

1997

Contaminants biologiques dans les centres de traitement des eaux usées

Jacques Lavoie
IRSST

Geneviève Marchand
IRSST, genevieve.marchand@irsst.qc.ca

Carole Pépin
IRSST

Yves Beaudet
IRSST

Guillaume Lachapelle
IRSST

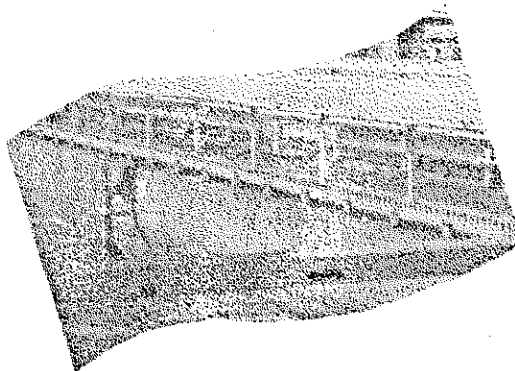
Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Lavoie, J., Marchand, G., Pépin, C., Beaudet, Y. et Lachapelle, G. (1997). *Contaminants biologiques dans les centres de traitement des eaux usées* (Rapport n° R-163). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

**Contaminants biologiques
dans les centres
de traitement
des eaux usées**



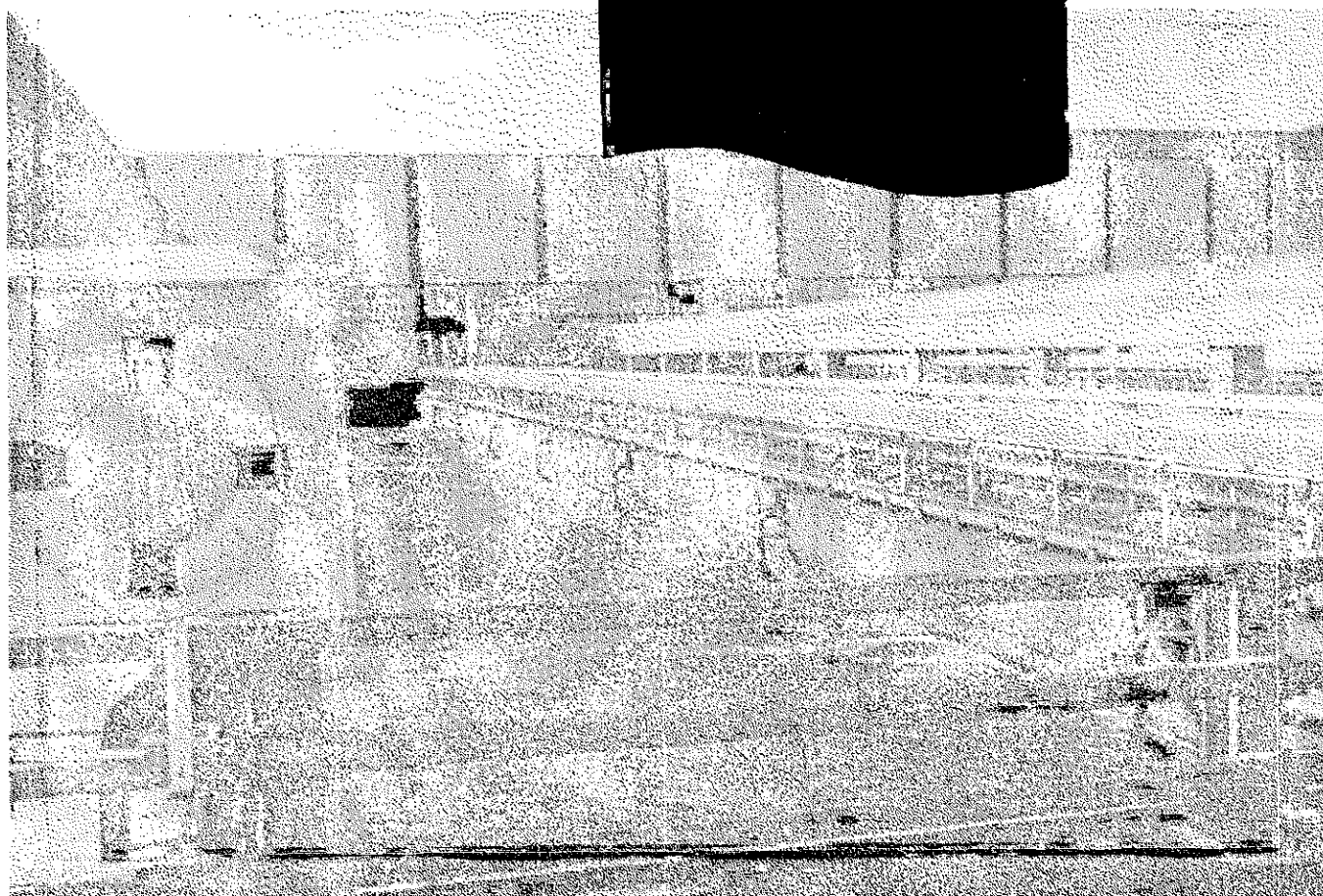
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Jacques Lavoie

AOÛT 1997

R-163

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Contaminants biologiques dans les centres de traitement des eaux usées

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Jacques Lavoie, Geneviève Marchand,
Carole Pépin, Yves Beaudet et
Guillaume Lachapelle
Programme soutien analytique, IRSST

RAPPORT

Table des matières

	Page
Résumé	1
Introduction	2
Description des centres d'épuration	2
Effets sur la santé	4
Méthodologie	6
Résultats et discussion	7
Bactéries totales	7
Bactéries Gram négatives	8
Moisissures	9
Recommandations	10
Conclusion	12
Remerciements	13
Bibliographie	13

Liste des tableaux et figures

	Page
Tableau 1. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre A)	16
Tableau 2. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre B)	17
Tableau 3. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre C)	18
Tableau 4. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre D)	19
Tableau 5. Étapes de traitement d'épuration pour lesquelles les concentrations moyennes de bactéries étaient plus élevées que les valeurs guides	20
Tableau 6. Étapes de traitement d'épuration pour lesquelles les concentrations moyennes de moisissures étaient plus élevées, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), que l'air extérieur en amont	21
Figure 1 : Description générale du procédé d'épuration des eaux	22

Résumé

Cette étude réalisée dans les centres de traitement des eaux usées de quatre communautés urbaines pendant l'été 1995 a permis d'évaluer les niveaux d'exposition aux agents biologiques aéroportés (bactéries totales, Gram négatives et moisissures), de comparer ces expositions avec les niveaux limites d'exposition suggérés pour ce genre de milieu et de proposer certaines recommandations. Les prélèvements d'air ont été réalisés au mois d'août, en station fixe à chacun des postes de travail ou sections d'usine, lorsque la température de l'eau était maximale, avec des impacteurs Andersen. Il y avait en tout 80 postes, incluant l'air extérieur qui servait de contrôle de comparaison. La méthodologie utilisée a été celle recommandée par l'ASTM (American Society for Testing and Materials) dans leur protocole E 884 - 82.

Les concentrations moyennes de bactéries totales étaient supérieures au niveau limite d'exposition pour huit (8) heures de 10 000 unités formatrices de colonies par mètre cube d'air (UFC/m³) suggéré pour ce genre d'activité au niveau du camion de la granulation du centre A, à l'intercepteur extérieur nord, à l'une des grilles des dégrilleurs et aux filtres-presses modifiés du centre B, au niveau du puits et sur le plancher de la station de pompage D du centre C et au dessableur, au décanteur lamellaire, au décanteur des eaux, au biofiltre et à l'épaississeur du centre D. Il faudrait que les mesures d'hygiène personnelle soient appliquées rigoureusement pour ces postes ou départements.

Lorsque les concentrations moyennes des bactéries Gram négatives ont été comparées avec le niveau moyen d'exposition pour huit (8) heures de 1 000 UFC/m³ d'air suggéré, seul le biofiltre du centre D dépassait cette valeur. Il faudrait qu'à ce département les travailleurs portent des masques de protection respiratoire jetables efficaces pour se protéger. De plus, l'avertissement de la présence de risques biologiques à l'entrée de ce département serait indiqué.

Presque tous les départements ou postes échantillonnés du centre A (17 sur 23), le plénum, les filtres-presses et l'émissaire du centre B et l'une des stations de pompage du centre C possédaient des concentrations moyennes de moisissures supérieures à celles de l'air extérieur, à 300 mètres en amont de la direction du vent. Il a été suggéré d'assurer un entretien régulier des départements dans le but de prévenir le développement de foyers de prolifération microbienne.

Enfin, la qualité de l'air au niveau microbien de l'environnement extérieur de ces centres ne semble pas être influencée par les opérations effectuées, et ce à 100 mètres en aval, dans la direction du vent.

Introduction

Depuis l'implantation du programme d'assainissement des eaux usées par le gouvernement du Québec en 1979, 6,5 milliards de dollars ont été investis dans 350 usines d'épuration. Selon l'Association paritaire du secteur des affaires municipales (APSAM), plus de 4 000 travailleurs au Québec oeuvrent dans les usines de traitement des eaux usées.

Dans le cadre de la consultation menée en 1995 par la CSST auprès des directions régionales et des régies régionales et des centres de santé publique concernant les besoins de recherche en santé et en sécurité du travail, des problèmes concernant les agresseurs biologiques dans les usines de traitement des eaux usées ont alors été soulevés par quatre (4) de ces régies. En effet, ce secteur d'activité prioritaire est sous la responsabilité des affaires municipales et des programmes de santé adaptés aux risques rencontrés doivent être appliqués. De plus, les communautés urbaines correspondantes avaient aussi formulé soit à l'IRSST ou aux régies régionales le besoin de caractériser les postes de travail en ce qui concerne les expositions aux agents biologiques. Ce projet vient donc répondre à une demande du milieu et s'inscrit dans l'une des priorités de l'IRSST soit les métiers de l'environnement.

Cette étude a été réalisée dans les centres de traitement des eaux usées de quatre communautés urbaines pendant l'été 1995. Les objectifs de cette recherche étaient a) d'évaluer les niveaux d'exposition aux agents biologiques aéroportés (bactéries totales, Gram négatives et moisissures), b) de comparer ces expositions avec les niveaux limites suggérés pour ce genre de milieu et c) de proposer des mesures correctrices efficaces, si nécessaire.

Description des centres d'épuration

Les quatre centres desservent les rejets d'une population d'environ 2 400 000 habitants. La figure 1 donne une description générale du procédé d'épuration des eaux. Les eaux usées transportées par le réseau d'égouts sont soit d'origine domestique (toilette, lavabo, etc.) ou industrielle. Les eaux

usées contiennent donc d'innombrables microorganismes d'origines diverses. Elles contiennent également des matières organiques, dont une grande partie sous forme colloïdale ou dissoute, et de nombreux autres éléments ou composés devant être enlevés en tout ou en partie.¹

Comme elles s'écoulent sous terre, elles doivent être remontées à la surface à l'aide d'une station de pompage avant d'être traitées. Cette étape est généralement réalisée à l'aide de pompes centrifuges ou d'une vis d'Archimède. Par la suite, elles sont dégrillées et dessablées pour protéger les équipements de traitement.

Après ce pré-traitement, vient la sédimentation primaire qui constitue généralement la première étape du traitement. Elle a pour but d'enlever les matières en suspension contenues dans les eaux usées.

Le traitement primaire est suivi par un traitement secondaire de type biologique. Le traitement biologique se fait à l'aide d'un réacteur biologique et d'un décanteur secondaire. Ce traitement est utilisé pour enlever la matière dissoute et colloïdale contenue dans l'eau usée. Dans le schéma général de la figure 1, le traitement secondaire est constitué d'un bassin d'aération et d'un clarificateur.

Après le traitement biologique, il est possible d'envoyer l'eau traitée directement vers le cours d'eau récepteur comme c'est le cas pour le centre C. Il est aussi possible de lui faire subir certains traitements d'affinage, comme une filtration sur lit de sable ou une adsorption sur charbon activé, s'il y a lieu.

Les boues retirées par ces divers traitements doivent également être traitées avant d'être éliminées. Le principal traitement des boues est l'épaississement, qui permet de retirer une grande partie d'eau de la boue. Viennent ensuite les traitements de digestion, aérobie ou anaérobie, qui ont pour rôle de réduire la quantité de matières organiques contenues dans la boue. La boue est finalement conditionnée de façon chimique ou thermique puis déshydratée. L'élimination de la boue se fait sous forme de boues sèches ou de cendres, s'il y a incinération.

Dans le centre A, les boues sèches sont mélangées avec un polymère dans le but de les granuler pour en permettre l'épandage. Dans le centre D, une fois la décantation accomplie, on amène l'eau au sommet d'un biofiltre, où elle traverse par gravité un lit de biolite. En plus d'épurer l'eau par filtration, cette "pierre vivante" abrite des microorganismes qui transforment la matière organique dissoute dans l'eau en matière inerte et en masse biologique, créant de la sorte les boues secondaires. Ces dernières sont extraites du biofiltre par une opération de lavage à contre-courant et dirigées vers un décanteur. En période estivale, on complète le traitement en désinfectant l'eau par exposition aux rayons ultraviolets. Cette mesure additionnelle devrait permettre d'éliminer 99,5% des coliformes fécaux présents dans l'eau.

Effets sur la santé

Les eaux usées des municipalités peuvent donc contenir une grande variété de bactéries potentiellement pathogènes.^{1,2,3} En effet, les procédés de traitement ne détruisent pas nécessairement ces microorganismes.² Les expositions aux bactéries des eaux usées ou des boues résiduelles proviennent surtout de l'inhalation des aérosols qu'elles utilisent comme vecteurs pour leur transport ou de la contamination du tractus gastro-intestinal par le contact des mains à la bouche.² L'absorption à travers la peau ne présente habituellement aucun risque significatif à moins qu'elle soit endommagée.²

Les bactéries Gram négatives et leurs sous-produits comme les endotoxines peuvent causer de l'irritation des muqueuses et des problèmes gastro-intestinaux et respiratoires.⁴⁻¹⁴ Entre autres, des symptômes respiratoires ou des changements dans les fonctions pulmonaires reliés à des expositions élevées d'endotoxines ont été rapportés chez les travailleurs du secteur de l'agriculture et ceux manipulant du coton brut.¹⁵⁻¹⁷ Aucune relation entre les symptômes respiratoires et les expositions aux endotoxines dans les usines de traitement des eaux usées n'a été rapportée jusqu'à ce jour.² Cependant, une place à part est à faire au syndrome des égoutiers décrit depuis 1976 par des auteurs suédois chez des ouvriers de centres d'épuration et d'usines de compostage.^{4,9} Ce syndrome associe frissons, malaise général, fièvre et troubles gastro-intestinaux avec diarrhées.¹ Il a été également

souvent rapporté une conjonctivite. Cette pathologie serait liée aux endotoxines aéroportées libérées lors de la lyse de bactéries Gram négatives (*Escherichia coli*, *Salmonelles*...).¹

Certains chercheurs ont étudié les bactéries de l'air dans ce type d'usine.^{4,8,10,14,18,19} Cependant, les concentrations d'endotoxines ou de bactéries Gram négatives de l'air n'ont été que très peu évaluées.² Des concentrations de bactéries totales de 10^2 à 10^5 UFC/m³ d'air, avec une moyenne de 10^4 colonies, ont été rapportées dans ces études.^{2,14} Ces résultats rejoignent ceux obtenus lors d'une étude faite dans l'une de ces usines par l'IRSST en 1991.¹⁹ De la même façon, les concentrations retrouvées dans les centres d'épuration des eaux usées sont du même ordre de grandeur que celles retrouvées dans les centres de traitement de déchets domestiques et de compostage.^{9,13}

Il n'y a pas de normes québécoises ou internationales sur les microorganismes aéroportés et leurs toxines. Cependant, sur la base des études déjà réalisées au niveau du traitement des eaux usées et des centres de compostage, les niveaux limites d'exposition suivants pour huit (8) heures ont été suggérés :^{2,5,11,14,20,21}

Bactéries totales	10^4 UFC/m ³ d'air
Bactéries Gram négatives	10^3 UFC/m ³ d'air

Concernant les moisissures, dans une étude sur les facteurs environnementaux en relation avec l'état de santé des travailleurs de porcherie en Suède, des concentrations plus grandes ou égales à $1,3 \times 10^4$ UFC/m³ d'air de moisissures ont été reliées, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), avec des symptômes respiratoires.¹⁶ L'exposition aux spores de moisissures a été aussi reliée à des alvéolites allergiques et au syndrome des poussières organiques toxiques.²² De plus, l'inhalation des spores et de propagules de moisissures peut avoir d'autres effets que la stimulation d'une réaction allergique.²³ L'expression "mycotoxicose pulmonaire" est utilisée pour désigner un groupe de maladies causées par des mycotoxines, des endotoxines et d'autres facteurs.²³ Cependant, il n'est pas encore connu dans quelle mesure la présence de mycotoxines peut contribuer à la capacité des spores ou des propagules de champignons inhalés de provoquer la maladie et comment l'inhalation de produits volatils émis par les moisissures peut affecter les humains.²³ Dans cette étude,

les concentrations de moisissures ont été comparées avec celles retrouvées dans l'air extérieur, comme le recommande l'ASTM.

Méthodologie

Les prélèvements d'air, réalisés à différents postes de travail ou sections d'usine, ont été faits au mois d'août, lorsque la température de l'eau était maximale, dans le but de représenter les pires conditions. Les endroits échantillonnés ont été sélectionnés dans le but de représenter les différentes étapes de traitement et les postes de travail jugés problématiques. Le choix a été fait d'une façon paritaire. La majorité des postes ou départements de chacun des centres étaient compris dans les sélections. Les concentrations de microorganismes mesurées lors d'une étude préliminaire ont indiqué qu'un nombre de prélèvements supérieur à cinq était suffisant pour démontrer des différences statistiquement significatives entre les postes et les niveaux proposés ($p \leq 0,05$, test "t" de Student).¹⁹ Ce nombre de prélèvements rejoint celui recommandé par l'ASTM dans leur protocole E884 - 82 intitulé : "Standard Practice for Sampling Airborne Microorganisms at Municipal Solid-Waste Processing Facilities".²⁴ Les prélèvements de microorganismes dans l'air ont été réalisés avec des impacteurs Andersen (Graseby Andersen, Smyrna, GA, USA), comme le recommande l'ASTM.²⁴ Le coefficient de variation totale pour cette méthode est de 0,23 pour les usines de traitement de déchets.²⁵ En ce qui concerne la précision, la manipulation simultanée d'impacteurs Andersen a donné des décomptes qui indiquent une relation très forte entre eux, pour une plage de concentrations variant de $3,9 \times 10^3$ à $1,9 \times 10^5$ UFC/m³ d'air dans les mêmes usines.²⁴

Les contaminants microbiologiques mesurés dans l'air et les milieux de culture utilisés ont été les suivants :

- Le SDA (Sabouraud dextrose agar, Laboratoires Quelab, Montréal, QC, Canada) incubé à 25°C pendant sept jours pour les moisissures en général.
- Le TSA (Trypticase soya agar, Laboratoires Quelab, Montréal, QC, Canada) incubé à 37°C pendant 48 heures pour les bactéries totales.

- Le MacConkey (Laboratoires Quelab, QC, Canada) incubé à 37°C pendant 48 heures pour les bactéries Gram négatives.

Les débits ont été mesurés sur le site et ajustés à 28 L/min avec un débitmètre de marque Kurz (Kurz Instruments Inc., Carmel Valley, CA). Les impacteurs ont été désinfectés à chacun des postes évalués avec de l'alcool isopropylique 70%. Les prélèvements ont été effectués en station fixe à chacun des postes de travail ou sections d'usines. Il y avait entre 13 et 28 postes de travail ou départements, en fonction du centre, incluant l'air extérieur qui sert de contrôle de comparaison, pour un total de 80 postes. L'ASTM recommande de prendre les prélèvements extérieurs à 300 mètres en amont de l'usine et à 100 mètres, en aval, suivant la direction du vent.²⁴ Les données ainsi obtenues permettent, entre autres, de faire les comparaisons avec les études déjà réalisées dans ce domaine.

Résultats et discussion

Les tableaux 1 à 4 donnent les résultats d'analyse des prélèvements d'air pour chacun des centres. Entre autres, sont retrouvées dans ces tableaux, les différences plus élevées d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$, test "t" de Student) entre les concentrations moyennes et celles mesurées à 300 mètres en amont, dans la direction du vent. De plus, dans le but d'uniformiser les comparaisons entre les différents centres, le tableau 5 résume les résultats obtenus des prélèvements bactériens et le tableau 6 ceux obtenus pour les moisissures.

Bactéries totales

Les concentrations moyennes de bactéries totales étaient supérieures à la valeur limite d'exposition pour huit heures de 10 000 UFC/m³ d'air suggérée pour ce genre d'activité lors du chargement d'un camion au département de la granulation du **centre A** (18 690 ($\pm 4 470$) UFC/m³ d'air), à l'intercepteur extérieur nord (37 250 ($\pm 16 000$) UFC/m³ d'air), à l'une des grilles des dégrilleurs (16 180 ($\pm 4 230$) UFC/m³ d'air) et aux filtres modifiés (34 030 ($\pm 10 450$) UFC/m³ d'air) du **centre B**, au niveau du puits (17 910 ($\pm 2 360$) UFC/m³ d'air) et sur le plancher de la station de pompage

D (32 400 ($\pm 6\,830$) UFC/m³ d'air) du **centre C** et au dessableur (19 550 ($\pm 15\,670$) UFC/m³ d'air), au décanteur lamellaire (38 480 ($\pm 8\,390$) UFC/m³ d'air), au décanteur des eaux (17 900 ($\pm 2\,260$) UFC/m³ d'air), au biofiltre (22 030 ($\pm 5\,910$) UFC/m³ d'air) et à l'épaississeur du **centre D** (12 080 ($\pm 4\,110$) UFC/m³ d'air) (tableaux 1 à 4).

Ces concentrations rejoignent celles mesurées dans d'autres études sur les centres d'épuration des eaux usées qui ont mesuré des concentrations moyennes de bactéries totales de l'ordre de 10⁴ UFC/m³ d'air.^{2,14,19} En résumé, le tableau 5 démontre que les concentrations moyennes de bactéries totales sont plus élevées que la valeur guide au niveau du pré-traitement, du traitement des boues et à un niveau moindre au traitement secondaire. De plus, il y a d'autres postes dans les quatre centres qui ont des concentrations moyennes de bactéries plus élevées, d'une façon statistiquement significative, que la concentration moyenne retrouvée à 300 mètres en amont de l'usine. Toutefois, il est évident qu'à cause du type d'opérations réalisées dans ces centres, il serait illusoire d'essayer d'atteindre dans l'air intérieur l'équivalent des concentrations retrouvées en amont de l'usine. Il serait donc souhaitable de rappeler aux travailleurs que les mesures d'hygiène personnelle devraient rigoureusement être appliquées pour ces postes ou départements.

Bactéries Gram négatives

Lorsque les concentrations moyennes des bactéries Gram négatives ont été comparées à la valeur limite d'exposition de 1 000 UFC/m³ d'air suggérée pour ce genre de milieu de travail, seul le biofiltre du **centre D** avec une concentration moyenne de 9 550 (± 330) UFC/m³ dépassait cette valeur (tableaux 1 et 5). En se fiant au niveau d'exposition recommandé, il semble donc peu probable que les endotoxines pourraient avoir des effets nocifs sur la santé des travailleurs pour la majorité des postes ou départements de ces centres.

Moisissures

Dans le **centre A**, les moisissures étaient présentes à des concentrations moyennes variant de 70 (± 30) UFC/m³ d'air dans la salle au-dessous du décanteur secondaire à 6 920 ($\pm 2 390$) à 100 mètres en aval du centre d'épuration. De plus, la majorité des postes échantillonnés (17 sur 23) sauf la cuisine, le bureau administratif, la salle du contrôleur aux centrifugeuses, la salle au-dessous du décanteur secondaire et la station de dégrillage-pompage avaient des concentrations moyennes plus élevées d'une façon statistiquement significative que l'air à 300 mètres en amont du centre.

Au **centre B**, les moisissures étaient présentes à des concentrations moyennes variant de 50 (± 20) UFC/m³ d'air au poste de contrôle à 1 790 (± 150) dans le plénum. Les seuls autres endroits qui possédaient des concentrations moyennes légèrement plus élevées d'une façon statistiquement significative que l'air à 300 mètres en amont du centre étaient à l'émissaire et aux filtres-presses ordinaires. Les concentrations moyennes étaient respectivement de 1 750 (± 330) et de 1 590 (± 240) UFC/m³ d'air.

Au **centre C**, le seul endroit où la concentration moyenne de moisissures de 2 680 (± 220) UFC/m³ d'air était plus élevée, d'une façon statistiquement significative, que la concentration extérieure, était au plancher de la station de pompage D. Tous les autres endroits possédaient des concentrations moyennes équivalentes à celles de l'air à l'extérieur à 300 mètres en amont de la direction du vent.

Au **centre D**, tous les départements ou postes échantillonnés possédaient des concentrations moyennes inférieures à celles mesurées dans l'air à l'extérieur, à 300 mètres en amont de la direction du vent.

Le tableau 6 résume les départements où des concentrations moyennes élevées de moisissures ont été mesurées. Les concentrations moyennes rejoignent celles d'une étude déjà réalisée dans une usine d'épuration des eaux usées, de l'ordre de 10^3 UFC/m³ d'air.¹⁹

En ce qui concerne l'environnement extérieur, aucune concentration moyenne de microorganismes plus grande que celles retrouvées en amont n'a été mesurée, à l'exception des moisissures au centre A. Il est possible dans ce cas que la source soit le centre d'épuration comme tel ou la végétation dense qui était présente.

Recommandations

La diminution de l'aérosolisation de poussières ou d'eau utilisés comme vecteur de propagation par les microorganismes devrait contribuer à réduire d'une façon substantielles les concentrations élevées.^{2,19} Les opérations devraient être conçues de façon à ce que les microorganismes ne puissent rejoindre les poumons des travailleurs. La formation d'aérosols devrait donc être évitée. En effet, il y avait présence de beaucoup de poussières aux postes où les concentrations moyennes de microorganismes aéroportés étaient élevées, comme au département de la granulation du centre A ou présence d'eau aérosolisée pour les départements des autres centres. Il faudrait rappeler aux travailleurs que les mesures d'hygiène personnelle doivent être appliquées rigoureusement dans ces départements. Entre autres, dans le centre A, il serait souhaitable que des solutions pour réduire le taux de poussières soient envisagées. En attendant, il serait préférable que les travailleurs oeuvrant dans ce département et plus particulièrement celui responsable du chargement des camions portent un masque de protection des voies respiratoires, jetable, capable de retenir les particules plus grosses qu'un (1) micromètre et possédant une couche de charbon actif pour éliminer les odeurs, d'autant plus que ces poussières possèdent des propriétés irritantes.

Dans le centre C, il serait aussi important de s'assurer que les ventilateurs soient mis en fonction avant d'entrer dans les stations de pompage afin de diluer les concentrations de microorganismes et des gaz pouvant être produites par la dégradation microbienne anaérobie. De plus, les travailleurs devraient recevoir l'information et la formation relatives au travail en espace clos, aux risques associés et aux mesures de prévention pour l'exécution d'un tel travail.²⁷ Le port du masque de protection des voies respiratoires pourrait être aussi envisagé pour effectuer des travaux dans la station de pompage D et au puits de la station de pompage B. La même protection respiratoire que

celle mentionnée précédemment devrait être suffisante après avoir vérifié si les conditions de travail ne correspondent pas à celles d'un espace clos. Si tel est le cas, les recommandations de la CSST dans leur document "Alerte action sur le traitement des eaux usées" devraient être suivies.²⁷

Au niveau des solutions techniques pour abaisser les concentrations moyennes de bactéries Gram négatives au département du biofiltre du centre D, la pose de déflecteurs dans le but d'éviter l'aérosolisation de l'eau au niveau des voies respiratoires a déjà donné des résultats intéressants dans un autre centre.²⁸ En ce qui concerne les solutions administratives, la limitation du temps d'exposition pourrait être envisagée. De plus, un avertissement de la présence de risques biologiques à l'entrée de ce département devrait être installé afin de sensibiliser les travailleurs et visiteurs. En attendant l'application de ces solutions techniques et administratives, il faudrait que les travailleurs portent des masques de protection respiratoire, jetables, et efficaces (de type HEPA) pour effectuer leurs travaux.

Pour les moisissures, l'entretien général des locaux impliqués pourrait contribuer à diminuer les concentrations élevées. En effet, le nettoyage régulier de la poussière accumulée prévient le développement de centres de prolifération microbienne.¹⁹

De plus, des mesures d'hygiène personnelle générales, bien qu'elles soient appliquées dans les quatre centres étudiés, pourraient être envisagées dans le but de réduire les risques d'exposition aux microorganismes, d'autant plus que certains types de bactéries pathogènes comme *Legionella* sp., *Leptospira* sp., de virus comme l'hépatite A ou de protozoaires n'ont pu être identifiés et quantifiés avec les techniques utilisées.²⁶ McCunney propose les recommandations suivantes pour le personnel des usines d'épuration des eaux usées.³ Il s'agit :

- d'éviter de porter les doigts dans les yeux, la bouche et les oreilles;
- de bien se laver les mains avant de manger ou de fumer et après le travail;
- de garder les ongles courts;
- de séparer les vêtements propres des vêtements sales;

- de rapporter et soigner adéquatement les coupures et blessures;
- de prendre une douche après chaque journée de travail.

Il faudrait que ces mesures soient rigoureusement suivies.

Conclusion

Ces interventions dans quatre centres d'épuration des eaux usées du Québec ont permis d'évaluer les niveaux d'exposition aux agents biologiques aéroportés (bactéries totales, Gram négatives et moisissures), de comparer ces expositions avec les niveaux limites d'exposition recommandés pour ce genre de milieu et de proposer certaines recommandations.

Comme le démontrent les tableaux résumés, les concentrations moyennes de bactéries totales supérieures au niveau limite d'exposition pour huit (8) heures de 10 000 (UFC/m³) suggéré pour ce genre d'activité, ne sont pas retrouvées dans des étapes du traitement en particulier. Ces résultats semblent plutôt démontrer que l'aérosolisation d'eau ou de poussières constitue le mode d'exposition pour les voies respiratoires des travailleurs. Il faudrait aussi que des mesures d'hygiène personnelle soient appliquées rigoureusement pour les postes ou départements impliqués.

Lorsque les concentrations moyennes des bactéries Gram négatives ont été comparées avec le niveau limite d'exposition pour huit (8) heures de 1 000 UFC/m³ d'air suggéré, seul le biofiltre du centre D dépassait cette valeur. Certaines pistes de solution ont été proposées afin de réduire les expositions des travailleurs oeuvrant dans ce département. En attendant, il faudrait que le port de masques de protection respiratoire jetables efficaces soit mis en vigueur. De plus, l'avertissement de la présence de risques biologiques à l'entrée de ce département serait indiqué. Pour les autres postes ou départements, peu importe le centre, il semble peu probable que les endotoxines libérées par les bactéries Gram négatives peuvent avoir des effets nocifs sur la santé des travailleurs.

Presque tous les départements ou postes échantillonnés du centre A (17 sur 23), le plénum, les filtres-presses et l'émissaire du centre B et l'une des stations de pompage du centre C possédaient des concentrations moyennes de moisissures supérieures à celles de l'air à l'extérieur, à 300 mètres en amont de la direction du vent. Il a été suggéré d'assurer un entretien régulier des départements dans le but de prévenir le développement de foyers de prolifération microbienne.

Enfin, la qualité de l'air au niveau microbien de l'environnement extérieur, à l'exception des moisissures au centre A, ne semble pas être influencée par les opérations effectuées, et ce à 100 mètres en aval, dans la direction du vent.

Remerciements

L'auteur tient à remercier pour leur aide apportée sur le terrain tous les intervenants des Régies régionales et des CLSC impliqués.

Bibliographie

1. Altmeyer, N., Abadia, G., Schmitt, S., Leprince, A. Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées. Fiche médico-technique # 34, INRS, pp. 373-388, 1992.
2. Laitinen, S., Kangas, J., Kotimaa, M. et col. Workers' Exposure to Airborne Bacteria and Endotoxins at Industrial Wastewater Treatment Plants. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 55(1):1055 (1994).
3. McCunney, R.J. Health Effects of Work at Waste Water Treatment Plants: a Review of the Literature with Guidelines for Medical Surveillance. Am. J. Ind. Med., 9:271 (1986).
4. Lundholm, m., Rylander, R. Work Related Symptoms among Sewage Workers. Brit. J. Ind. Med., 40:325 (1983).
5. Malmros, P., Problems with the Working Environment in Solid Waste Treatment. Report # 10/1990, The National Labour Inspection of Denmark, 27 p., 1990.

6. Lessard, S., Compostage. Des déchets verts domestiques et des boues de stations d'épuration: synthèse des connaissances concernant les risques pour la santé. Comité de santé environnementale des DSC du Québec, DSC Hôpital de l'enfant Jésus, Octobre 1992.
7. The Danish Working Environment Service Program. Overall Protocol for the Research Program "Garbage and recycling" 1994-98. J. # 1994-23-16, 67 pages, 1994.
8. Clark, C.S., Health Effects Associated with Wastewater Treatment and Disposal. Journal WPCF, 56(6):625 (1984).
9. Lundholm, M., Rylander, R., Occupational Symptoms among Compost Workers. J. Occ. Med., 22:256 (1984).
10. Clark, C.S., Potential and Actual Biological Related Health Risks of Wastewater Industry Employment. Journal WPCF, 59(12):999 (1987).
11. Malmros, P., Sigsgaard, T., Bach, B., Occupational Health Problems due to Garbage Sorting. Waste Management and Research, 10:227 (1992).
12. Rylander, R., Snella, M.C., Endotoxins and the Lungs: Cellular Reactions and Risks for Diseases. Prog. Allergy, 33:332 (1983).
13. Sigsgaard, T., Bach, B., Malmros, P., Respiratory Impairment among Workers in a Garbage-Handling Plant. Am. Journal of Industrial Med., 17:92 (1990).
14. Laitinen, S., Nevalainen, A., Kotimaa, M., Liesivuori, J., Martikainen, P.J., Relationship between Bacterial Counts and Endotoxin Concentrations in the Air of Wastewater Treatment Plants. Applied and Environmental Microbiology, 58(11):3774 (1992).
15. Rylander, R. The Role of Endotoxin for Reactions after Exposure to Cotton Dust. Am. J. Ind. Med., 12:687 (1987).
16. Donham, K., Haglind, P., Peterson, Y., et col. Environmental and Health Studies of Farm Workers in Swedish Swine Confinement Buildings. Brit. J. Ind. Med., 46:31 (1989).
17. Heederick, D., Brouwer, R., Biersteker, K., et col. Relationship of Airborne Endotoxin and Bacteria Levels in Pig Farms with the Lung Function and Respiratory Symptoms of Farmers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 62:595 (1991).
18. Muller, G. Airborne Dissemination of Bacteria from Sewage Treatment Plants. Environ. Intern., 3:283 (1980).

19. Lavoie, J., Pineau, S., Marchand, G. Aeromicrobial Analyses in a Wastewater Treatment Plant. Aerobiology: Proceedings Peer-reviewed of the PAAA Conference, Lewis Publishers, CRC Press, Michigan, USA, pp. 81-87, 1996.
20. Poulsen, O.M. et al. Sorting and Recycling of Domestic Waste. Review of Occupational Health Problems and their Possible Causes, Science of the Total Environment, 168:33-56, (1995).
21. Palchack, R.B., Cohen, R., Ainslie, M., et col. Airborne Endotoxin Associated with Industrial-Scale Production of Protein Products in Gram-negative Bacteria, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 49:420 (1988).
22. Eduard, W., Sandven, P., Levy, F. Serum Antibodies to Mold Spores in Two Norwegian Sawmill Populations: Relationship to Respiratory and Other Work-Related Symptoms, Am. J. Ind. Med., 24:207, (1993).
23. Santé et bien-être social du Canada. Signification de la présence de champignons dans l'air intérieur des édifices : Rapport d'un groupe de travail. Revue canadienne de santé publique, Vol. 78, mars/avril, pp. S.12-S32, 1987.
24. ASTM., Standard Practice for Sampling Airborne Microorganisms at Municipal Solid-Waste processing Facilities. Designation E 884 - 82, ASTM Standards on Materials and Environmental Microbiology, 2nd edition, pp. 42-45, 1993.
25. Lembke, L.L., Kniseley, R.N., Van Nostrand, R.C., Hale, M.D., Precision of the All-Glass Impinger and the Andersen Microbial Impactor for Air Sampling in Solid-Waste Handling Facilities. Applied and Environmental Microbiology, 42(2):222-225, 1981.
26. De Serres, G., Lévesque, B., Higgins, R., Major, M., Laliberté, D., Boulianne, N., Duval, B. Need for Vaccination of Sewer Workers against Leptospirosis and Hepatite A, Occupational and Environmental Medicine 52:505-507, 1995.
27. CSST. Alerte action. Traitement des eaux usées. Juillet-août 1993, fiche 76.
28. Pelletier, P. Intervention dans un réseau d'assainissement des eaux usées, Travail et santé 12(2):19-21, 1996.

Tableau 1. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre A)

Poste	Bactéries totales (UFC/m ³)		Bactéries Gram - (UFC/m ³)		Moisissures (UFC/m ³)	
	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)
Extérieur (300 m en amont)	4	750 (310)	6	20 (80)	6	490 (180)
Extérieur (100 m en aval)	3	1 035 (645)	6	90 (60)	3	6 920 (2 390)*
Dégrillage-pompage	3	3 170 (1 760)*	5	580 (550)*	6	1 140 (1 040)
Pompage	4	1 840 (1 410)	4	50 (15)*	5	3 500 (1 660)*
Dessableur, dessus extérieur	3	1 950 (1 250)	5	120 (120)	4	1 270 (160)*
Dessableur	5	740 (330)	6	30 (20)	5	1 190 (150)*
Aérateur	6	1 130 (310)	5	n.d.	4	1 720 (550)*
Décanteur primaire	3	940 (480)	6	n.d.	6	1 440 (380)*
Digesteur	6	270 (110)	6	n.d.	5	800 (220)*
Bureau administratif	4	825 (460)	6	n.d.	5	170 (90)
Salle au dessous du décanteur secondaire	5	310 (100)	6	n.d.	5	70 (30)
Vanne d'épaississeur (alimentation)	6	170 (40)	6	n.d.	5	840 (280)*
Bassin d'épaississeur, au-dessus	6	540 (110)	3	30 (10)	6	3 070 (290)*
Salle mécanique	3	560 (70)	6	30 (10)	5	1 170 (470)*
Cuisine	5	1 280 (650)	3	n.d.	5	290 (90)
Salle mécanique d'entretien	5	1 680 (990)	5	20 (10)	6	1 100 (60)*
Centrifugeuse	6	5 490 (1 340)*	3	30 (10)	5	770 (150)*
Salle du contrôleur	6	580 (150)	2	30 (10)	6	540 (170)
Balance, passerelle des camions	4	2 300 (730)*	4	30 (20)	6	1 230 (180)*
Granulation (mélangeur à palette)	6	5 420 (1 660)*	6	30 (20)	6	990 (300)*
Granulation (premier niveau)	6	5 470 (2 240)*	6	n.d.	6	1 980 (520)*
Granulation, camion extérieur	6	18 690 (4 470)*	5	40 (45)	6	2 760 (460)*
Vidange des camions des fosses septiques	5	2 780 (1 050)*	5	70 (100)	6	1 480 (370)*

* = $p \leq 0,05$

n.d. = non détecté

Tableau 2. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre B)

Poste	Bactéries totales (UFC/m ³)		Bactéries Gram - (UFC/m ³)		Moississures (UFC/m ³)	
	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)
Extérieur (300 m en amont)	5	510 (210)	6	30 (20)	6	1 080 (410)
Extérieur (100 m en aval)	5	440 (200)	6	30 (20)	6	1 350 (250)
Intercepteur extérieur nord	6	37 250 (16 000)*	6	n.d.	6	1 850 (710)
Intercepteur extérieur sud	5	2 070 (1 105)*	6	40 (20)	4	760 (360)
Cyclone	5	2 470 (380)*	6	n.d.	6	130 (600)
Presse à résidus	6	600 (150)	6	20 (10)	6	840 (470)
Chargement des camions	6	510 (250)	6	n.d.	6	1 310 (540)
Dessableur (passerelle)	6	1 300 (380)*	6	20 (10)	6	1 570 (530)
Grille	4	16 180 (4 230)*	6	410 (60)*	6	1 870 (830)
Émissaire	6	910 (340)*	4	35 (30)	5	1 750 (330)*
Canal d'amenée	6	360 (200)	6	n.d.	6	1 160 (110)
Décanteurs 1 et 2	6	1 270 (630)*	6	50 (40)	6	1 590 (400)
Décanteur 22	6	3 180 (2 030)*	6	30 (10)	6	860 (410)
Plénum	5	5 160 (1 140)*	6	20 (10)	3	1 790 (150)*
Début du convoyeur	5	5 170 (1 150)*	6	n.d.	5	1 280 (130)
Bassin d'homogénéisation	6	440 (300)	6	n.d.	4	260 (140)
Gâteaux (convoyeur à bande)	5	6 240 (2 640)*	6	n.d.	5	910 (300)
Filtre-presse ordinaire (dessous)	5	4 890 (2 390)*	6	20 (10)	5	1 590 (240)*
Filtre-presse	6	2 760 (760)*	6	30 (20)	5	1 110 (360)
Ventilation amont (boues)	5	1 560 (610)*	6	n.d.	4	110 (60)
Ventilation aval (boues)	6	112 (110)	6	n.d.	6	260 (240)
Bassin de récupération	6	1 310 (440)*	6	n.d.	6	1 610 (770)
Pompes à boues primaires	6	410 (170)	6	n.d.	6	610 (210)
Filtres modifiés	4	34 030 (10 450)*	6	30 (20)	3	990 (200)
Galerie des pompes à boues	5	300 (70)	6	n.d.	5	100 (40)
Emmagasinement des boues	6	520 (190)	6	n.d.	6	430 (330)
Incinération, salle des cendres	6	480 (210)	6	n.d.	6	1 490 (270)
Poste de contrôle	5	320 (170)	6	n.d.	6	50 (20)

* = $p \leq 0,05$

n.d. = non détecté

Tableau 3. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre C)

Poste	Bactéries totales (UFC/m ³)		Bactéries Gram - (UFC/m ³)		Moisissures (UFC/m ³)	
	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)
Extérieur, amont (station A)	5	1 110 (360)	6	40 (30)	6	910 (260)
Plancher (station A)	5	1 800 (690)	6	n.d.	6	1 090 (320)
Extérieur, amont (station B)	6	640 (270)	6	n.d.	6	1 090 (780)
Plancher (station B)	4	980 (640)	6	30 (20)*	6	2 940 (1 240)
Puits (station B)	4	17 910 (2 360)*	6	730 (150)*	6	2 820 (1 040)
Contrôle (station C)	6	390 (250)	6	n.d.	6	330 (90)
Extérieur, amont (station C)	4	2 470 (1 420)	6	150 (120)	2	11 165 (590)
Dégrillage (station C)	6	6 480 (2 800)*	6	30 (10)	6	7 675 (1 670)
Extérieur, amont (station D)	6	350 (230)	6	n.d.	5	860 (160)
Plancher (station D)	6	32 400 (6 830)*	6	470 (190)*	6	2 680 (220)*
Aval (station D)	6	420 (90)	6	20 (10)	6	750 (450)
Extérieur, amont (centre C)	5	1 590 (600)	6	130 (30)	6	7 110 (1 310)
Aération (centre C)	6	650 (230)	6	20 (5)	6	510 (190)
Contrôle (centre C)	6	840 (230)	6	n.d.	5	580 (200)
Extérieur, aval (centre C)	5	960 (2500)	6	20 (5)	6	1 000 (260)

* = $p \leq 0,05$

n.d. = non détecté

Tableau 4. Concentrations moyennes ($\pm$ écart-type) des contaminants biologiques (centre D)

Poste	Bactéries totales (UFC/m ³)		Bactéries Gram - (UFC/m ³)		Moisissures (UFC/m ³)	
	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)	n	Conc. ($\pm$ écart-type)
Extérieur (300 m en amont)	6	2 630 (610)	6	110 (70)	6	8 700 (1 640)
Extérieur (100 m en aval)	6	390 (210)	6	20 (10)	6	1 760 (190)
Poste de contrôle	5	470 (220)	6	n.d.	6	620 (180)
Cafétéria	5	240 (100)	6	20 (10)	6	170 (60)
Dégrilleur	3	1 520 (530)	6	20 (10)	5	420 (60)
Dessableur	5	19 550 (15 670)*	6	230 (90)*	3	630 (70)
Traitement de l'air	6	4 850 (1 150)*	6	20 (10)	6	500 (140)
Décanteur lamellaire	6	38 480 (8 390)*	6	110 (80)	6	850 (140)
Décanteur des eaux	4	17 900 (2 260)*	6	90 (30)	5	760 (110)
Galleries des eaux de lavage	6	5 110 (1 370)*	6	40 (30)	6	370 (150)
Traitement ultraviolet	6	3 810 (1 260)	6	30 (20)	6	440 (120)
Biofiltre	4	22 030 (5 910)*	4	9 550 (330)*	6	870 (210)
Épaisseuse	5	12 080 (4 110)*	6	30 (10)	6	620 (120)

* = $p \leq 0,05$

n.d. = non détecté

Tableau 5. Étapes de traitement d'épuration pour lesquelles les concentrations moyennes de bactéries étaient plus élevées que les valeurs guides

Contaminant	Bactéries totales				Bactéries Gram négatives			
Valeur guide	10 000 UFC/m ³				1 000 UFC/m ³			
Centre	A	B	C	D	A	B	C	D
Pré-traitement								
Pompage		✓	✓					
Dégrillage		✓						
Dessablage				✓				
Traitement primaire								
Décantation primaire								
Traitement secondaire								
Aération ou biofiltration								✓
Décantation secondaire		✓		✓				
Traitement des boues								
Digestion								
Affinage et filtration	✓	✓		✓				
Poste de contrôle								
Air extérieur								
Amont								
Aval								

Tableau 6. Étapes de traitement d'épuration pour lesquelles les concentrations moyennes de moisissures étaient plus élevées, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), que l'air extérieur en amont

Contaminant	Moisissures			
Centre	A	B	C	D
Pré-traitement				
Pompage	✓	✓	✓	
Dégrillage				
Dessablage	✓			
Traitement primaire				
Décantation primaire	✓			
Traitement secondaire				
Aération ou biofiltration				
Décantation secondaire	✓			
Traitement des boues				
Digestion				
Affinage et filtration	✓	✓		
Poste de contrôle				
Air extérieur				
Aval	✓			

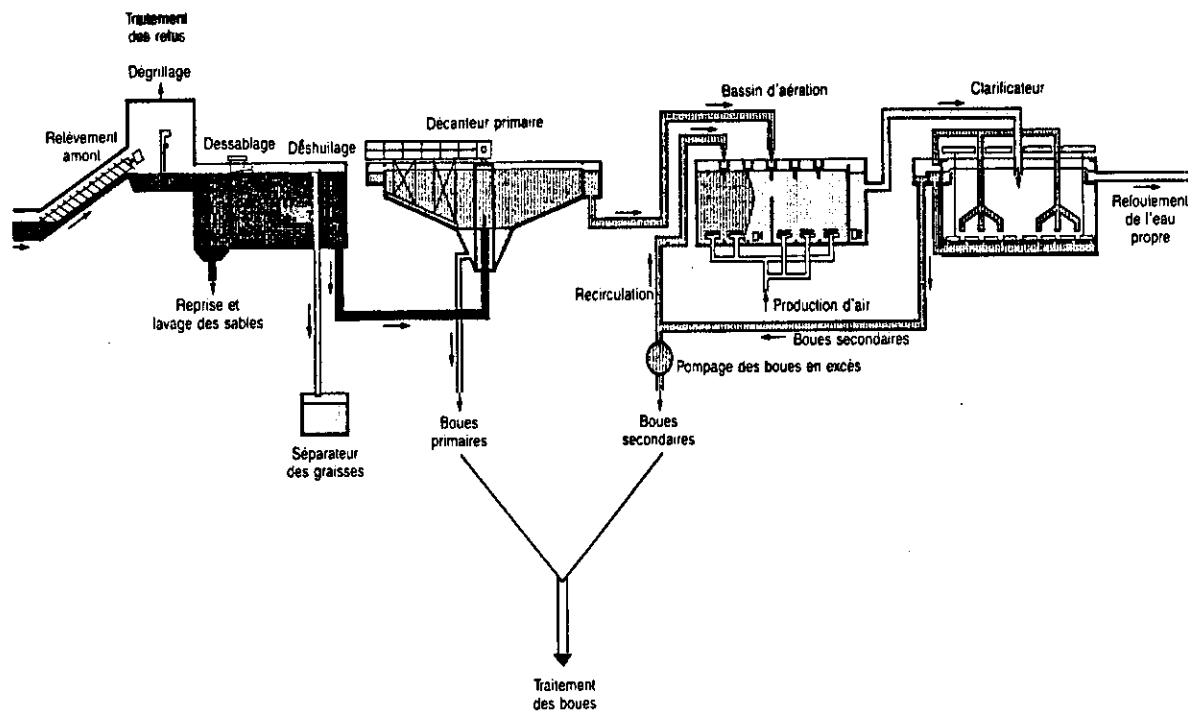


Figure 1 : Description générale du procédé d'épuration des eaux.¹