme ayant pour valeur la LQ.

Incertitudes :

Les incertitudes ont été estimées à 29 % pour le processus global de mesurage des endotoxines. Elles tiennent compte des variations liées au prélèvement, à la conservation des échantillons et à l'analyse. Concernant les résultats d'exposition aux flores bactériennes et fongiques aéroportées les limites de l'intervalle de confiance tiennent compte des variations liées à l'analyse microbiologique.

3.2.1. Mesures de concentration en endotoxines

Les niveaux maximum de concentration en endotoxines mesurés sont inférieurs au niveau guide de 200 UE.m⁻³ pour la collecte d'information, le curage au wagon-vanne / bateau-vanne et le curage du réseau unitaire (cf. Figure 1 et Figure 2).

Les valeurs mesurées lors de l'extraction du bassin de dessablement et lors du nettoyage HP du bateau vanne sont très dispersées, suggérant une importante variabilité de l'exposition des égoutiers.

Pour la tâche de curage, les résultats mettent en exergue une exposition plus forte des égoutiers lors du curage du réseau séparatif que lors du curage du réseau unitaire. Lors du curage du réseau séparatif : les égoutiers descendent dans le réseau et positionnent une buse d'aspiration dans la canalisation d'eau usée à curer. Le diamètre de cette canalisation est d'environ 30 cm. Les égoutiers sont amenés à utiliser un balai et une pelle pour ramener les sables vers le tuyau d'aspiration ce qui n'est pas le cas lors du curage du réseau unitaire. Les collecteurs des réseaux unitaires ont un diamètre plus important que les collecteurs des réseaux séparatifs, ce qui implique un degré moindre de confinement. Les polluants y sont également plus dilués du fait de la dilution par les eaux pluviales.

Enfin, il semble au vu des résultats que les tâches générant les plus fortes concentrations d'endotoxines soient celles impliquant l'utilisation de matériels à HP lors du nettoyage des dégrilleurs et du bateau-vanne, la concentration maximale ayant été mesurée lors du nettoyage HP du bateau-vanne (2875 UE.m⁻³), et l'extraction du bassin de dessablement.

Quelle que soit la tâche considérée, les concentrations mesurées en endotoxines sont nettement supérieures aux concentrations mesurées en extérieur hors pollution spécifique des égouts (médiane à 1,2 UE.m⁻³).

La tâche de surveillant apparaît comme moins exposante que les autres tâches, toutefois les concentrations mesurées en endotoxines sont supérieures également aux concentrations mesurées en extérieur hors pollution spécifique des égouts (médiane à 7,55 UE.m⁻³, cf. Figure 2).

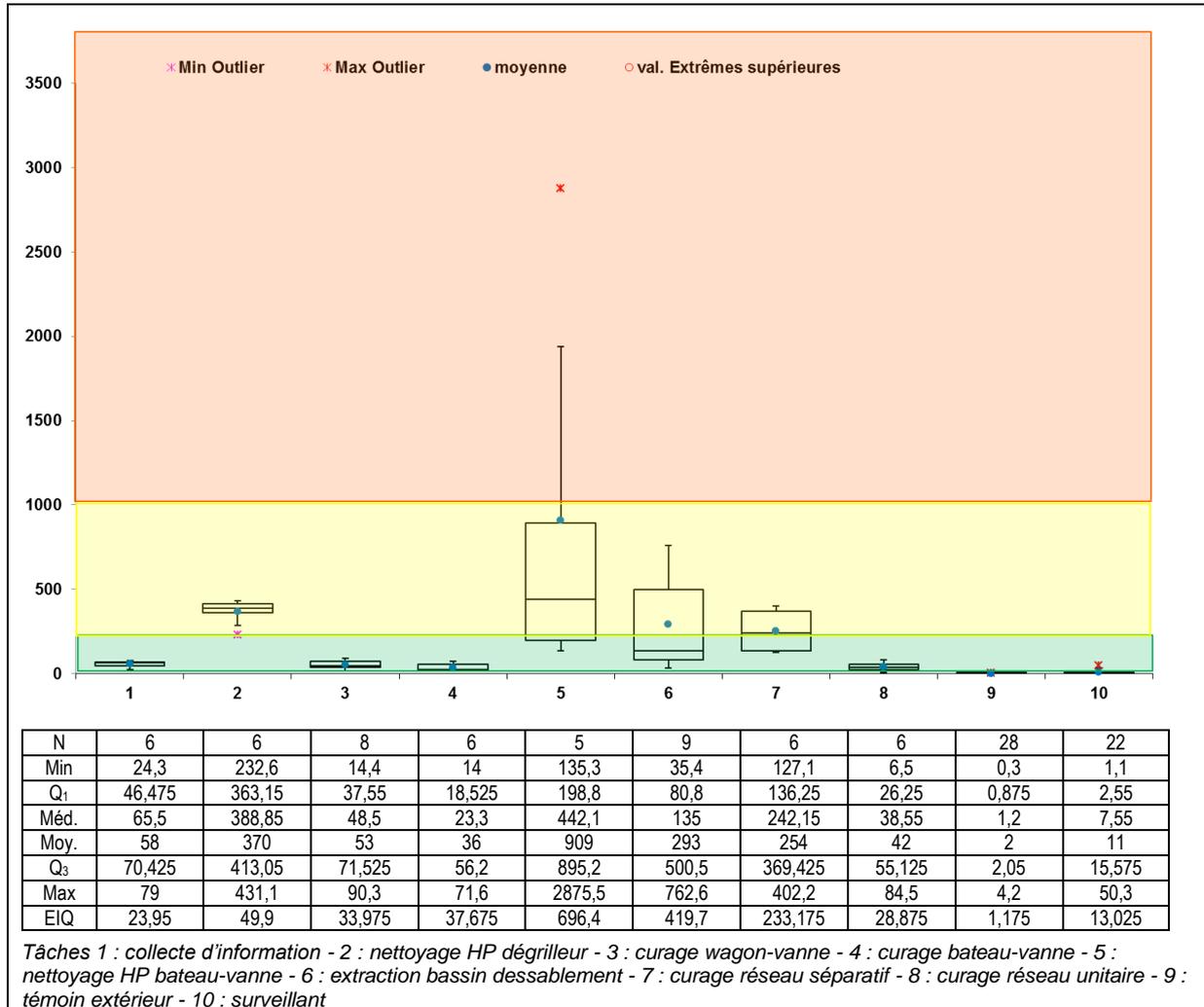


Figure 1 : Concentration en endotoxines par tâches (UE.m⁻³)

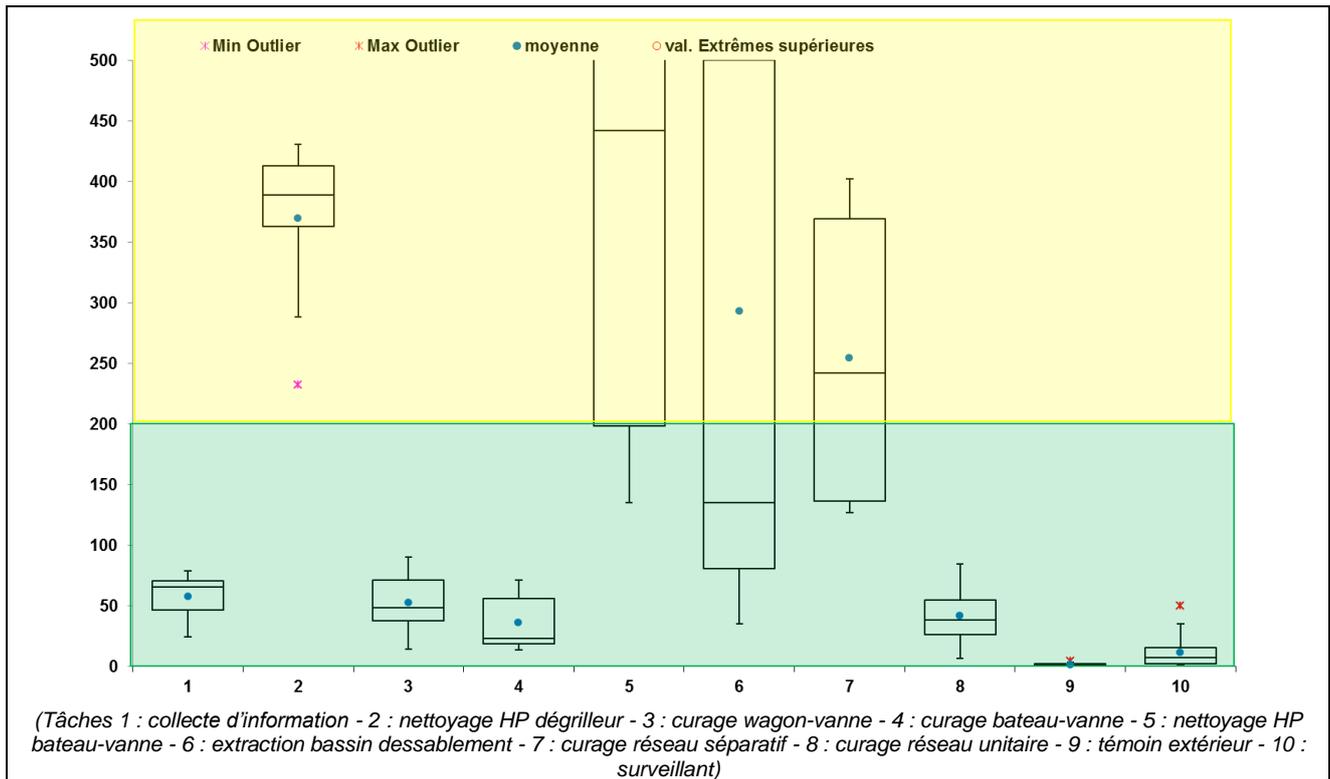


Figure 2 : Concentration en endotoxines par tâches (UE.m⁻³) - zoom

3.2.2. Mesures de concentration en bactéries

Les concentrations moyennes en bactéries mesurées lors de la campagne de mesures sont souvent non-satisfaisantes car supérieures au niveau guide de 104 UFC.m⁻³. De plus, une grande hétérogénéité des résultats au sein de la même tâche et entre les différentes tâches est observée (cf. Figure 3 et Figure 4).

La tâche la plus exposante (médiane et moyenne les plus élevées, respectivement 4,1.10⁵ UFC.m⁻³ et 3,2.10⁵ UFC.m⁻³) est celle de l'extraction du bassin de dessablement. Une des mesures a dépassé le seuil de 10⁶ UFC.m⁻³, considéré comme inacceptable selon le référentiel de la CRAMIF. L'accumulation des graisses, des boues et des sables favorisent certainement le développement des bactéries.

Comme pour les mesures d'endotoxines, les autres tâches très exposantes sont le nettoyage HP des dégrilleurs et le curage du réseau séparatif pour lesquels les niveaux de concentrations en bactéries sont considérés comme préoccupants (médianes et moyenne > 10⁵ UFC.m⁻³).

Enfin, des concentrations plus faibles, mais toujours non-satisfaisantes (> 10⁴ UFC.m⁻³) ont été mesurées pour les autres tâches : collecte d'information, curage au bateau-vanne/wagon-vanne, curage du réseau unitaire et nettoyage HP du bateau vanne.

De même que pour les endotoxines, quelle que soit la tâche considérée, les concentrations mesurées en bactéries sont nettement supérieures aux concentrations mesurées en extérieur hors pollution spécifique des égouts (médiane à 4,7.10² UFC.m⁻³).

La tâche de surveillant apparaît également comme moins exposante que les autres tâches, les concentrations mesurées en bactéries étant toutefois supérieures aux concentrations mesurées en extérieur hors pollution spécifique des égouts (médiane à 3.10³ UFC.m⁻³, cf. Figure 4).

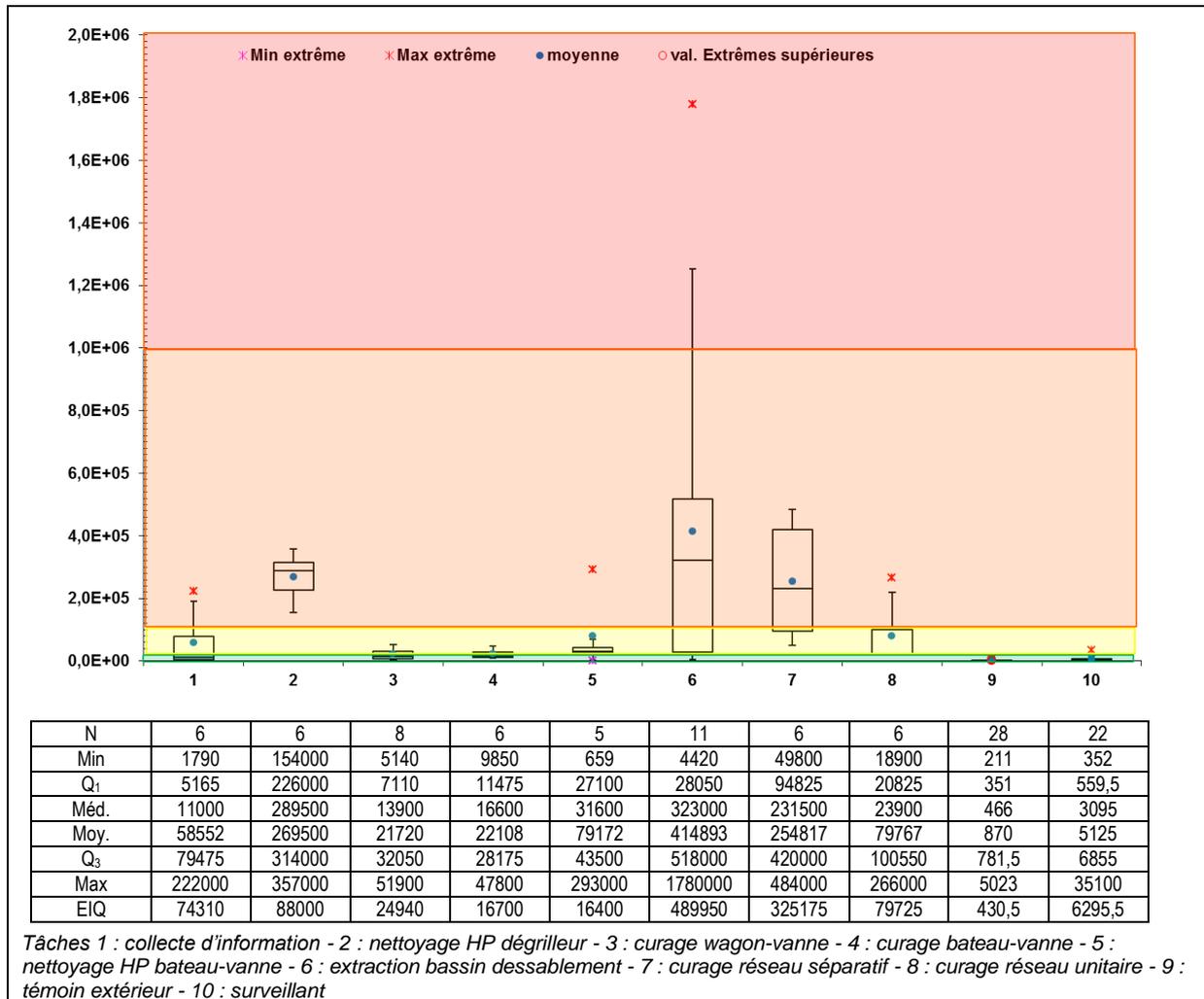


Figure 3 : Concentration en bactéries par tâches (UFC.m⁻³)

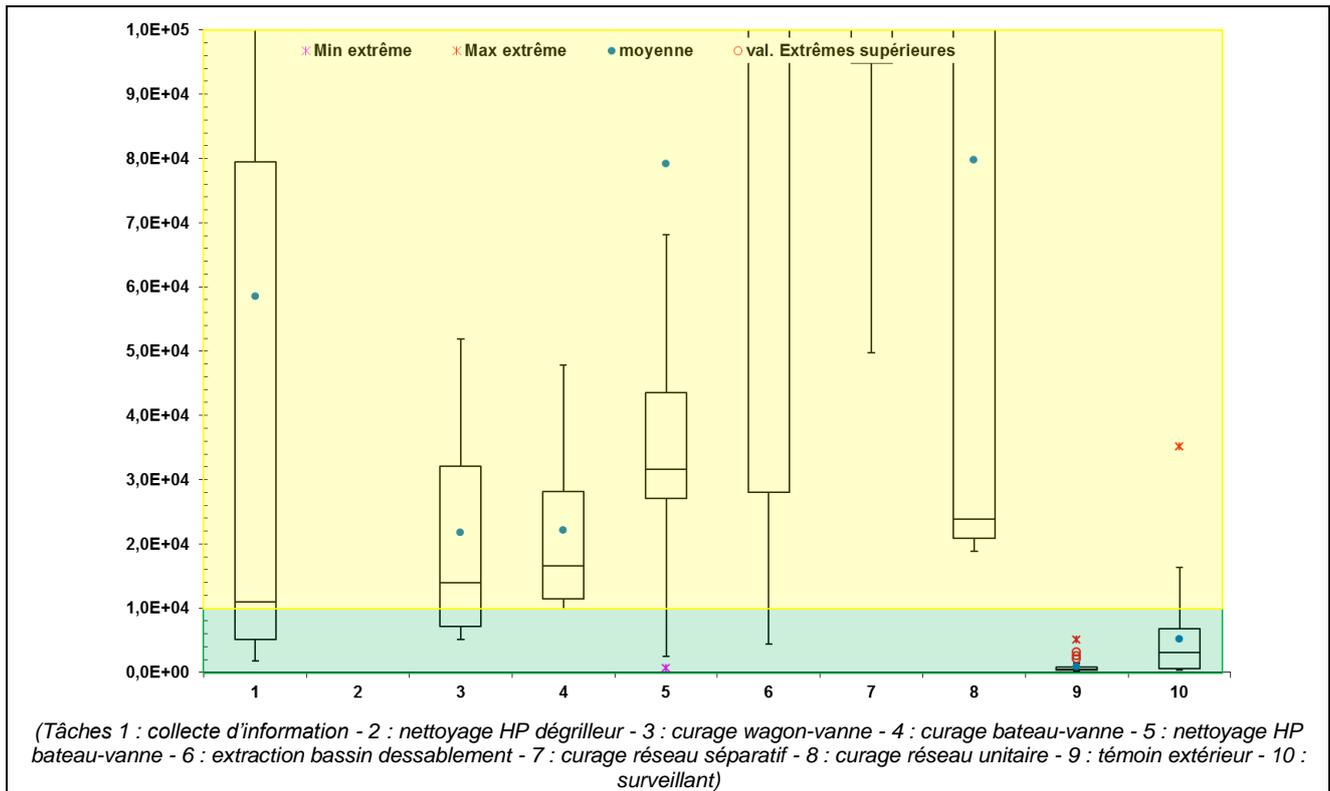


Figure 4 : Concentration en bactéries par tâches (UFC.m⁻³) - zoom

3.2.3. Mesures de concentration en moisissures

L'ensemble des résultats met en évidence une grande dispersion des concentrations en moisissures (cf. Figure 5 et Figure 6). Excepté pour le curage au bateau-vanne, l'extraction du bassin de dessablement et le curage du réseau unitaire, les concentrations médianes sont non-satisfaisantes ($> 10^4$ UFC.m⁻³).

Les deux concentrations les plus élevées mesurées lors de la collecte d'information ont été relevées le jour où sont survenus plusieurs incidents (impossibilité d'ouvrir 2 tampons pour assurer une ventilation naturelle, douche avec une eau d'origine inconnue, passage à quatre pattes dans le collecteur) et sont probablement directement liées à ces incidents. Excepté ces deux mesures extrêmes, le niveau de concentrations en moisissures reste relativement homogène lors de cette tâche et à un niveau acceptable ($< 10^4$ UFC.m⁻³) : min = $1,8 \cdot 10^3$ UFC.m⁻³ ; P25 = $3,1 \cdot 10^3$ UFC.m⁻³ ; médiane = $6,8 \cdot 10^3$ UFC.m⁻³ ; moyenne = $6,8 \cdot 10^3$ UFC.m⁻³ ; P75 = 10^4 UFC.m⁻³ ; max = $1,2 \cdot 10^4$ UFC.m⁻³.

Les concentrations en moisissures mesurées sont parfois préoccupantes lors de l'utilisation de matériel de nettoyage HP (médiane à $9,6 \cdot 10^4$ UFC.m⁻³ et max à $2,3 \cdot 10^5$ UFC.m⁻³ pour le nettoyage HP des dégrilleurs et médiane à $3,4 \cdot 10^4$ UFC.m⁻³ et max à $1,6 \cdot 10^5$ UFC.m⁻³ pour le nettoyage HP du bateau-vanne). Ces concentrations sont cependant moins élevées lors de la tâche du nettoyage HP du bateau-vanne, vraisemblablement car cette opération est réalisée en extérieur.

De même que pour les endotoxines et les bactéries, quelle que soit la tâche considérée, les concentrations mesurées en moisissures sont nettement supérieures aux concentrations mesurées en extérieur hors pollution spécifique des égouts (médiane à $5,1.10^2$ UFC.m⁻³). La tâche de surveillant apparaît également comme moins exposante que les autres tâches, les concentrations mesurées en moisissures étant toutefois supérieures aux concentrations mesurées en extérieur hors pollution spécifique des égouts (médiane à $1,7.10^3$ UFC.m⁻³, cf. Figure 5).

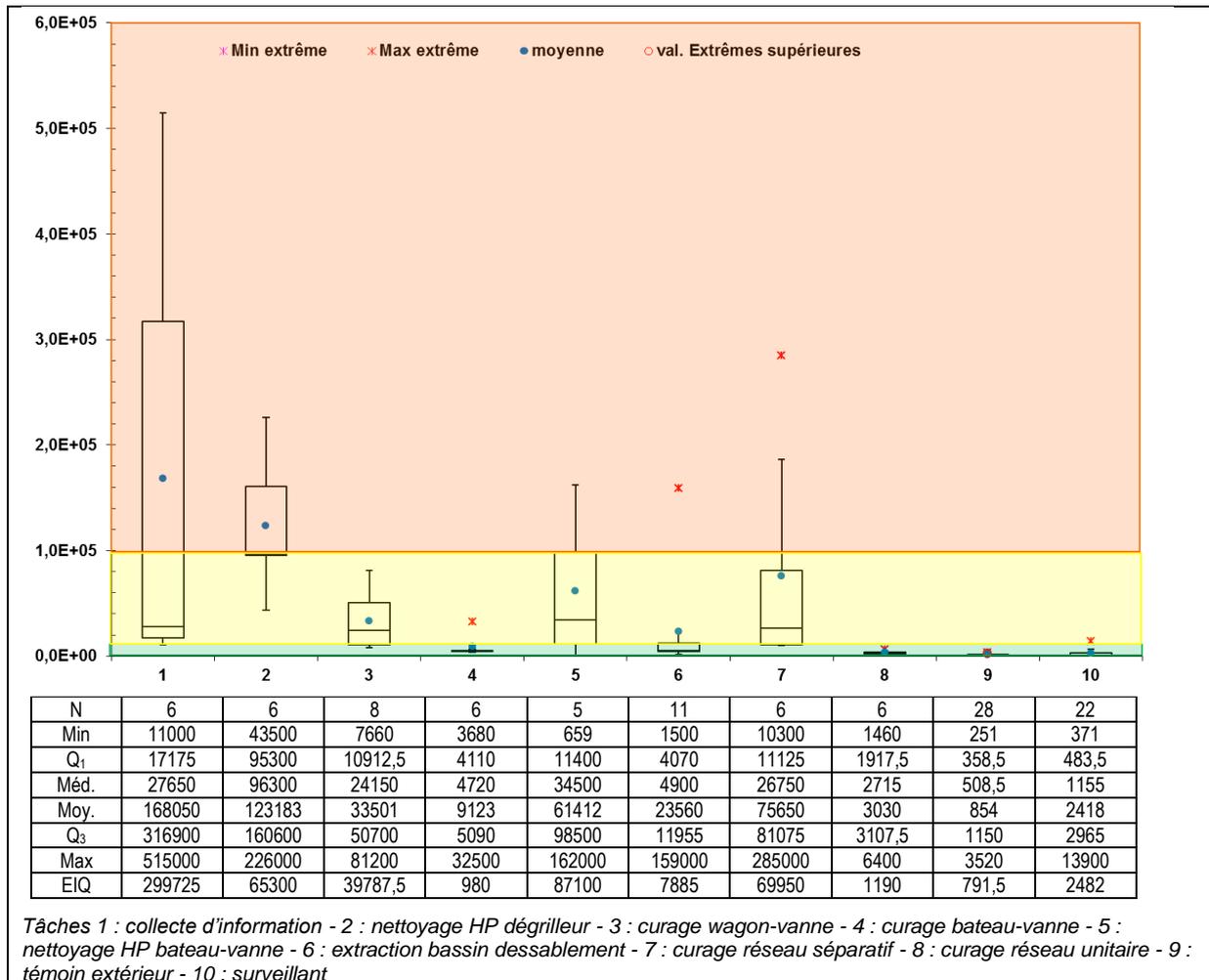


Figure 5 : concentration en moisissures par tâches (UFC.m⁻³)

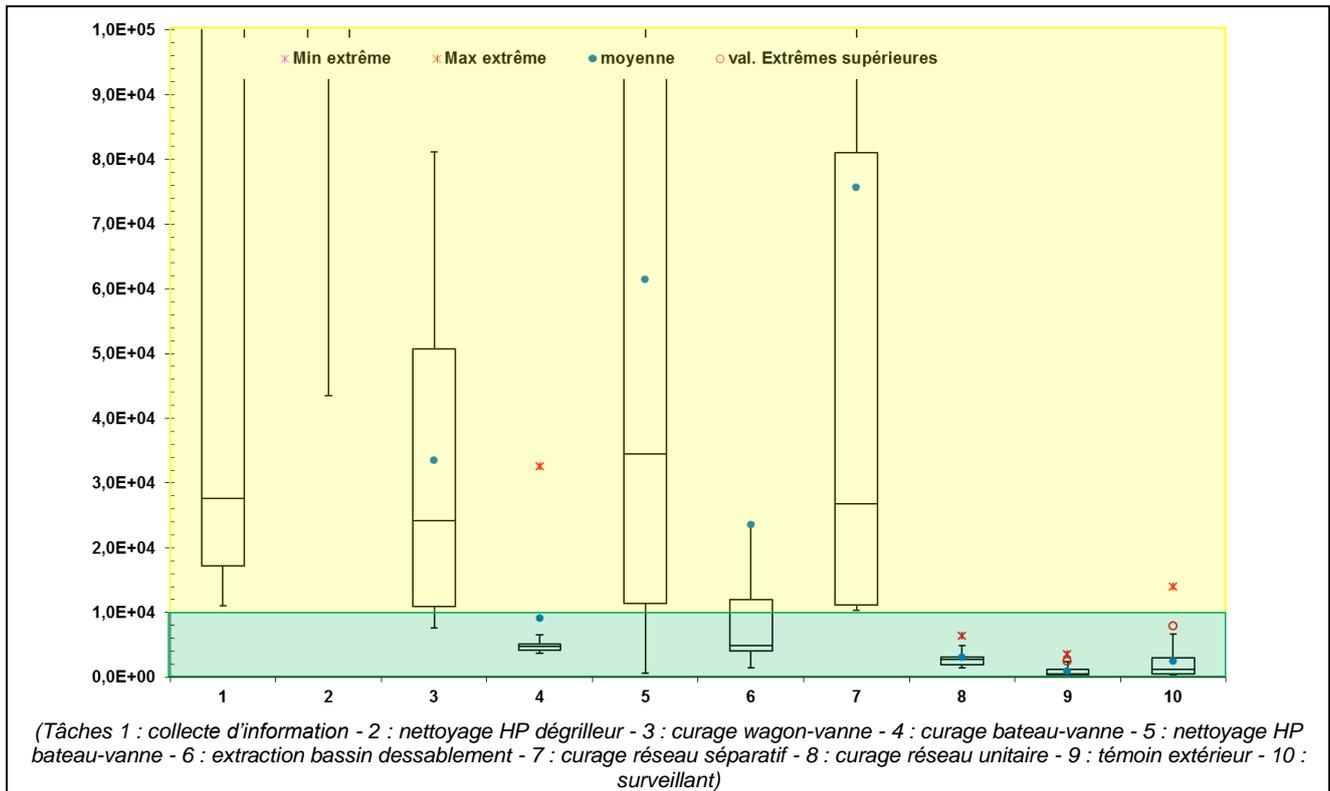


Figure 6 : concentration en moisissures par tâches (UFC.m⁻³) - zoom

3.2.4. Recherche d'*Aspergillus flavus*

La flore fongique identifiée appartient majoritairement aux genres *Penicillium* et *Cladosporium*. La présence d'*Aspergillus* a été détectée lors de 4 interventions sur les 28 réalisées. *Aspergillus flavus* n'a pas été identifié dans les échantillons de ces campagnes. Cependant, après culture, quelques colonies suspectes, du genre *Aspergillus*, ont subi une analyse moléculaire pour identification au niveau de l'espèce. La présence d'*A. nomius* et d'*A. nomius* et/ou *A. bombycis* (espèces non distinguées) dans deux échantillons individuels lors du nettoyage HP de dégrilleurs a été détectée.

Ces deux espèces appartiennent aux *Aspergillus* de la section *Flavi* et sont susceptibles de produire de l'aflatoxine B1.

Il n'a pas été possible de déterminer la quantité de ces espèces détectées, les abondances dans les échantillons positifs étant très faibles (< 0,3%).

3.2.5. Comparaisons avec les résultats des études antérieures

Les résultats de la présente étude ne sont pas directement comparables avec ceux des études antérieures puisque les conditions d'intervention et les tâches investiguées sont différentes.

Toutefois, de manière globale, les concentrations mesurées par la CRAMIF sont plus élevées que celles mesurées antérieurement dans les égouts parisiens pour des tâches similaires (collecte, curage petite ligne et extraction de bassin de dessablement) (INRS 2004) ou dans les égouts du

Grand Lyon (tâches non spécifiées) (Ambroise et al. 2005, d'après Rivière 2005). En effet, les concentrations en endotoxines variaient de 9 à 29 UE.m⁻³ dans les égouts parisiens et de 3,4 à 4,2.10² UE.m⁻³ dans les égouts de la communauté urbaine du Grand Lyon contre 6,5 à 2,9.10³ UE.m⁻³ dans la présente étude (médiane variant de 7 à 4,4.10² UE.m⁻³).

Duquenne et al. (2014) ont réalisé des mesures d'endotoxines dans l'air du réseau d'assainissement d'une ville française non identifiée dans l'étude. Les concentrations moyennes en endotoxines variaient de 14,7 à 3.10² UE.m⁻³. Les concentrations les plus basses correspondaient 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.

Pour les moisissures, dans le réseau parisien, les concentrations les plus élevées avaient été mesurées pour l'activité de curage de petites lignes et d'extraction de bassin de dessablement (de 1,5.10³ à plus de 3.10³ UFC.m⁻³) (INRS 2004). Ces concentrations sont nettement inférieures aux concentrations mesurées lors de la campagne de la CRAMIF présentée ici. Pour les bactéries, des concentrations élevées avaient été mesurées pour l'activité d'extraction de bassin de dessablement (de 10² à > 10⁶ UFC.m⁻³).

Seules les concentrations maximales en bactéries retrouvées pour la tâche d'extraction de bassin de dessablement (> 10⁶ UFC.m⁻³) sont similaires.

Les tâches de nettoyage HP des dégrilleurs et du bateau vanne ainsi que le curage du réseau séparatif apparaissent plus exposantes. Ces tâches n'avaient pas été investiguées lors des précédentes études.

D'autres études réalisées à l'étranger ont également mis en évidence des concentrations en bactéries totales et en moisissures plus faibles que celles mesurées lors de la campagne rapportée ici : des concentrations en bactéries de 5.10² UFC.m⁻³ et en moisissures de 100 UFC.m⁻³ ont été mesurées pendant le nettoyage manuel dans des égouts polonais (Cyprowski et al. 2006) avec présence d'*Aspergillus* spp. d'*Aspergillus fumigatus* et *Penicillium* spp. Des concentrations en bactéries ont atteint 4.10⁴ UFC.m⁻³ au cours du nettoyage HP d'un bassin de dessablement lors de mesures réalisées par Haas et al. (2010) en Autriche. Au cours de cette étude, *Aspergillus fumigatus* a également été détecté dans tous les échantillons.

La présence d'*Aspergillus* spp. a été mise en évidence dans l'atmosphère des égouts lors de l'étude de morbidité menée en 2004 parmi les égoutiers de la Ville de Paris (INRS 2004), mais la présence d'*A. flavus* ou d'*Aspergillus* de la section *Flavi* n'avait pas été spécifiquement recherchée.

3.2.6. Corrélation entre les différents bioaérosols

Des tests de corrélation (Pearson) montrent que les concentrations d'endotoxines sont positivement corrélées aux concentrations de bactéries totales cultivables et de moisissures (p<0,05 ; N=104).

3.2.7. Interprétations

Le Tableau 4 donne le pourcentage des mesures réalisées correspondant à chaque niveau guide (Cf. § 3.1.1.5) en fonction de la concentration en micro-organisme mesurée :

- Niveau pour lequel la situation d'exposition est acceptable ;

- Niveau pour lequel la situation d'exposition n'est pas satisfaisante et il est indispensable de surveiller pour éviter toute dérive ;
- Niveau pour lequel la situation d'exposition est préoccupante et doit être améliorée ;
- Niveau pour lequel la situation d'exposition est inacceptable et doit faire l'objet de mesures correctives immédiates.

Tableau 4 : Pourcentage des mesures correspondant aux différents niveaux guides, par tâche et par famille d'agents biologiques

| | | Tâches | | | | | | | | globalement (toutes tâches confondues) |
|--------------------|--|--------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Endotoxines | situation acceptable (< 200 UE.m ⁻³) | 100 | 0 | 100 | 100 | 40 | 56 | 50 | 100 | 69 |
| | situation non satisfaisante ([200 - 1000[UE.m ⁻³) | 0 | 100 | 0 | 0 | 40 | 44 | 50 | 0 | 29 |
| | situation inacceptable (> 1000 UE.m ⁻³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Bactéries | situation acceptable (< 10 ⁴ UFC.m ⁻³) | 33 | 0 | 38 | 17 | 20 | 9 | 0 | 0 | 15 |
| | situation non satisfaisante ([10 ⁴ - 10 ⁵ [UFC.m ⁻³) | 33 | 0 | 63 | 83 | 60 | 27 | 33 | 67 | 44 |
| | situation préoccupante ([10 ⁵ - 10 ⁶ [UFC.m ⁻³) | 33 | 100 | 0 | 0 | 20 | 55 | 67 | 33 | 39 |
| | situation inacceptable (> 10 ⁶ UFC.m ⁻³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 2 |
| Moisissures | situation acceptable (< 10 ⁴ UFC.m ⁻³) | 0 | 0 | 25 | 83 | 20 | 73 | 0 | 100 | 41 |
| | situation non satisfaisante ([10 ⁴ - 10 ⁵ [UFC.m ⁻³) | 67 | 67 | 75 | 17 | 60 | 18 | 83 | 0 | 46 |
| | situation préoccupante ([10 ⁵ - 10 ⁶ [UFC.m ⁻³) | 33 | 33 | 0 | 0 | 20 | 9 | 17 | 0 | 13 |
| | situation inacceptable (> 10 ⁶ UFC.m ⁻³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tâches 1 : collecte d'information - 2 : nettoyage HP dégrilleur - 3 : curage wagon-vanne - 4 : curage bateau-vanne - 5 : nettoyage HP bateau-vanne - 6 : extraction bassin dessablement - 7 : curage réseau séparatif - 8 : curage réseau unitaire - 9 : témoin extérieur - 10 : surveillant

Ce tableau met en évidence pour chaque micro-organisme recherché dans l'air des égouts des situations d'exposition « non satisfaisantes » voire préoccupantes.

S'agissant de l'exposition aux endotoxines :

- Toutes les mesures correspondent à des situations d'exposition acceptables pour la collecte d'information, le curage au wagon vanne, bateau vanne et du réseau unitaire.
- 100, 50, 44 et 40 % des mesures correspondent à des situations d'exposition « non satisfaisantes » pour, respectivement, le nettoyage HP des dégrilleurs, le curage du réseau séparatif, l'extraction du bassin de dessablement et le nettoyage haute pression du bateau vanne.
- Une seule concentration mesurée est supérieure à 103 UE.m⁻³ et concerne le nettoyage HP du bateau-vanne (ce qui représente 20% des situations d'exposition mesurées compte tenu du faible nombre de mesures). Cela correspond à une situation d'exposition inacceptable.

S'agissant de l'exposition aux bactéries :

- Aucune mesure ne correspond à une situation d'exposition acceptable pour le nettoyage HP des dégrilleurs, le curage du réseau séparatif et le curage du réseau unitaire.
- 83 %, 67 % et 63 % des mesures correspondent à des situations d'exposition non satisfaisantes respectivement pour le curage au bateau vanne, le curage du réseau unitaire et le curage au wagon vanne.
- Environ un tiers des mesures correspond à des situations « préoccupantes » pour la collecte d'information et le curage du réseau unitaire.
- 100%, 67 % et 55 % des mesures correspondent à des situations d'exposition préoccupantes pour le nettoyage HP des dégrilleurs, le curage du réseau séparatif et l'extraction de bassin de dessablement.
- Enfin, une seule concentration mesurée est supérieure à 10⁶ UFC.m⁻³, ce qui correspond à une situation d'exposition préoccupante (compte tenu du faible nombre de mesures, cela représente 9% des mesures).

Enfin s'agissant de l'exposition aux moisissures :

- Aucune mesure ne correspond à une situation d'exposition acceptable pour la collecte d'information, le nettoyage HP des dégrilleurs et le curage du réseau séparatif.
- Un tiers des mesures correspond à des situations d'exposition préoccupantes pour la collecte d'information et le nettoyage HP des dégrilleurs.
- 20 %, 17 % et 9% des mesures correspondent à des situations d'exposition préoccupantes pour le nettoyage HP bateau-vanne, le curage réseau séparatif et l'extraction du bassin dessablement.
- Aucune mesure ne correspond à une situation d'exposition préoccupante pour le curage au wagon vanne, le curage au bateau vanne et le curage du réseau unitaire.
- Aucune des mesures réalisées ne correspond à une situation d'exposition inacceptable.

Il est à noter que les niveaux guides sont basés sur une durée de travail de 8 heures. Dans le cas présent, les durées d'exposition des égoutiers pour chacune des tâches est de 1 heure et demie à deux heures et demie. Toutefois, les mesures ayant été réalisées sur la durée de réalisation de chaque tâche, les résultats des concentrations déterminées sur cette durée sont représentatifs de la tâche, et peuvent donc être comparés avec les niveaux guides proposés comme critère d'action. Au regard des résultats, le nettoyage des matériels au moyen d'appareils HP sont les tâches générant les plus fortes concentrations de bioaérosols, notamment celles des dégrilleurs pour lesquelles les concentrations en endotoxines et bactéries sont toujours préoccupantes. Toutefois, il faut noter que pour la réalisation des tâches de nettoyage HP des dégrilleurs, du bateau et wagon-vanne, les ouvriers sont totalement protégés avec des systèmes de masque/cagoule à ventilation assistée. Dès lors, l'exposition réelle des travailleurs durant ces tâches, même en cas de situation préoccupante, devrait être nulle ou très faible.

Lors des différentes auditions, le curage au bateau vanne avait été présenté comme une tâche particulièrement exposante. Cependant, les résultats de la campagne conduite suggèrent que le curage au wagon vanne est plus exposant. Ceci pourrait être lié au fait que les collecteurs dans lesquels se pratique ce type de curage ont un diamètre beaucoup moins important et bénéficient d'une moins bonne ventilation naturelle que ceux où opère le bateau-vanne.

La campagne de mesures met également en évidence d'autres tâches particulièrement exposantes et pour lesquels les égoutiers ne disposent pas d'équipements de protection respiratoire particulier. C'est le cas pour la collecte d'information où l'exposition aux moisissures et aux bactéries a été très importante lors d'une intervention durant laquelle plusieurs incidents ont été rencontrés. Il est plausible de penser que la présence de moisissures est directement liée au réseau et au taux d'humidité à l'intérieur de celui-ci et non aux eaux usées. De même, le curage du réseau séparatif semble être particulièrement problématique et les concentrations enregistrées lors de cette tâche pourraient être liées au confinement du réseau (diamètre plus petit, polluants plus concentrés dans l'eau, ouverture d'un seul tampon lors de la réalisation limitant la ventilation naturelle) et aux outils utilisés (pelle et balai pour pousser les sables auprès de la buse d'aspiration).

3.2.8. Incidents relevés au cours de la campagne

Lors de la campagne de mesures, des incidents potentiellement associés à une exposition plus importante aux polluants biologiques ont été relevés. Il s'agit de :

- Difficultés liées au cheminement (passage rétréci, encombrement,...)
- Défauts de ventilation, fuites de canalisations, inondations,...
- Incidents ayant entraîné une exposition directe aux eaux usées : Projection dans l'œil, éclaboussures,...
- Non déclenchement de détecteurs d'H₂S
- Pannes de masques à ventilation assistée
- Chantiers de changement de canalisations d'eau potable dans la zone d'intervention
- Erreur de manipulation de la buse d'un camion de curage avec refoulement air et matière au démarrage de l'activité et génération d'un aérosol important dans le bassin
- *Etc.*

Une liste de tous les incidents survenus lors de la campagne de mesures et étant potentiellement une source supplémentaire d'exposition aux micro-organismes recherchés est présentée en annexe 2.

3.3. Conclusions du CES

La campagne de mesures de polluants biologiques dans l'air des égouts parisiens réalisée par la CRAMIF met en évidence des concentrations en endotoxines et flores microbiennes dans l'air des égouts très souvent non-satisfaisantes ($> 200 \text{ UE.m}^{-3}$ pour les endotoxines et $> 10^4 \text{ UFC.m}^{-3}$ pour les bactéries et moisissures) et parfois préoccupantes ($> 10^5$ pour les moisissures et bactéries) selon le référentiel des valeurs guides utilisées par le réseau Assurance maladie – Risques professionnels. Certaines concentrations atteignent exceptionnellement des niveaux inacceptables selon ce référentiel : ainsi pour la tâche de curage d'extraction de bassin de dessablement une mesure de bactéries a dépassé 10^6 UFC.m^{-3} , et une mesure d'endotoxines a dépassé le seuil de 10^3 UE.m^{-3} pour la tâche de nettoyage HP du bateau-vanne.

La plupart de ces valeurs nécessiteraient un suivi dans le temps et la mise en place de mesures spécifiques pour les postes les plus exposants.

Cette campagne de mesures met également en exergue une exposition non négligeable aux bioaérosols des égoutiers lors de la tâche de surveillance.

Ces résultats confortent globalement les résultats de la campagne de mesures exploratoires de certains paramètres chimiques réalisée par le LCPP qui mettait en évidence des concentrations en polluants parfois élevées pour les mêmes tâches.

Ils confirment que le réseau de collecte dans lequel évoluent quotidiennement les égoutiers est un milieu particulièrement insalubre. Ils impliquent d'une part que les moyens de protection mis à disposition des égoutiers pour des tâches particulièrement exposantes telles que le nettoyage HP doivent absolument être utilisés par les travailleurs. Ils permettent d'autre part de cibler des tâches particulièrement exposantes telles que le curage du réseau séparatif pour lesquelles les moyens de protection sont moindres.

Les concentrations élevées en endotoxines pourraient expliquer les effets aigus ainsi que certains symptômes respiratoires chroniques rapportés dans les études de morbidité.

La campagne de mesures a mis en évidence la présence de moisissures appartenant aux *Aspergillus* de la section *Flavi* lors du nettoyage HP de dégrilleurs. La présence de ces moisissures potentiellement productrices d'aflatoxine B1, reconnue pour être génotoxique et cancérigène, suggère que cette mycotoxine pourrait être présente dans l'air des égouts.

Il est important de rappeler que la voie de contamination principale connue à ce jour pour être responsable de cancer hépatique est l'ingestion d'aliments contaminés par cette mycotoxine. Quelques données relatives à une cancérogénicité par inhalation sont disponibles. En outre, la fréquence d'isolement de ces espèces et les abondances dans les échantillons positifs restent faibles. La production des mycotoxines étant fortement dépendante des conditions environnementales (substrat, température, humidité), seule une recherche spécifique de ces mycotoxines dans l'air pourra renseigner sur les concentrations présentes.

Enfin, cette campagne de mesures fait ressortir plusieurs types d'incidents, pouvant potentiellement être des facteurs de risques supplémentaires et pouvant être facilement évités : batteries des détecteurs multigaz non chargées, encombrement des tampons ne permettant pas leur ouverture, rencontre inopinée de deux équipes au sein du réseau, etc.

3.4. Recommandations du CES

Le CES rappelle en premier lieu les recommandations figurant dans le rapport d'expertise publié en avril 2016. Il insiste en second lieu sur la nécessité d'une meilleure prise en compte des risques biologiques dans l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs qui sont à intégrer au DUER conformément à l'article R-4121-2 du Code du travail, en vue de mettre en place un plan d'actions de réduction des risques adapté.

Compte tenu des résultats de cette campagne de mesures de polluants biologiques, le CES souhaite compléter ces premières recommandations par d'autres recommandations à destination de tous les employeurs d'égoutiers indépendamment de leur affiliation (secteur privé/ secteur public).

Une diminution de l'exposition des égoutiers aux endotoxines, bactéries et moisissures, devrait s'appuyer d'abord sur des actions techniques ciblant une diminution des concentrations de ces micro-organismes dans l'air des égouts, ainsi que sur des mesures organisationnelles.

■ Harmonisation des pratiques

Le CES tient à rappeler que tous les professionnels travaillant dans un réseau au contact des eaux usées sont exposés de la même manière et indépendamment de leur statut ou de celui de leur employeur.

Il est donc indispensable :

- a) d'une part d'élaborer un socle commun de bonnes pratiques de prévention et d'hygiène :
 - En actualisant le guide de l'INRS qui rappelle les obligations de sécurité pour les interventions en espaces confinés dans les ouvrages d'assainissement (INRS, 2010) en y incluant des informations relatives aux risques microbiologiques et chimiques ;
 - En développant une formation professionnelle obligatoire en complément du dispositif CATEC pour tout intervenant en égout. Cette formation devrait avoir lieu avant la première descente dans le réseau et porter sur la manipulation des différents outils de travail, l'hygiène, la sécurité, les bonnes pratiques, les facteurs de risques individuels, *etc.*
- b) d'autre part, que ce socle commun de bonnes pratiques soit pris en compte lors de l'élaboration du cahier des charges pour le choix d'un prestataire, et que le respect de ces pratiques soit ensuite évalué sur le terrain.

■ Mesures techniques : accessibilité et ventilation des réseaux

Au regard des concentrations élevées en polluants chimiques et microbiologiques dans l'air des égouts, il est essentiel que les travailleurs au contact des eaux usées puissent à minima avant toute descente dans le réseau, ventiler de façon naturelle ce dernier.

Cette ventilation naturelle étant réalisée via l'ouverture de deux tampons de descente, le CES recommande de favoriser toute mesure permettant d'éviter l'encombrement des tampons les jours de descente en égouts comme par exemple un balisage de la zone en amont de l'intervention ou un arrêté municipal d'interdiction d'encombrement.

Pour les tâches réalisées dans des ouvrages fixes, comme l'extraction de bassin de dessablement ou le nettoyage des dégrilleurs, le CES recommande la mise en œuvre d'un dispositif de ventilation mécanique par soufflage d'air neuf. La mise en œuvre d'un tel dispositif nécessite un dimensionnement approprié et de veiller à ce qu'aucune équipe n'intervienne en aval de ces lieux.

Le CES recommande de prendre en compte dans l'organisation des chantiers temporaires la nécessité d'implantation d'une ventilation mécanique mobile par introduction d'air neuf.

Il recommande également d'intégrer dans les plans de prévention avec les prestataires les éléments structuraux relatifs à la ventilation (plans des réseaux ou des ouvrages, des débits à mettre en œuvre, positionnement des ventilateurs ...).

■ **Mesures organisationnelles**

Le CES recommande d'envisager toute mesure organisationnelle permettant de réduire les expositions, par exemple :

- Une meilleure coordination des équipes afin d'éviter la coactivité au même endroit dans le réseau de collecte,
- Une augmentation de la fréquence du curage devrait permettre d'abaisser les niveaux en microorganismes et en endotoxines,
- Une rotation des équipes.

Afin d'améliorer la prise en charge des expositions accidentelles aux eaux usées, le CES recommande la mise à disposition par l'employeur d'un dispositif avec douche intégrée et vêtements de rechange, ce qui permettrait aux égoutiers « souillés » ou « douchés » avec de l'eau d'origine inconnue de se changer immédiatement après l'incident sans avoir à revenir sur le lieu d'appel.

■ **Mesures de protection individuelle**

Le CES insiste de nouveau sur la nécessité de mise à disposition de détecteurs multigaz individuels à chaque descente en égout. Il rappelle qu'il est en outre primordial de vérifier leur bon état de fonctionnement et le niveau de charge des batteries avant chaque intervention dans le réseau.

Le CES rappelle que la mise à disposition d'appareil de protection respiratoire ne doit se faire qu'au cas par cas, en fonction des résultats de l'évaluation des risques et après avoir envisagé toute mesure technique ou organisationnelle permettant de supprimer ou réduire les expositions.

Au regard des résultats présentés précédemment, le CES recommande de veiller à ce que les EPI mis à disposition des égoutiers ne les surexposent pas à d'autres risques ; par exemple, l'utilisation d'un appareil de protection respiratoire peut gêner la communication indispensable entre les égoutiers pour prévenir d'un danger potentiel.

Dans le cas d'utilisation de masque de protection respiratoire, le CES rappelle qu'ils doivent être portés et changés selon les recommandations du fabricant et recommande que des tests d'ajustage « fit tests » soient effectués pour s'assurer que la forme du masque est bien adaptée à la morphologie du travailleur.

Le CES estime également nécessaire de rappeler que de manière générale, les EPI doivent être régulièrement nettoyés et entreposés en dehors des ateliers, si possible dans des locaux spécifiques. S'agissant plus spécifiquement des équipements de protection respiratoire, un équipement avec cartouche absorbante doit être rangé dans un sac hermétique et dans un local propre et non contaminé afin d'éviter qu'il ne se sature en polluant sans être porté, et qu'il devienne inefficace.

Au regard du nombre d'incidents impliquant des projections d'eaux usées dans les yeux des égoutiers, le CES recommande que des casques avec lunettes intégrées soient mis à disposition.

■ **Recommandations de recherche**

Le CES recommande :

- La mise en place d'études étiologiques pour le suivi des effets sanitaires à long terme chez les égoutiers (morbidité et mortalité) en intégrant des informations sur le suivi des expositions professionnelles et des tâches effectuées; une documentation microbiologique des épisodes infectieux (notamment respiratoires ou digestifs) survenus au décours d'une exposition professionnelle, et prenant en compte les facteurs individuels.
- L'utilisation des données microbiologiques collectées lors des études étiologiques pour permettre la réalisation de campagnes de mesures ciblées, visant à caractériser l'exposition à des agents pathogènes spécifiques bactériens, fongiques, viraux ou parasitaires, et incluant des mesures de mycotoxines dans l'air, en particulier des aflatoxines.
- Le développement de moyens techniques pour diminuer l'exposition des travailleurs.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens ».

L'agence rappelle que la démarche d'évaluation des risques professionnels doit être menée en analysant et cartographiant les différentes situations de travail, de manière à prioriser et adapter les mesures de prévention à mettre en place. Concernant plus particulièrement les risques biologiques (infectieux, immuno allergiques, toxiques et cancérigènes) et conformément aux dispositions du code du travail, l'Anses appelle les employeurs de tous professionnels travaillant dans un réseau au contact des eaux usées à caractériser la nature des agents pathogènes présents dans l'air des égouts.

En effet, la campagne de mesures réalisée à l'initiative de l'Anses était exploratoire et ne visait que quelques paramètres microbiologiques dans l'atmosphère des égouts. Cette campagne a toutefois permis d'apprécier de manière qualitative certaines situations d'exposition au regard du référentiel utilisé par le réseau Prévention et mettre en lumière certaines activités plus exposantes que d'autres.

Une évaluation quantitative du risque sanitaire n'a pu être conduite compte tenu de l'impossibilité de construire des scénarios d'exposition représentatifs de l'exposition chronique des égoutiers, de l'importante variabilité spatio-temporelle des expositions, et de la limite de l'approche substance par substance au vu du mélange de substances chimiques et d'agents biologiques, pour la plupart non identifiés, auquel sont exposés les égoutiers.

Concernant la recommandation de mise à disposition par l'employeur d'un dispositif avec douche intégrée et vêtements de rechange, l'Anses précise qu'en fonction de la durée du chantier, différents dispositifs peuvent être mis en œuvre (camion équipé, unité mobile de décontamination sur remorque, sas souple avec kit de douche autofixable...).

Compte tenu des incidents relevés ou observations formulées lors de la campagne de mesures, l'Agence recommande également que des campagnes de communication auprès des professionnels, notamment du BTP et de la restauration, soient réalisées de manière à les sensibiliser à l'impact des rejets divers et déversements de déchets de chantier dans les égouts, aux conséquences sur l'encombrement des réseaux et aux risques supplémentaires encourus par les égoutiers.

Enfin, dans ce contexte, l'Agence souligne l'intérêt d'envisager un travail prospectif visant à l'élaboration d'un référentiel permettant de qualifier les risques sanitaires associés aux dangers microbiologiques pour les professions potentiellement les plus exposées.

Dr Roger Genet

MOTS-CLES

Égout, Égoutiers, Exposition professionnelle, Agents biologiques, Endotoxines, bactéries, moisissures, *Aspergillus Flavus*, Aflatoxines, polluants de l'air, campagne de mesure.

Sewer, Sewage workers, Occupational exposure, Biological agents, Endotoxins, Bacteria, Molds, *Aspergillus Flavus*, Aflatoxins, air pollutants, measurement campaign.

BIBLIOGRAPHIE

- 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).
- Anses. 2016. Facteurs de risques professionnels éventuellement en lien avec la surmortalité des égoutiers.
- CRAMIF. 2016. Campagne de mesure de polluats biologiques dans l'air des égouts parisiens - CRD Anses/CRAMIF n°2015-CRD-09.
- Cyprowski, M., A. Buczynska, and I. Szadkowska-Stanczyk. 2006. "[Exposure assessment to bioaerosols among sewer workers]." *Med Pr* 57 (6):525-30.
- 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.
- 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.
- Haas, D., M. Unteregger, J. Habib, H. Galler, E. Marth, and F. F. Reinthaler. 2010. "Exposure to bioaerosol from sewage systems." *Water, Air, and Soil Pollution* 207 (1-4):49-56. doi: 10.1007/s11270-009-0118-5.
- IARC. 2012. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans*. Vol. 100B - biological agents.
- INRS. 2004. Etudes épidémiologiques parmi le personnel des égoutiers de la Ville de Paris - Rapport d'étude. (non publié).
- INRS. 2015. "Valeurs guides endotoxines - Interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols." *Hygiène et sécurité du travail* 239:46-50.
- INRS. 2016a. Endotoxines M-154.
- INRS. 2016b. "Microorganismes aérobies M-147."8.
- Rivière, G. 2005. "Exposition aux endotoxines : étude de morbidité chez le personnel des égouts de Lyon." Université Henri Poincaré Nancy 1.
- SER. 2010. "OEL Database - Endotoxinen (base de données valeurs limites d'exposition professionnelle du conseil économique et social néerlandais)." Accessed 23/01/2017.
- Wild, P., D. Ambroise, E. Benbrik, A. Tiberguent, and N. Massin. 2006. "Mortality among Paris sewage workers." *Occup Environ Med* 63 (3):168-72. doi: 10.1136/oem.2005.022954.

ANNEXE 1

Présentation des intervenants :

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

EXPERTS RAPPORTEURS

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

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.

Mme Anne OPPLIGER – Privat-Doctent & Maître d'Enseignement et de Recherche à l'Institut universitaire romand de Santé au Travail, Lausanne – Spécialités : Santé travail, risques biologiques, bioaérosols, agents zoonotiques.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

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

- CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »

Président

M. Christophe PARIS – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Rennes 1 - Inserm U1085 IRSET – Centre hospitalier universitaire de Rennes). Spécialités : épidémiologie des risques professionnels, pathologies professionnelles, Santé au Travail.

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.

Membres

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

M. Claude BEAUBESTRE – Chef de département des Activités scientifiques transversales (Service Parisien de Santé Environnementale) - 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. 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 GLORENNEC – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique – Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail, UMR Inserm 1085) – Spécialités : évaluation des expositions et des risques sanitaires d'origine chimique.

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

Mme Anne OPPLIGER – Privat-Docteur & Maître d'Enseignement et de Recherche à l'Institut universitaire romand de Santé au Travail, Lausanne – Spécialités : Santé travail, risques biologiques, bioaérosols, agents zoonotiques.

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.

M. RIVIERE Emmanuel – Directeur délégué (ATMO Grand Est). Compétences : Métrologie, méthodes d'analyse et de surveillance, air ambiant et intérieur, 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 (Inserm, Institut national de la santé et de la recherche médicale) – Épidémiologie environnementale, reproduction et fertilité, santé des enfants, pollution atmosphérique, milieux aériens et environnement, perturbateurs endocriniens.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Amandine PAILLAT – Chef de projet scientifique – Anses

Contribution scientifique

Mme Emmanuelle DURAND - Chargée de projets scientifiques - Unité d'évaluation des risques liés à l'air - Anses

Mme Amandine PAILLAT – Chef de projets scientifiques - Unité d'évaluation des risques liés à l'air - Anses

Mme Marie TEYSSANDIER – Chargée de projet scientifique – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau - Anses

Secrétariat administratif

Mme Sophia SADDOKI – Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

CRAMIF

Mme Hélène HASNI-PICHARD - Responsable Pôle Risques Chimiques-Biologiques et Information - Prévention des Risques Professionnels - DST

Mme Brigitte FACON – Ingénieur Conseil - Laboratoire des Biocontaminants - Prévention des Risques Professionnels

Mme Valérie RENEVOT – contrôleur de sécurité - Laboratoire des Biocontaminants - Direction des Risques Professionnels, du Handicap et de l' Action Sanitaire et Sociale

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)

Objet de la contribution : « Campagne de mesures de polluants biologiques dans l'air des égouts parisiens – CRD Anses/CRAMIF n°215-CRD-09 – rapport de synthèse / résultats de mesures-septembre 2016 » ; CRAMIF

ANNEXE 2 - LISTE DES INCIDENTS PAR TACHE SURVENUS LORS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

| Tâches | Incidents |
|--|---|
| Collecte information | Ouverture impossible d'un tampon permettant la ventilation naturelle suite à la présence d'un étal de souvenirs |
| | Passage rétréci – Aller/retour à quatre pattes sur 5/10 mètres. |
| | Fuite importante d'une canalisation d'eau (origine inconnue) – douche des égoutiers (2 fois) |
| | Présence d'un chantier, de débris de chantier non évacués, encombrement du collecteur, cheminement sur planche en bois, risque de chute |
| | Présence d'H ₂ S détecté sans alarme du détecteur – constat visuel de bulles de gaz |
| Nettoyage HP dégrilleurs | RAS |
| Curage au wagon-vanne | Projection de boue dans l'œil |
| | Rencontre avec une autre équipe d'égoutiers en collecte d'informations |
| | 3 déclenchements du même détecteur pour H ₂ S au cours de la même intervention sans que les autres ne se soient déclenchés |
| | Dégagement important de gaz (<i>a minima</i> H ₂ S) suite à un passage de flottants sans que les détecteurs ne se soient déclenchés |
| | Projection dans l'œil |
| Curage au bateau-vanne | Départ de 2 intervenants pour ouvrir l'écluse et obtenir plus de débit |
| | Remontée prématurée suite à une montée des eaux |
| | Panne de 2 masques à ventilation assistée |
| Nettoyage au jet HP du wagon-vanne | RAS |
| Nettoyage au jet HP du bateau-vanne | Impossibilité de retirer la plaque d'évacuation de l'eau retenue à l'intérieur du bateau-vanne |
| Extraction du bassin de dessablement | Erreur manipulation intervenant, refoulement air et matière au démarrage de l'activité, génération d'un aérosol important dans le bassin |
| | Manipulation des tuyaux d'aspiration bouchés |
| | Décrochage du tuyau des eaux filtrées situé au niveau du barrage permettant le refoulement hors du bassin, arrosage général des égoutiers avec de l'eau filtrée |
| | Aspiration gênée et bloquée par enchevêtrement de fils, interventions manuelles et très proches des eaux usées, nombreuses éclaboussures |
| | Remplissage du bassin suite à une fuite de canalisation |
| Curage petite ligne – réseau séparatif | RAS |
| Curage petite ligne – réseau unitaire | RAS |

ANNEXE 3 - RESULTATS DES MESURES

| | | Durée (min) | Endotoxines (UE.m ⁻³) | Bactéries (UFC.m ⁻³) | Moisissures (UFC.m ⁻³) |
|-----------------------------|---|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Collecte | surveillant | 140 | 6,2 | 352 | 949 |
| | intervenant | 132 | 65 | 3520 | 17000 |
| | intervenant - chef d'équipe | 129 | 66 | 10100 | 17700 |
| | témoin extérieur | 148 | 1,8 | 2610 | 294 |
| | surveillant | 129 | 8,9 | 3370 | <371 |
| | intervenant | 126 | 79 | 102000 | 410000 |
| | intervenant - chef d'équipe | 124 | 71,9 | 222000 | 515000 |
| | témoin extérieur | 143 | 3,7 | 3110 | 692 |
| | surveillant | 115 | 1,8 | <422 | <422 |
| | intervenant | 112 | 40,3 | 11900 | 37600 |
| | intervenant | 107 | 24,3 | 1790 | 11000 |
| | témoin extérieur | 125 | 0,9 | <394 | <394 |
| Nettoyage HP dégrilleurs | opérateur nettoyage HP | 115 | 382,2 | 154000 | 226000 |
| | opérateur nettoyage | 124 | 232,6 | 357000 | 182000 |
| | ambiance salle dégrilleur | 93 | 317,8 | 355000 | 152000 |
| | témoin extérieur | 141 | 0,8 | <336 | <336 |
| | opérateur nettoyage HP | 102 | 431,1 | 210000 | 96400 |
| | opérateur nettoyage | 97 | 418,9 | 305000 | 95000 |
| | ambiance salle dégrilleur | 87 | 498,6 | 287000 | 6540 |
| | témoin extérieur | 96 | 3,3 | 5023 | <502 |
| | Chef d'équipe - nettoyage HP | 145 | 395,5 | 274000 | 43500 |
| | opérateur nettoyage | 144 | 356,8 | 317000 | 96200 |
| | ambiance salle dégrilleur | 119 | 342,6 | 380000 | 105000 |
| | témoin extérieur | 113 | 0,8 | <442 | <442 |
| curage wagon vanne | surveillant | 126 | 9,9 | 1170 | 2740 |
| | intervenant | 122 | 55,8 | 49600 | 11800 |
| | intervenant | 105 | 14,4 | 51900 | 64800 |
| | témoin extérieur | 130 | 1,4 | 753 | 1130 |
| | surveillant | 96 | 3,4 | <523 | <523 |
| | intervenant | 106 | 74,6 | 15000 | 46000 |
| | intervenant - chef d'équipe | 101 | 90,3 | 26200 | 34800 |
| | témoin extérieur | 120 | 4,2 | <417 | <417 |
| | surveillant | 84 | 2,7 | <567 | 2270 |
| | intervenant | 80 | 37,7 | 5460 | 8250 |
| | intervenant - chef d'équipe | 73 | 37,1 | 7660 | 7660 |
| | témoin extérieur | 93 | 0,4 | <515 | <515 |
| | surveillant | 126 | 2,7 | <383 | 383 |
| | intervenant (manœuvre du wagon) | 117 | 41,2 | 12800 | 81200 |
| | intervenant au crochet en aval su wagon | 113 | 70,5 | 5140 | 13500 |
| témoin extérieur | 134 | 2,7 | <357 | 357 | |
| curage bateau vanne | surveillant | 138 | 1,7 | 6520 | 3580 |
| | intervenant - chef d'équipe | 136 | 17 | 10000 | 3680 |
| | intervenant | 131 | 23,5 | 15900 | 4850 |
| | témoin extérieur | 156 | 1,4 | 633 | 950 |
| | surveillant | 108 | <1,1 | 4020 | 2010 |
| | intervenant | 116 | 67,1 | 31800 | 4590 |
| | intervenant | 116 | 23,1 | 17300 | 32500 |
| | témoin extérieur | 134 | 0,3 | <356 | 356 |

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

| | | Durée (min) | Endotoxines (UE.m ⁻³) | Bactéries (UFC.m ⁻³) | Moisissures (UFC.m ⁻³) |
|---|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | <i>intervenant sur bateau-vanne</i> | 114 | 71,6 | 47800 | 5170 |
| | <i>intervenant sur bateau-vanne</i> | 110 | 14 | 9850 | 3950 |
| | surveillant | 105 | 2,5 | 2820 | 470 |
| | témoin extérieur | 100 | 0,9 | 490 | 1470 |
| nettoyage au jet HP de wagon vanne | <i>opérateur de nettoyage</i> | 86 | 2875,5 | 43500 | 34500 |
| | témoin extérieur | 108 | 2,5 | 789 | 2410 |
| | <i>opérateur de nettoyage</i> | 138 | 895,2 | 293000 | 162000 |
| | <i>opérateur de nettoyage</i> | 126 | 198,8 | 27100 | 98500 |
| | témoin extérieur | 160 | 1,2 | 2120 | <303 |
| | <i>opérateur de nettoyage</i> | 75 | 442,1 | <659 | <659 |
| | <i>opérateur de nettoyage</i> | 70 | 135,3 | 31600 | 11400 |
| | témoin extérieur | 76 | 1,2 | 629 | 629 |
| Extraction bassin dessablement | surveillant - commande du camion | 175 | 17 | 557 | 3040 |
| | intervenant | 161 | * | 1780000 | 4370 |
| | intervenant | 157 | * | 722000 | 5210 |
| | témoin extérieur | 176 | 0,8 | 831 | 3520 |
| | surveillant - commande du camion | 101 | 17,1 | 5710 | 871 |
| | intervenant | * | * | 323000 | 2100 |
| | intervenant | 97 | 740,3 | * | * |
| | témoin extérieur | 235 | 1,5 | 211 | 1350 |
| Extraction bassin dessablement - sous-traitance | surveillant - chef d'équipe | 156 | 34,2 | 624 | 4250 |
| | intervenant | 160-163 | 35,4 | 405000 | 3770 |
| | intervenant | 167 | 225 | 342000 | 50000 |
| | témoin extérieur | 165 | 0,5 | 299 | 299 |
| | surveillant - chef d'équipe | 120 | 10,5 | 9590 | 1220 |
| | intervenant | 128 | 40,5 | 4420 | 1500 |
| | intervenant | 130 | 80,8 | 37500 | 5810 |
| | témoin extérieur | 122 | 1 | 779 | 390 |
| | surveillant - chef d'équipe | 121 | 2,3 | <402 | 3660 |
| | intervenant | 119 | 115,9 | 10300 | 4400 |
| | intervenant | 126 | 135 | 18600 | 4900 |
| | témoin extérieur | 119 | 2,2 | <403 | 1210 |
| | surveillant | 197 | 50,3 | 35100 | 7940 |
| | intervenant | 201 | 762,6 | 290000 | 18100 |
| | intervenant-chef d'équipe | 199 | 500,5 | 631000 | 159000 |
| | témoin extérieur | 193 | 2 | 503 | < 251 |
| curage petite ligne (séparatif) | intervenant | 120 | 127,1 | 89100 | 11100 |
| | intervenant | 118 | 145,7 | 112000 | 10300 |
| | surveillant - chauffeur | 127 | 11,3 | 6540 | < 378 |
| | témoin extérieur | 103 | 0,9 | 936 | <468 |
| | intervenant | 224 | 133,1 | 49800 | 11200 |
| | intervenant | 224 | 402,2 | 443000 | 285000 |
| | surveillant - chauffeur | 215 | 2,1 | 7800 | 1700 |
| | témoin extérieur | 188 | 0,9 | <263 | 711 |
| | intervenant | 150 | 338,6 | 351000 | 42300 |
| | intervenant | 155 | 379,7 | 484000 | 94000 |
| | surveillant - chauffeur | 146 | 2,9 | 1730 | 13900 |
| | témoin extérieur | 140 | 0,6 | 359 | <359 |
| curage réseau unitaire | intervenant | 206 | 31,8 | 266000 | 3210 |
| | intervenant | 201 | 6,5 | 19900 | 2800 |
| | surveillant - chauffeur | 218 | 10,5 | 9060 | 443 |
| | témoin extérieur | 194 | 1,7 | 252 | 1510 |
| | intervenant | 192 | 24,4 | 18900 | 2630 |

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

| | | Durée (min) | Endotoxines (UE.m ⁻³) | Bactéries (UFC.m ⁻³) | Moississures (UFC.m ⁻³) |
|--|-------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | intervenant | 188 | 84,5 | 126000 | 6400 |
| | surveillant - chauffeur | 182 | 29,9 | 6960 | 1090 |
| | témoin extérieur | 169 | 1,2 | 293 | 1760 |
| | intervenant | 234 | 58,4 | 23600 | 1680 |
| | intervenant | 232 | 45,3 | 24200 | 1460 |
| | surveillant - chauffeur | 245 | 20,3 | 8530 | 979 |
| | témoin extérieur | 199 | 3,1 | <246 | 886 |

En italique : opérations réalisées avec port d'une protection respiratoire (masque FFP3 ou ventilation assistée)

ANNEXE 4 - SUIVI DES ACTUALISATIONS DE L'AVIS

| Date | Page | Description de la modification |
|-------------|-------------|---|
| 24/08/2017 | 17-20 | §3.2.7 – Interprétations Correction de certaines erreurs de chiffres dans le tableau 4 et modifications rédactionnelles associées. |