

# Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées

N. ALTMAYER (\*), G. ABADIA (\*), S. SCHMITT (\*\*), A. LEPRINCE (\*)

Ont collaboré à ce travail les Docteurs J.C. CHELLE, C. GUENZI, L. HOGUET, J.C. MOURET, D. PHELIPPEAU, P. QUELIN, médecins du travail et M. J. EMERAUD, ingénieur.

*« Bleue comme une orange » a-t-on dit de la Terre, expression imagée et non usurpée, quand on sait que l'eau est la substance la plus répandue à la surface du globe. Abondante certes, mais aussi précieuse car les besoins en eau de l'humanité ne cessent de croître. La protection de l'eau est donc devenue une nécessité et spécialement le traitement des rejets dans le milieu naturel. Les impuretés qu'elle véhicule sont biologiques (microorganismes...) et chimiques (ions métalliques, nitrates, hydrocarbures et autres solvants...), sous forme solide, liquide ou gazeuse. Le souci de la protection des travailleurs exposés à ces nuisances dans les stations d'épuration en est le corollaire.*

*Les risques infectieux en rapport avec le travail en station d'épuration (traitement biologique) font l'objet de nombreuses interrogations. Si le risque théorique peut sembler inquiétant, en raison du contenu microbiologique des eaux usées et des boues, le risque réel encouru par les travailleurs des stations d'épuration peut être nuancé, comme le montre la synthèse de la bibliographie, complétée par le recueil des observations rapportées par un groupe de médecins du travail.*

*Pour essayer de mieux cerner les pathologies susceptibles d'être liées au travail en station d'épuration, il a paru intéressant de proposer aux médecins du travail de mettre et d'exploiter en commun leurs observations. Une fiche de suivi médical des personnels exposés (travailleurs sur stations ou entreprises intervenantes) leur est donc proposée, afin de recueillir les données de façon la plus homogène possible. D'autre part, il a semblé utile au groupe de travail que ce recueil s'effectue sur une période d'au moins deux ans.*

## 1. PRINCIPES DU TRAITEMENT DES EAUX USEES [47, 51, 54, 61, 63, 64, 69, 72, 78]

Une station d'épuration comprend classiquement plusieurs unités de traitement, placées en série, qui assurent :

- un prétraitement physique de l'effluent,
- une décantation primaire,

- un traitement biologique,
- une décantation secondaire,
- le traitement des boues récoltées dans les bassins de décantation.

En parallèle à ce traitement, se situe un laboratoire d'analyses. Son rôle est de contrôler la qualité des effluents entrant dans la station et rejetés par celle-ci, ainsi que les paramètres de fonctionnement du procédé.

Il serait trop fastidieux de décrire tous les types de techniques employées, nous nous limiterons à une description rapide des différentes étapes (cf. fig. 1).

(\*) Service Etudes et assistance médicales, INRS Paris.

(\*\*) Chimie et Ecologie.

## 1.1. Le prétraitement physique de l'effluent

Destiné à préparer l'effluent au traitement biologique ultérieur, le prétraitement comporte une succession d'opérations physiques ou mécaniques destinées à séparer les eaux usées des matières volumineuses, en suspension ou flottantes, qu'elles véhiculent.

### 1.1.1. Le dégrillage

Premier poste de traitement (situé à l'arrivée des eaux usées dans la station), il a pour but de retenir les déchets solides et volumineux (papiers, feuilles, objets divers...), charriés par l'eau brute, insensibles au traitement biologique et nuisibles pour les installations situées en aval (pompes, conduites).

L'effluent passe pour cela entre les barreaux métalliques d'une grille dont le nettoyage se fait soit automatiquement (à privilégier pour réduire les interventions humaines), soit manuellement. Les déchets ainsi recueillis, après stockage, ont des destinations variables selon leur nature : mise en décharge, incinération...

### 1.1.2. La dilacération

Cette opération consiste à dilacérer les matières solides véhiculées par les eaux. Ainsi réduites, ces matières continuent le circuit du traitement de l'eau, sans être extraites. On supprime ainsi un des problèmes inhérents au dégrillage à savoir celui du devenir des résidus de dégrillage.

En fait, assez rarement utilisée en France (risque de « bouchage » des installations en aval par des fibres textiles ou végétales agglomérées) dans le cadre du traitement des eaux résiduaires, cette opération s'intègre plus volontiers au traitement des boues, en substitution au dégrillage.

### 1.1.3. Le dessablage

Cette opération permet de séparer par sédimentation les eaux usées des graviers, sables et autres particules minérales plus ou moins fines susceptibles d'endommager les installations en aval (ensablement des conduites, des bassins...).

Le dessablage ne concerne que les particules de diamètre supérieur ou égal à 200 micromètres. Les particules de diamètre inférieur seront « récupérées » par décantation ultérieure.

Plusieurs procédés peuvent être utilisés :

- le *dessableur couloir simple* : souvent réservé aux petites installations, l'extraction du sable se faisant manuellement ;
- le *dessableur circulaire à extraction mécanique* : le sable collecté est évacué par une pompe le plus souvent ;
- le *dessableur rectangulaire aéré* : particulièrement indiqué pour les débits importants, ce procédé permet d'une part, grâce à l'air insufflé, de séparer les particules de sable des matières organiques, d'autre part, d'éliminer les matières flottantes. La récupération du sable peut se faire de diverses façons (raclage vers une fosse de collecte, émulseur d'air, pompe suceuse...).

### 1.1.4. Le dégraissage-déshuilage

Huiles et graisses de densité inférieure à celle de l'eau flottent à sa surface. Le dégraissage-déshuilage consiste à récupérer ces produits selon le principe de l'écumage : par déversement pour les huiles, par raclage pour les graisses.

Tandis qu'à la partie inférieure du dégraisseur il y a insufflation d'air pour favoriser la remontée en surface des huiles et graisses, la partie supérieure est une zone tranquille permettant la séparation huiles-graisses-eau.

A noter que pour les collectivités ou entreprises rejetant des eaux particulièrement riches en graisses et/ou huiles, il est recommandé, voire imposé, de traiter ces eaux avant rejet à l'égout. Il existe pour cela des appareils, dits séparateurs de graisses, permettant de récupérer plus des trois quarts des corps gras ainsi déversés.

### 1.1.5. La neutralisation

Elle consiste à ajuster le pH entre 7 et 8, à l'aide de réactifs appropriés (acides, bases...).

### 1.1.6. L'évacuation et le traitement des sables et refus

Qu'il s'agisse du dégrillage, du dessablage ou du déshuilage-dégraissage, le traitement primaire a pour corollaire la récupération de déchets dont il convient d'assurer l'élimination. Les refus de dégrillage peuvent être envoyés en décharge, enterrés ou incinérés. Les sables récupérés peuvent être lavés avant stockage et éventuelle réutilisation (lits de séchage).

## 1.2. La décantation primaire

Elle permet de retirer des eaux usées les matières décantables qu'elles contiennent encore. Dans ce cas, la séparation qui s'effectue par gravité ne concerne que les particules de diamètre supérieur à 100 micromètres. Celles de diamètre inférieur à 100 micromètres ne décantent pas, mais seront entraînées vers les unités ultérieures de traitement.

Les bassins de décantation sont des bassins à ciel ouvert, le plus souvent cylindroconiques. L'effluent brut arrive par un point central. Les matières décantables en suspension dans l'eau vont se séparer de l'effluent et se déposer au fond du bassin où elles seront raclées par un pont radial tournant. Les eaux de surverse sont récupérées à la périphérie des bassins par une lame déversante (il existe bien d'autres types de décanteurs : lamellaires, à recirculation des boues...).

Les matières décantables ainsi obtenues par séparation de l'effluent constituent les boues dites « primaires », qui sont récupérées et orientées vers le traitement des boues.

Au terme de ce prétraitement essentiellement mécanique, les eaux usées sont dépourvues de la quasi-totalité des particules en suspension qu'elles contenaient et peuvent subir le traitement biologique.

## 1.3. Le traitement biologique

Le principe du traitement biologique repose sur la dégradation des composés organiques présents dans l'effluent par des microorganismes (aérobies et/ou anaérobies). Ceux-ci, pour se développer, vont se nourrir de cette pollution organique dissoute. Ces microorganismes exercent, d'autre part, un effet physique de rétention de la pollution organique par leur propension à se rassembler en films ou flocons. Dans le cas des bactéries aérobies, l'oxygène nécessaire à leur métabolisme leur est apporté par des dispositifs d'aération.

Les techniques de traitement biologique les plus couramment employées sont décrites dans les paragraphes suivants.

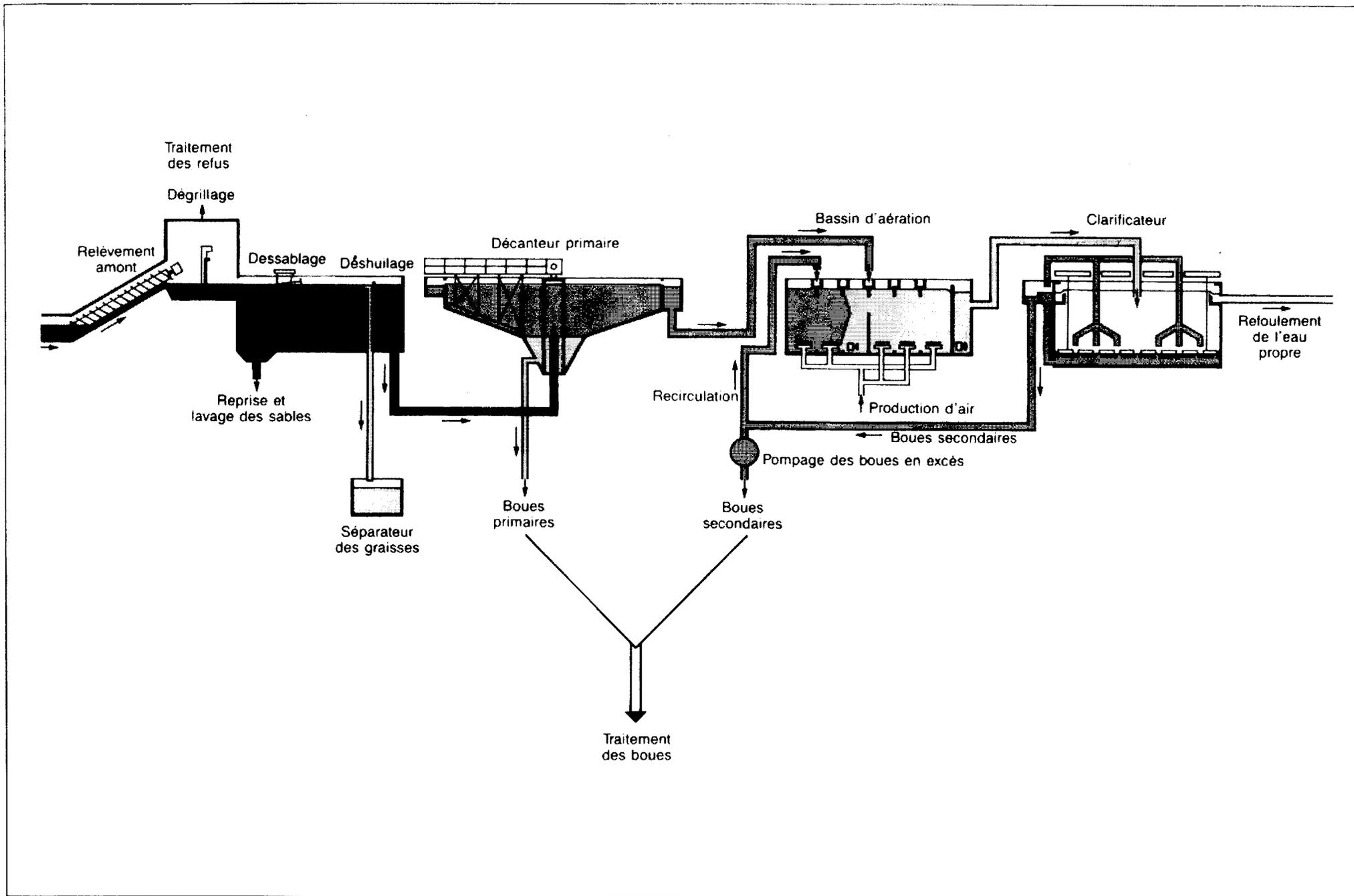


Fig. 1.

### 1.3.1. Les boues activées

Ce procédé est encore appelé système à cultures libres, car les microorganismes épurateurs flottent librement dans l'effluent.

Un dispositif de brassage permet un mélange homogène floc bactérien – eaux usées. L'apport d'oxygène nécessaire aux bactéries est assuré par le brassage de l'eau, permettant la dissolution de l'oxygène atmosphérique dans l'eau et/ou par adjonction d'oxygène pur.

Après un temps de contact suffisant, l'effluent épuré est séparé des microorganismes par décantation.

### 1.3.2. Le lit bactérien

Dans ce cas, l'effluent prétraité ruisselle sur des matériaux inertes de grande surface servant de support aux microorganismes épurateurs.

La circulation de l'air atmosphérique entre les matériaux assure une oxygénation naturelle de l'effluent. Celle-ci peut également être forcée.

Secondairement, l'effluent subira une décantation destinée à le débarrasser des microorganismes entraînés lors du ruissellement.

### 1.3.3. Le lit immergé

L'effluent prétraité traverse des matériaux inertes plus ou moins poreux permettant d'une part de « fixer » la biomasse épuratrice; d'autre part, l'effet filtrant de ces matériaux assure la séparation eaux-boues et dispense donc d'une décantation secondaire.

### 1.3.4. Le lagunage

L'effluent prétraité séjourne pendant une durée allant de plusieurs semaines à plusieurs mois, dans des bassins peu profonds mais de grande surface.

L'épuration biologique est assurée par des microorganismes se développant dans le milieu grâce à l'oxygène de la photosynthèse (lagunage naturel); le cas échéant, par aération artificielle : lagunage aéré (insufflation d'air, turbine...).

Ce procédé permet également la stabilisation des boues produites. En raison de sa simplicité d'exploitation et de son efficacité, cette technique connaît un essor important dans les pays en voie de développement et également en Europe, pour le traitement des eaux usées des communes rurales.

### 1.3.5. Le digesteur

Dans ce cas, l'épuration biologique a lieu dans un ouvrage clos (digesteur ou méthaniseur)ensemencé en microorganismes anaérobies, fixés ou non. Les gaz produits par cette fermentation sont principalement le méthane et le dioxyde de carbone. Le méthane constitue une source d'énergie valorisable (alimentation de la chaudière de chauffage des boues...).

## 1.4. La décantation secondaire

La séparation des boues formées a lieu dans un décanteur secondaire (ou clarificateur). La masse biologique ainsi récupérée constitue les boues secondaires dont une partie est évacuée vers le traitement des boues, tandis que l'autre est recyclée pour maintenir une masse biologique suffisante pour l'épuration.

## 1.5. Le traitement des boues

Qu'il s'agisse des boues primaires ou secondaires, leur traitement est un corollaire inévitable du traitement de l'eau et représente une charge d'exploitation importante pour la station.

Il a plusieurs objectifs :

- réduire la masse organique : stabilisation par digestion aérobie ou anaérobie, pasteurisation, stabilisation chimique...;
- réduire le volume des boues : par épaissement, par déshydratation, ou, après déshydratation, par séchage thermique ou incinération.

S'y associe souvent un traitement chimique des odeurs.

### 1.5.1. L'épaississement

Première étape du traitement des boues, l'épaississement permet de réduire leur volume en évacuant l'eau interstitielle qu'elles contiennent. Il peut se faire par décantation, qui consiste à laisser reposer les boues et, après sédimentation, à récupérer en surface l'eau interstitielle. On peut aussi avoir recours à la flottation. Celle-ci permet, par opposition à la décantation, de séparer un liquide d'autres particules, solides ou liquides, de masse volumique inférieure (flottation naturelle). Le cas échéant, la flottation peut être provoquée en réduisant la masse volumique des particules par insufflation d'air. Ces particules vont se combiner aux bulles d'air pour former un complexe « gaz-particule » moins dense que le liquide.

### 1.5.2. La stabilisation

Elle permet d'éliminer 20 à 50 % de la matière organique. Elle peut se faire :

- *par digestion anaérobie* : celle-ci a lieu dans le digesteur où les matières organiques subissent une transformation en dioxyde de carbone et méthane avec également production d'ammoniac. Les boues ainsi digérées sont récupérées dans la partie la plus déclive du digesteur, tandis que les gaz peuvent être utilisés au conditionnement thermique des boues ;
- *par digestion aérobie* : l'apport prolongé d'oxygène stimule le développement des microorganismes jusqu'à épuisement du milieu. Pour cela, les boues séjournent dans des bassins dits de stabilisation. « Elle consiste, par une aération prolongée, à stimuler ou à entretenir le développement des microorganismes aérobies jusqu'à dépasser la période de synthèse des cellules et réaliser leur propre auto-oxydation » [64] ;
- *par stabilisation chimique* : elle repose sur l'utilisation d'agents chimiques bactériostatiques. En raison de son faible coût, le réactif le plus souvent utilisé est la chaux ;
- *par pasteurisation* : elle a pour but d'inactiver totalement les agents pathogènes contenus dans les boues (par exemple, en vue de l'épandage des boues sur des pâtures). Pour cela, la suspension boueuse est maintenue à 70 °C pendant 30 min.

### 1.5.3. La déshydratation

Elle permet de diminuer le volume des boues et d'améliorer leur manutention :

- *par filtration naturelle* : les boues sont épandues sur des lits de séchage, constitués de sables et de gravillons. L'eau y subit un drainage et une évaporation. Les boues séchées sont enlevées manuellement ou mécaniquement ;
- *par filtration mécanique* : la pression appliquée sur les boues (5 à 15 bars, voire plus) libère la plus grande partie

des eaux interstitielles contenues dans les boues, laissant ainsi un gâteau de boues (parmi les techniques utilisées : filtres-presses, bandes presseuses...);

- **par centrifugation** : adapté aux boues difficiles à traiter, l'essorage est effectué en enceinte fermée. L'intervention humaine est donc réduite, les nuisances olfactives également.

#### 1.5.4. Le conditionnement des boues

La déshydratation nécessite le plus souvent un conditionnement préalable de la boue, qui consiste à « flocculer » celle-ci pour augmenter artificiellement la taille des particules.

Le conditionnement peut être chimique (utilisation de sels métalliques, de polyélectrolytes) ou thermique (cuisson des boues entre 150 et 200 °C pendant 30 à 60 min).

#### 1.5.5. Le séchage - Inclination

Le séchage permet l'évacuation de l'eau interstitielle par évaporation. S'il est total, le produit obtenu se réduit pratiquement aux matières sèches organiques et minérales, réutilisables, sous forme d'engrais agricole par exemple.

L'incinération, couplée au séchage, permet en plus, la combustion des matières organiques des boues. Le résidu obtenu a une masse extrêmement faible (cendres) et est constitué des seules matières minérales de la boue.

Le procédé comporte pour cela un sécheur, étuve à température constante, et un four, où la température atteint 760 à 870 °C.

#### 1.5.6. La destinée des boues

##### Amendement des sols

Cette utilisation agricole ne peut être envisagée que pour des cultures à usage non alimentaire, tant pour l'homme que pour les animaux destinés à l'abattoir.

L'épandage des boues se fait sous forme liquide (épaississement préalable nécessaire) ou sous forme pulvérulente.

##### Récupération d'énergie

Notamment du méthane produit par la digestion des boues.

##### Mise en décharge

Destination la plus fréquente.

##### Récupération de produits

S'envisage surtout dans le cadre des eaux résiduaires industrielles : récupération de fibres (industrie du papier, du bois), des métaux (industrie du traitement de surface).

## 2. RISQUES MICROBIOLOGIQUES EN STATIONS D'EPURATION BIOLOGIQUE : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans cette revue bibliographique, nous avons volontairement séparé :

- les **données théoriques** regroupant :
  - les analyses microbiologiques des eaux usées et des boues ;

- les modes de contamination du personnel exposé ;

- les **observations de cas** et les **études épidémiologiques** (morbidité) donnant une estimation approximative du risque réel encouru.

Dans la littérature, il a été rarement possible de différencier les stations de traitement biologique des eaux résiduaires urbaines de celles des eaux résiduaires industrielles. Par ailleurs, certaines conclusions d'études concernent le travail au contact des eaux usées en général, sans distinction nette entre les postes d'égoutiers et de travailleurs des stations d'épuration (ceux-ci pouvant être employés à tous les stades du traitement des eaux, y compris les travaux d'épandage et de compostage des boues).

### 2.1. Un risque théorique important

#### 2.1.1. Les agents pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux usées et les boues [1, 2, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 17, 26, 29, 30, 33, 35, 37, 39, 43, 44, 49, 51, 52, 53, 54, 59, 63, 70, 71, 72, 73, 77, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 88, 91, 92, 93, 100]

Les eaux usées constituent non seulement un vecteur pour de nombreux microorganismes mais également un milieu de prolifération pour certains d'entre eux, dont les bactéries.

Dans le tableau I, nous avons essayé d'établir un recensement aussi complet que possible des agents pathogènes rencontrés dans les eaux usées et les boues.

Ces listes ne sont pas exhaustives, les agents décrits peuvent varier selon les conditions climatiques et le niveau d'hygiène.

#### 2.1.2. Facteurs modulant le risque infectieux d'un agent pathogène [8, 12, 13, 36, 51, 54, 77]

Face à ce catalogue impressionnant d'agents infectieux, il convient de nuancer le risque. Le fait de mettre en évidence un ou plusieurs agents pathogènes dans un milieu ne signifie pas forcément, pour l'homme en contact avec ce milieu, un risque d'infection.

Ainsi, les microorganismes voient leur « caractère infectant » modulé par un certain nombre de facteurs. Certains leur sont propres, d'autres sont liés à l'environnement et/ou à l'hôte :

- la **quantité excrétée par un individu infecté**, malade ou porteur sain ;

- la **latence**, durée nécessaire pour qu'un agent pathogène excrété devienne infectieux : certains agents vont provoquer immédiatement une infection chez l'individu récepteur ; c'est le cas des bactéries et des virus. D'autres, comme les douves, ténias... doivent passer par un hôte intermédiaire ;

- la **survie dans l'environnement**, hors de l'hôte définitif : si les bactéries ont la faculté de survivre et de se multiplier hors de leurs hôtes habituels, les virus ne peuvent survivre longtemps en dehors de ceux-ci. C'est le cas également de la plupart des parasites, à l'exception de ceux développant des formes de résistance (kystes de protozoaires, œufs de vers) ;

- la **faculté de se multiplier dans l'environnement** : elle est essentiellement le fait des bactéries et de quelques parasites (douves) ;

- la **dose minimale infectante** : c'est la plus petite quantité de germes nécessaires pour provoquer l'infection ; les protozoaires intestinaux, mais surtout l'ensemble des virus ont une dose infectante basse, < 100 éléments. Les bactéries sont moins contagieuses, en raison d'une dose infectante plus élevée (10<sup>4</sup> éléments) [77] ;

● la réponse de l'hôte : si celui-ci entre en contact avec des doses trop faibles pour être infectantes, il ne développera pas la maladie, mais au contraire une réponse immunitaire protectrice contre les éventuelles agressions à venir ; les virus sont les plus immunogènes, en second se situent les bactéries, puis enfin les parasites. A noter que l'infestation n'est pas forcément synonyme de maladie : ainsi en est-il des porteurs sains, indemnes de tout symptôme et qui jouent un rôle capital dans la propagation d'une infection.

## 2.2. Modes de contamination du personnel

### 2.2.1. Contamination cutané-muqueuse [6, 8, 51, 54]

Elle survient par trois voies principales :

- contact direct : souillure d'une plaie, d'une dermatose... ;
- voie transcutanée : possible pour certains germes : *leptospira*, *ankylostoma*, *brucella* par exemple ;
- voie conjonctivale plus rarement.

TABLEAU I

<p><b>Bactéries</b></p> <p><i>Klebsiellae pneumoniae</i>  <i>Escherichia Coli</i>  <i>Salmonella spp</i> (dont <i>typhi</i>, <i>para A</i> et <i>para B</i>)  <i>Shigella spp</i>  <i>Vibrio cholerae</i>  <i>Mycobacterium tuberculosis</i>  <i>Bacillus anthracis</i>  <i>Actinomyces</i>  <i>Leptospira interrogans (icterohaemorrhagiae)</i>  <i>Legionella spp</i>  <i>Yersinia enterocolitica</i>  <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  <i>Clostridium tetani</i>  <i>Clostridium perfringens</i>  <i>Clostridium botulinum</i>  <i>Listeria monocytogenes</i>  <i>Campylobacter spp</i></p>	<p><b>Champignons</b></p> <p><i>Candida albicans</i>  <i>Cryptococcus neoformans</i>  <i>Aspergillus spp</i>  <i>Trichophyton spp</i>  <i>Epidermophyton spp</i></p>
<p><b>Virus</b></p> <p><i>Influenzaevirus</i>  <i>Enterovirus :</i>  <i>Coxsackie A et B</i>  <i>Echovirus</i>  <i>Poliovirus</i>  <i>Virus de l'hépatite A</i>  <i>Rotavirus</i>  <i>Adénovirus</i>  <i>Réovirus</i>  <i>Parvovirus</i> (agent de Norwalk, de Denver, d'Hawaï)  <i>Coronavirus</i></p>	<p><b>Parasites</b></p> <p><b>Protozoaires</b></p> <p><i>Entamoeba histolytica</i>  <i>Giardia Lamblia</i>  <i>Balantidium coli</i></p> <p><b>Helminthes</b></p> <p><i>Ascaris lumbricoides</i>  <i>Ankylostoma duodenale</i>  <i>Anguillula intestinalis</i>  <i>Toxocara canis</i>  <i>Toxocara cati</i>  <i>Trichiuris trichiura</i>  <i>Fasciola hepatica</i> (et autres douves).  <i>Taenia saginata</i>  <i>Taenia solium</i>  <i>Hymenolepis nana</i>  <i>Toxoplasma gondii</i>  <i>Echinococcus spp</i></p>

## 2.2.2. Contamination respiratoire [6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 34, 42, 49, 51, 54, 55, 90, 91, 94, 95, 96, 100]

Parmi les germes cités dans les tableaux, plusieurs ont une pathogénicité pulmonaire possible : *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Influenzae virus*, *Myxovirus*, *Aspergillus fumigatus*, *Legionella*...

La contamination est essentiellement assurée par :

- les aérosols générés par les dispositifs d'aération des boues (ou lors du pelletage des boues, de leur épannage...);
- les aérosols provenant de la dispersion aérienne des boues séchées (pouvant véhiculer divers microorganismes dont les *Aspergillus fumigatus*).

### Les aérosols

Pour mémoire, la norme NF X 43-001 [68] définit un aérosol comme tout ensemble de particules solides ou liquides en suspension dans un milieu gazeux. Les particules sont conventionnellement considérées comme en suspension si leur vitesse limite de chute n'excède pas 0,25 m/s.

Indispensable pour accélérer la dégradation aérobie des matières organiques, l'aération des eaux usées a pour corollaire la génération d'aérosols. Ceux-ci sont essentiellement produits par les bassins d'aération en raison de l'importance de l'interface eau-air et du brassage de l'eau y existant.

Si l'on ne conteste pas le fait que ces aérosols de diamètre particulaire compris entre 1 et 30  $\mu\text{m}$  [74] puissent contenir des microorganismes infectieux, leur rôle vecteur de ces agents pathogènes vers les voies respiratoires dépendra de nombreux facteurs :

- *viabilité des germes dans ces aérosols* (les formes non encapsulées ou non sporulées sont les plus fragiles) ;
- *caractéristiques propres de ces germes* (les parasites, de par leur taille, ne peuvent être véhiculés par de fines gouttelettes) ;
- *diamètre des gouttelettes* : de diamètre < 3  $\mu\text{m}$ , elles peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires ; de diamètre > 3  $\mu\text{m}$ , elles sont captées par l'épithélium cilié, évacuées vers le carrefour aéro-digestif puis dégluties. La contamination dans ce cas devient donc digestive ;
- *conditions météorologiques locales* : elles interviennent dans la diffusion de l'aérosol (température ambiante, hygrométrie, vitesse, direction du vent, ensoleillement).

Une étude, effectuée auprès de la station d'épuration d'Achères [9], a montré que l'aérobiocontamination est assez élevée au niveau de la source d'émission, mais diminue très vite dès que l'on s'éloigne de cette source. En toute logique, on constate que la pollution bactérienne aérienne dans la station évolue dans le même sens que le dénombrement des bactéries dans l'eau des bassins, c'est-à-dire qu'elle diminue du prétraitement à l'aération. Le bassin d'aération à fines bulles est le site le moins « contaminé » tandis que le maximum de pollution bactérienne est atteint dans la tour de répartition des boues.

- Le CEMAGREF (Centre national du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts) [13] s'est également intéressé à l'aérobiocontamination auprès de 4 stations à boues activées. Il confirme la décroissance très rapide de l'aérobiocontamination avec la distance et constate que le seul germe pathogène identifié dans les aérosols est le *Klebsiella pneumoniae*.

D'autre part, l'étude de l'impaction des particules inhalées montre que 50 % se déposent dans l'arbre pulmonaire et 50 % dans les alvéoles. Les auteurs évaluent à 10 000 le nombre de particules viables retenues par jour et par

travailleur dans les voies respiratoires et situent ainsi « le risque infectieux expérimental à un niveau extrêmement bas ».

### La dispersion aérienne de poussières

Elles contiennent une flore mycélienne abondante et en particulier des *Aspergillus*.

Microorganisme ubiquitaire, car capable de proliférer, sur une grande variété de substrats (foin, grains, végétaux en décomposition...), l'*Aspergillus fumigatus* atteint des concentrations élevées dans les boues déshydratées et le compost, avec un risque de dispersion aérienne massive lors des opérations telles que le pelletage, l'épandage. En raison de leur diamètre moyen (2,5 à 3  $\mu\text{m}$ ), les spores peuvent être inhalées et, pour certaines, atteindre les alvéoles.

Saprophyte des voies aériennes supérieures, sa pathogénicité est habituellement faible. Chez les sujets sains, il peut induire :

- un asthme aspergillaire (hypersensibilité de type I) ;
- une aspergillose broncho-pulmonaire allergique qui associe une atteinte alvéolaire et bronchique sur un terrain le plus souvent atopique ;
- une alvéolite aspergillaire : alvéolite allergique extrinsèque, assimilée à la maladie du poumon de fermier (associant une atteinte des alvéoles, des bronches terminales et de l'interstitium, évoluant vers la fibrose).

Il est par contre hautement pathogène chez les immunodéprimés (risque d'aspergillose pulmonaire invasive, de septicémie...).

Il peut également engendrer la formation d'un aspergillome : greffe aspergillaire sur une cavité pulmonaire préexistante (séquelle de tuberculose, cavité néoplasique...).

## 2.2.3. Contamination digestive [6, 51, 54]

Elle est essentiellement manuportée, directement (mains sales portées à la bouche) ou indirectement (aliments, cigarettes...) ; plus rarement, il s'agira d'une chute accidentelle dans l'eau.

Elle peut être réalisée par la déglutition des agents pathogènes initialement inhalés et secondairement évacués par le film muco-ciliaire vers le carrefour aéro-digestif.

## 2.3. Qu'en est-il du risque réel ?

Le risque réel encouru par le personnel des stations d'épuration est appréhendé par les observations de pathologies et ne peut être évalué que par les enquêtes épidémiologiques.

Nous avons regroupé les principales données par type de morbidité.

### 2.3.1 Morbidité digestive [4, 9, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 48, 50, 61, 74, 77, 86, 89, 93]

On noterait une fréquence accrue de *troubles gastro-intestinaux mineurs* à type de diarrhées pendant la première année d'exposition chez les salariés nouvellement embauchés par rapport à ceux plus anciennement exposés et par rapport aux sujets témoins (enquête menée dans trois villes des Etats-Unis : Chicago, Cincinnati et Memphis [16], auprès de 250 employés de stations d'épuration et de 250 témoins non exposés). Ces symptômes apparaîtraient dans les premiers mois suivant l'embauche et se stabiliseraient rapidement.

De la même façon, des épisodes diarrhéiques pluriannuels sont rapportés par les ouvriers de stations de traitement des eaux usées, mais non influencés par leur date d'embauche [9].

SRIDHAR [93], en 1987, a mené une étude au Nigéria auprès de 29 travailleurs exposés aux eaux usées et de 19 travailleurs témoins (station de traitement des eaux potables). Seuls ont été inclus les salariés ayant une ancienneté d'au moins trois ans : 60 % des sujets exposés se plaignent de diarrhées contre seulement 10 % des témoins.

La plupart des *viroses entériques* se manifestant par des symptômes peu spécifiques qui peuvent passer inaperçus, plusieurs études se sont intéressées aux marqueurs sérologiques de ces infections. Force est de constater qu'il n'y a pas unanimité quant aux résultats et à leur interprétation.

Dans l'enquête des trois villes des Etats-Unis [16], le choix des virus s'est fait sur des critères d'isolement de ces microorganismes chez les personnels exposés (prélèvements de gorge, de selles) et dans les eaux usées. Ont été ainsi retenus des virus entériques (*échovirus*, *poliovirus* et *coxsackies*), mais aussi non entériques (*adénovirus*, *réovirus*...). Les auteurs concluent, au vu du suivi des anticorps, que le travail au contact des eaux usées ne constitue pas un facteur de risque accru de survenue de viroses.

Ces résultats diffèrent de ceux de SEKLA [86]. Celui-ci retrouvait des sérologies virales plus souvent positives dans les groupes dits « en contact », surtout en cas d'exposition importante et répétée aux aérosols.

Concernant l'hépatite A (HVA) : si, pour certains (enquête des trois villes), la prévalence des anticorps augmente avec l'âge et est sans relation apparente avec l'exposition aux eaux usées, il faut noter que 80 % des égoutiers de Copenhague ont des anticorps anti HVA contre 48 % des sujets contrôles (employés de bureau) [89].

Au total, si les marqueurs immunologiques s'avèrent souvent plus élevés chez les personnels travaillant au contact des eaux usées, la différence par rapport aux populations non exposées n'est que très rarement significative.

Le *taux d'infestation intestinale parasitaire* serait, selon certaines études, significativement plus élevé parmi les sujets exposés. C'est le cas de l'enquête de Hambourg [48], de celle d'Ibadan [93] et de celle de Rennes [31, 32]. Dans cette enquête, 16,5 % des égoutiers contre 2,5 % du groupe témoin (personnel de cuisine) sont porteurs de *Giardia lamblia*.

Cette tendance n'est pas confirmée par d'autres auteurs :

– ANDERS [3] ne décrit pas de risque parasitaire accru chez les égoutiers par rapport à la population berlinoise,

– CLARK [16], en 1980, dans l'enquête des trois villes des Etats-Unis, trouve 11,6 % d'examen parasitologiques des selles positifs chez les personnels non exposés, contre 0 % chez les 48 exposés,

– enfin CLARK [19], en 1984, compare le taux d'infestation intestinale parasitaire des égoutiers et des personnels de voirie. Les résultats plaident en faveur d'un risque parasitaire accru chez les balayeurs : 14 % de ces derniers ont au moins un examen parasitologique des selles positif contre 5 % des égoutiers (les selles ont été recueillies tous les trois mois sur une période d'un an).

Face à ces divergences, une approche sérologique permettrait certainement de mieux évaluer le risque d'infections parasitaires dans ces populations.

### **2.3.2. Morbidité respiratoire** [9, 11, 21, 23, 24, 26, 41, 46, 49, 67, 74, 77, 86]

On a constaté des pneumopathies à répétition chez certains travailleurs des stations d'épuration ou de compostage des boues par inhalation de virus aéroportés de type entérovirus (*coxsackies*, *échovirus*...) de nombreux sérotypes différents. Un épisode infectieux ne protège pas d'une contamination ultérieure [41].

Par contre, en matière de morbidité ressentie, selon l'étude de BROCHARD et coll. [9], les sujets exposés aux eaux usées ne rapportent pas plus fréquemment de symptômes (rhinite, sinusite, bronchite) que les non-exposés. Les conclusions restent très variables, selon les études.

L'enquête roumaine [46], étude de 972 sérologies virales réalisées auprès de 343 personnes entre 1977 et 1978, a retrouvé des taux d'anticorps anti-adénovirus et anti-parainfluenzae virus type I plus élevés chez les travailleurs au contact des eaux usées. Cette différence est encore plus significative chez les personnes hautement exposées aux aérosols. Parmi celles-ci, quatre ont présenté au cours des deux années une infection à adénovirus (prouvée par des arguments cliniques et une séroconversion). Pour les autres virus (*influenzae virus*, *coronavirus*, *herpesvirus*...), les résultats observés ne plaident pas en faveur d'une contamination virale plus marquée pour ces personnels.

Peu d'études se sont intéressées à la fonction respiratoire de ces travailleurs. BROCHARD et coll. [9] ne concluent à aucune différence significative entre les exposés et les non exposés (hormis une baisse ponctuelle des valeurs fonctionnelles en 1985, non retrouvée en 1986). Ce résultat est nuancé par les auteurs eux-mêmes, du fait de difficultés méthodologiques (faible participation, nombreux perdus de vue...).

SEKLA et coll. [86], malgré des valeurs de capacité vitale inférieures à celles attendues chez les exposés (non fumeurs), ne peuvent en affirmer l'étiologie professionnelle en raison du faible effectif de l'échantillon.

Aucune des études réalisées ne conclut à un risque accru de légionellose lors du travail au contact des eaux usées et boues [16, 21, 87].

La leptospirose peut également être à l'origine d'une atteinte respiratoire (cf. § 2.3.4).

En matière de pathologie aspergillaire, CLARK et coll. [21] se sont intéressés plus particulièrement aux risques sanitaires inhérents au compostage, la chaleur produite par celui-ci (environ 55 °C) étant idéale pour la prolifération de ce champignon.

Ils ont suivi pour cela, sur deux ans, cent salariés d'une station d'épuration. Comme attendu, les prélèvements de nez et de gorge montrent une colonisation beaucoup plus fréquente et importante des voies aériennes supérieures par de l'*Aspergillus fumigatus* chez les travailleurs chargés du compostage. Ceux-ci rapportent par ailleurs plus souvent des symptômes à type d'irritation oculaire ou nasale et d'infection cutanée, confirmées par l'examen clinique (conjonctivites, rhinites, abcès cutanés, anthrax, furoncles).

Paradoxalement, leur fonction respiratoire est meilleure le vendredi soir que le lundi matin.

Aucun des 389 prélèvements sérologiques réalisés ne met en évidence de précipitines anti-*Aspergillus*, toutes catégories de travailleurs confondues.

Si au vu de cette étude, le risque aspergillaire semble plus théorique que réel dans les stations d'épuration, retenons tout de même que les enquêtes épidémiologiques font un peu défaut dans ce domaine et qu'il convient par prudence de ne pas exposer aux boues déshydratées

et/ou au compost, en raison de leur concentration élevée en *Aspergillus fumigatus* :

- les sujets immunodéprimés (aspergillose particulièrement sévère chez ces sujets) ;
- les sujets sensibilisés à l'*Aspergillus fumigatus* (études statistiques faites à Londres et Cleveland : 25 % des asthmes sont d'origine aspergillaire) et de façon plus large des asthmatiques en raison du caractère irritant des poussières et du risque de colonisation des sécrétions bronchiques visqueuses de ces patients par de l'*Aspergillus fumigatus* (développement possible d'une aspergillose broncho-pulmonaire allergique).

Plus anecdotiques sont les observations d'asthme dû à *Psychoda alternata* [38], mouche vivant au contact des boues.

### 2.3.3. Morbidité cutanée [9, 15, 51, 54, 66, 67]

Il a été rapporté des dermites d'irritation à la suite de contact cutané avec les eaux usées et poussières de boues et des eczémas allergiques dus à des produits chimiques.

Dans l'étude menée par BROCHARD, les travailleurs des stations de traitement des eaux usées signalent plus fréquemment que les sujets non exposés des « éruptions infectieuses » (selon la formulation du questionnaire).

### 2.3.4. Leptospirose [15, 16, 23, 24, 26, 76, 89, 99]

En ce qui concerne la leptospirose, la contamination humaine se produit le plus souvent par contact entre une effraction cutanée et des urines de rat infectées. Plus rarement, la transmission peut être directe par morsure de rongeurs porteurs.

Les leptospires pénètrent d'autant mieux la peau qu'elle est lésée ou ramollie par une immersion prolongée.

Pour mémoire, la leptospirose présente des formes icériques et anicériques, s'accompagnant parfois d'une atteinte respiratoire (foyer pneumonique, hémoptysie...), d'un syndrome hémorragique, d'une méningite lymphocytaire parfois isolée. Le diagnostic de certitude s'effectue sur les hémocultures, les cultures du liquide céphalorachidien et, plus tardivement, le sérodiagnostic de Martin et Petit. La prévention associe la lutte contre les rongeurs, le port de vêtements protecteurs et la vaccination du personnel. La leptospirose est reconnue comme maladie professionnelle indemnisable (tableau n° 19 A du régime général et n° 5 A du régime agricole). Les détergents souvent présents dans les eaux usées détruisent rapidement les leptospires.

Des études récentes [16, 89, 99] tendent à minimiser la probabilité de survenue d'une telle pathologie chez les travailleurs de stations d'épuration. Des statistiques effectuées à Londres (London Leptospira Reference Unit), pour la période 1978-1983, montrent que seulement 2 % des cas de leptospiroses diagnostiquées et confirmées concernent des sujets travaillant au contact des eaux usées, alors que ce pourcentage pour la période 1933-1948 était de 8 %. Cette nette décroissance s'explique par la mise en œuvre de mesures de prévention (cf. supra). L'Institut londonien révèle par ailleurs que l'épidémiologie de la leptospirose a changé : actuellement, les professionnels les plus exposés sont les travailleurs agricoles (en 1983, 80 % des leptospiroses confirmées concernaient des agriculteurs effectuant régulièrement la traite des vaches). L'agent responsable est le *Leptospira hebdomadis* (*hardjo*) dont l'hôte est le bétail. Le tableau clinique associe fièvre, céphalées, très souvent confusion mentale, et peut se compliquer d'une méningite lymphocytaire.

### 2.3.5. Syndrome des égoutiers [7, 13, 15, 23, 49, 56, 57, 60, 61, 81]

Une place à part est à faire au « syndrome des égoutiers », décrit depuis 1976 par des auteurs suédois (LUNDHOLM et RYLANDER [56, 57]) chez des ouvriers de stations d'épuration et d'usines de compostage.

Ce syndrome associe frissons, malaise général, fièvre et troubles gastro-intestinaux avec diarrhées. Il a été également souvent rapporté une conjonctivite. Ces symptômes sont d'installation brutale, mais disparaissent en 24 heures environ. Ils s'observent plus fréquemment chez le personnel récemment recruté ou reprenant son activité après une interruption.

Cette pathologie serait liée aux endotoxines aéroportées libérées lors de la lyse de bactéries Gram négatif (*Escherichia coli*, Salmonelles...). Ces endotoxines auraient un effet stimulant de la prolifération des lymphocytes B et active-raient le complément par la voie alterne (MATTSBY et RYLANDER [60]).

Les études retrouvent en général une élévation de la C reactive protein (CRP), de certaines immunoglobulines - IgG de façon constante, parfois des IgA - une augmentation de l'élimination urinaire des produits de dégradation de la fibrine (PDF) et la présence d'anticorps anti-endotoxines d'*Escherichia coli*.

## 2.4. Conclusion

Si le risque théorique peut sembler inquiétant (en se basant sur le contenu microbiologique des eaux usées et boues), le risque réel encouru par les travailleurs des stations d'épuration peut être nuancé au vu des observations et études de la littérature, même s'il convient de rester prudent face à un risque lié aux aérosols difficile à évaluer.

D'autres indicateurs de santé permettent d'appuyer cet avis : l'absentéisme de ces travailleurs n'est pas plus élevé que celui d'autres salariés ; enfin il n'a pas été décrit de pathologie notable dans l'entourage proche de ces employés.

## 3. OBSERVATIONS RECUEILLIES AUPRES DE MEDECINS DU TRAVAIL SURVEILLANT DES PERSONNELS DE STATIONS D'EPURATION

Les données recueillies recouvrent 42 stations d'épuration des eaux que l'on peut répartir ainsi :

- 31 stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines ;
- 5 stations d'épuration des eaux résiduaires industrielles (industrie chimique) ;
- 6 stations mixtes (eaux urbaines et industrielles).

Le nombre exact de salariés concernés est difficile à préciser du fait des difficultés à identifier les personnels ayant été mutés et le manque de précisions des observations remises. Le nombre dépasse 700 salariés. La taille des stations est très variable, l'effectif pouvant s'étendre de 1 à 40 salariés.

L'absentéisme de ces personnels ne semble pas notable, au vu de certaines réponses (aucune étude statistique). Pour 140 personnes, dont les dossiers ont été revus par un des médecins du groupe, aucune pathologie n'a été décelée en relation avec la prise de poste.

Plus particulièrement, les pathologies suivantes ont été rapportées.

### 3.1. Pathologie digestive

- Troubles gastro-intestinaux (nausées et diarrhées) au poste de dégrillage.

- « Petits troubles digestifs », à la mise au travail dans de petites stations, non retrouvés lors des visites ultérieures.
- Fièvre typhoïde chez un ingénieur (eaux industrielles) en Irak.
- Troubles digestifs divers chez le personnel chargé du transport en décharge des boues traitées (coprocultures normales).

### 3.2. Pathologie ORL et respiratoire

- Un cas d'aspergillose pulmonaire, sans autre précision.
- Un cas de rhinite chronique d'étiologie inconnue, survenu après l'embauche chez un chef de station (emploi antérieur dans une station avec incinération des ordures sans aucune pathologie).
- Une sinusite chronique persistante malgré intervention sur déviation de la cloison nasale.
- Un phlegmon amygdalien lors de la deuxième année de travail.

### 3.3. Pathologie cutanée et oculaire

- Surinfection chronique à *Candida albicans* d'un eczéma au ciment (localisation main et bras).
- Fréquence accrue de surinfection de petites plaies du bout des doigts.
- Après piqûre d'araignée sur un doigt de la main, survenue d'une lymphangite avec adénopathie axillaire (les piqûres d'insectes semblent un accident relativement fréquent dans les stations).
- Dermatoses irritatives, localisées aux mains (contact avec la chaux).
- Eczéma des membres sans aucune autre précision.
- Mycose du thorax récidivante.
- Urticaire aux graminées.
- Conjonctivites chez le personnel travaillant à l'incinération des boues, lors d'un dysfonctionnement d'un four.
- Conjonctivites aiguës (2 cas) liées à des émanations d'H<sub>2</sub>S.

### 3.4. Pathologie infectieuse générale

En dehors de l'aspergillose pulmonaire et de la fièvre typhoïde déjà citées, ont été rapportés 21 cas de syndromes pseudo-grippaux, qui se sont déclarés en une dizaine de jours sur la même station, au mois d'août 1989, dont l'étiologie était vraisemblablement virale. Sept ou huit personnes ont dû s'arrêter de travailler du fait de frissons et d'une fièvre intenses. Les examens complémentaires pratiqués chez certains sont restés négatifs, à l'exception d'un cas d'élévation des transaminases à deux fois la normale.

Par ailleurs, deux cas de leptospirose, dont un type Panama et un indéterminé ont été mentionnés.

Au total, les pathologies rapportées, après examen rétrospectif des dossiers, ne permettent pas de faire émerger un problème infectieux particulier, même s'il semble que les troubles digestifs mineurs et les surinfections cutanées soient assez souvent signalés. Cependant, ces pathologies très aspécifiques peuvent avoir été sous-estimées, car non rapportées au médecin du travail et négligées par le salarié.

### 4. PREVENTION [6, 12, 27, 28, 40, 45, 47, 51, 54, 58, 61, 62, 64, 65, 69, 75, 78, 98]

Nous nous sommes intéressés plus particulièrement au(x) risque(s) infectieux encouru(s) par le personnel d'exploitation ou d'entretien des stations d'épuration.

S'il apparaît comme le risque majeur en raison de la multiplicité des microorganismes rencontrés dans les eaux résiduaires et les boues, d'autres risques existent qu'il convient évidemment de ne pas négliger et que nous allons brièvement passer en revue.

### Les risques de chutes ou de glissades

Chutes et glissades surviennent lors de la circulation du personnel sur le site de la station, elles comptent parmi les accidents les plus fréquents.

La survenue des chutes est en général secondaire à un défaut d'équipements. Ceux-ci devront être pensés dès la conception de la station, être systématiques et non pas optionnels (mise en place de balustrades et de garde-fous autour des bassins, échelles de plus de 3 mètres pourvues de crinolines, bouées et perches judicieusement placées en bordure des bassins, dispositif d'arrêt d'urgence mécanique type « coup de poing » des bassins d'aération, éclairage adapté de toutes les zones d'activité et des voies de circulation...).

Les glissades seront prévenues en évitant toute stagnation d'eau et de boues sur les sols (nettoyage régulier des abords de bassins, drainage des eaux de lavage et de pluie...), par l'installation de sols anti-dérapants sur les zones fréquemment humides, par le port de chaussures anti-dérapantes...

### Les risques mécaniques

Qu'il s'agisse de coupure, de contusion, ces risques sont essentiellement dus aux organes en mouvement tels que : dégrilleur, vis de relevage, bandes transporteuses, pompes... Ils s'observent d'autant plus volontiers qu'il s'agit d'installations exemptes de dispositifs de protection, fonctionnant de façon intermittente.

Toute blessure nécessitera des soins immédiats en raison du caractère septique de l'eau. Il conviendra de porter des gants aussi souvent que possible.

La prévention technique sera également primordiale : protection par carter des organes mobiles, protection par grille du dégrilleur... Il ne faut intervenir, lors des opérations d'entretien, que sur des machines à l'arrêt, sans possibilité de remise en marche accidentelle.

### Les risques d'incendie et d'explosion

#### Incendie

Le risque est extrêmement faible dans les petites stations. Cependant une défaillance des dispositifs de protection électrique est toujours possible, de même qu'une inflammation des refus de dégrillage ou de déshuilage.

Dans les stations plus importantes, outre les causes d'incendie sus-mentionnées, le risque existe surtout au niveau des chaudières, des moteurs à gaz de fermentation, des installations de traitement thermique des boues ou du stockage de produits inflammables.

#### Explosion

Les gaz potentiellement explosifs proviennent principalement de la fermentation anaérobie des matières organiques, que celle-ci ait lieu dans le digesteur de boues (fermentation dirigée et intentionnelle) ou dans des canalisations mal curées (fermentation accidentelle). Le méthane ainsi produit devient inflammable et explosif, lorsqu'il est mélangé à l'air dans certaines proportions.

Par ailleurs, les eaux peuvent véhiculer exceptionnellement (rejet interdit) des solvants organiques ou de l'essence aux vapeurs explosives.

Pour prévenir ce risque, il faut veiller essentiellement à ce que la concentration des gaz dans un espace confiné ne dépasse pas le point d'explosion (ventilation naturelle ou forcée, contrôle d'atmosphère par explosimètre...).

### **Les risques pathologiques et toxicologiques**

Ces risques sont ceux des produits utilisés pour le traitement des eaux et boues et des produits générés par ces traitements.

#### *Produits corrosifs*

Ils sont utilisés essentiellement dans le cadre du traitement physico-chimique des boues (lait de chaux, chlore...). Ils présentent en commun un risque de brûlures cutanées, oculaires, des voies aérodigestives supérieures. Le chlore présente un risque supplémentaire, en cas d'inhalation aiguë et importante, de survenue possible d'un œdème pulmonaire lésionnel et/ou d'une hyperréactivité bronchique persistante après inhalation aiguë.

#### *Produits toxiques*

Le risque d'intoxication est essentiellement lié aux gaz de fermentation, sans méconnaître pourtant le risque toujours possible de contamination accidentelle des eaux par d'autres toxiques. Les gaz les plus dangereux ainsi produits sont :

- le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>),
- l'oxyde de carbone (CO),
- le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) : proportionnellement le plus important mais aussi le plus dangereux car rapidement mortel (à une concentration de 800 à 1000 ppm) ; la VLE est de 10 ppm et la VME de 5 ppm,
- le trihydrure d'arsenic (AsH<sub>3</sub>) : exceptionnellement observé.

Ces gaz de fermentation sont essentiellement générés au niveau des postes de relevage, dans les digesteurs.

#### *Bruit et odeurs*

Risques annexes par rapport à ceux précédemment cités, bruit et odeurs n'en constituent pas moins des nuisances pour le personnel (travail dans les locaux contenant les surpresseurs, les pompes, travail heureusement le plus souvent épisodique ; travail en station d'épuration fermée) et aussi pour le voisinage.

Enfin, une station d'épuration, comme tout autre établissement industriel, présente des risques généraux (liés à la manutention, électriques...) pour lesquels le personnel devra être informé et formé.

### **Revenons à présent au risque biologique**

On sait que celui-ci est lié aux agents pathogènes susceptibles d'être véhiculés par les eaux résiduaires et dont la nature dépend des conditions climatiques et du niveau d'hygiène atteint par la population. Les microorganismes impliqués dans le traitement biologique, quant à eux, appartiennent à la classe 1 (microorganismes qui n'ont jamais été décrits comme agent causal de maladies chez l'homme et qui ne constituent pas une menace pour l'environnement) de la classification de la Fédération européenne des biotechnologies.

Le risque d'une contamination digestive (essentiellement manuportée) et cutanéomuqueuse existe tout au long de la chaîne de traitement de l'eau.

Le risque d'une contamination respiratoire, par inhalation de microorganismes aéroportés, existe surtout aux abords des systèmes générateurs d'aérosols :

- bassins d'aération des eaux usées,
- bassins de stabilisation aérobie des boues,
- lits bactériens,
- pelletage des boues.

Le stockage des boues déshydratées, en favorisant le développement d'une flore mycélienne et d'insectes, constitue aussi un risque de contamination respiratoire.

Enfin, la famille n'est pas à l'abri d'une contamination par les vêtements de travail.

Nous envisagerons successivement la prévention de ce risque à trois niveaux : la prévention intégrée, la prévention technique collective et individuelle, la prévention médicale.

#### **4.1. La prévention intégrée**

Conception particulièrement positive et satisfaisante de la prévention, il s'agit, dans ce cas, de supprimer le risque à sa source. On privilégiera ainsi les techniques non génératrices d'aérosols, on supprimera la manipulation des produits à risque, notamment les refus de dégrillage.

Si le médecin du travail peut difficilement intervenir au niveau des procédés de traitement, sa contribution est fondamentale quant à la conception des vestiaires, sanitaires, lieux de détente... (cf. § 4.2).

#### **4.2. La prévention technique collective et individuelle**

La prévention technique, qu'elle soit individuelle ou collective, doit mettre le travailleur à l'abri de toute contamination mais doit aussi éviter toute dissémination extérieure du risque infectieux.

##### **4.2.1. La prévention collective**

Le personnel doit être informé des consignes de sécurité et d'hygiène. Celles-ci peuvent être affichées dans les endroits dits sensibles tels que vestiaires, sanitaires...

Pour éviter toute contamination des vêtements de ville par la tenue de travail, ceux-ci sont rangés dans des vestiaires séparés. Les vêtements de travail ne doivent pas quitter le site.

Pour une bonne hygiène corporelle, toute station doit disposer de WC, d'un lavabo (idéalement dispensant de l'eau chaude et de l'eau froide, commandé au pied) muni d'un savon bactéricide, d'une brosse à ongles, et d'un moyen de séchage des mains (air chaud, serviettes de papier). Pour les stations de grande taille (> 2000 équivalent-habitant <sup>(1)</sup>), la douche tempérée, toujours recommandée, est impérative, permettant notamment une décontamination immédiate en cas de souillure accidentelle.

Toute blessure même minime (morsure, coupure) devra être immédiatement désinfectée et protégée. Une armoire à pharmacie est donc indispensable, si une infirmerie n'est pas présente sur le site.

Murs et sols de ces équipements sanitaires doivent être lavés régulièrement. Il en est de même pour les locaux du laboratoire.

<sup>(1)</sup> La taille d'une station s'exprime en général en équivalent-habitant ; cela correspond au volume d'eaux usées que la station est capable de traiter quotidiennement : volume d'eaux usées rejetées/habitant/jour x population desservie.

Enfin, des mesures plus générales de désinfection sont nécessaires : dératisation et désinsectisation régulières de toutes les installations, y compris les vestiaires.

#### 4.2.2. La protection individuelle [93]

La tenue de travail doit être fournie et entretenue par l'employeur. Le vêtement de travail le mieux adapté paraît être le ciré avec cagoule attenante à la veste, porté au-dessus du bleu. Outre son étanchéité, il est d'un nettoyage facile. On préconise, en cas d'intervention au-dessus des bassins, le port de veste à volume de flottabilité incorporé.

En toute circonstance, le port de bottes à semelle antidérapante s'impose. De la même façon, le travailleur doit disposer, pour certaines tâches, de moyens de protection adaptés :

- gants imperméables et lunettes, lors de tout contact avec les effluents, les boues et tout matériel contaminé par l'eau usée (nettoyage, réparation des pompes... évacuation des refus de dégrillage...),
- lunettes et appareils de protection respiratoire anti-aérosols de type jetable (ex. : intervention au sommet d'un lit bactérien). En cas d'intervention en atmosphère confinée, il faut impérativement utiliser des appareils respiratoires autonomes isolants,
- le personnel du laboratoire devra disposer de pipettes ou de pipettes munies de poire.

Les mesures d'hygiène simples mais indispensables doivent être régulièrement rappelées au personnel par le biais d'affiches, mais aussi lors de chaque visite médicale. On préconisera ainsi de se laver les mains aussi souvent que nécessaire (c'est-à-dire après chaque contact avec l'eau usée, avant de manger, de fumer, après le travail), de se doucher après la journée de travail. La consommation d'aliments, de boissons se fera exclusivement dans les lieux réservés à cet effet (vestiaires, lieux de détente, restaurant...). Ne pas fumer sur le lieu de travail est également indispensable.

#### 4.2.3. Prévention médicale [75]

En tant que conseiller, le médecin du travail doit être impliqué dans l'élaboration et la mise en place des mesures de prévention collective et individuelle.

La sensibilisation des salariés aux mesures d'hygiène et de protection se fera lors des visites médicales et sera relayée sur le terrain par les autres acteurs de la prévention et par des campagnes d'affichage. Cette action se complètera d'une mission d'information du personnel quant aux risques encourus et aux symptômes susceptibles d'être rattachés à l'exposition professionnelle.

Au cours de l'examen d'embauchage, le médecin du travail recherchera toute pathologie ou anomalie susceptible de favoriser l'apparition d'une infection, au besoin à l'aide d'examen complémentaires (numération formule sanguine, radiographie pulmonaire, intradermoréaction...). Quatre vaccinations, bien que non obligatoires paraissent nécessaires : tétanos, poliomyélite, tuberculose et typhoïde. Celle contre la leptospirose, efficace et bien tolérée, est recommandée.

Lors des visites ultérieures (systématique, de reprise ou spontanée), l'examen clinique et l'interrogatoire rechercheront tout élément en faveur d'un épisode infectieux passé ou actuel. Au moindre doute, on s'aidera d'examen complémentaires spécifiques (coproculture, sérodiagnostique...).

Par un interrogatoire et un examen clinique minutieux, par la notification de toute absence pour raison médicale, par l'analyse des conditions de survenue de tout accident du travail, il est possible de mieux appréhender la pathologie induite ou susceptible d'être induite par le travail et d'en tirer des conséquences pour améliorer la prévention.

### CONCLUSION

Cette revue de la littérature et ces observations incitent ainsi à développer de nouvelles études, qui pourraient essayer de préciser le risque réel microbiologique chez les travailleurs des stations d'épuration (notamment du fait des aérosols).

Dans cette optique, nous proposons aux médecins du travail surveillant les personnels de stations d'épuration de participer à cette enquête en remplissant une **fiche de suivi médical « type » (présentée en annexe)** pour chaque salarié, à chaque visite, sur une période d'au moins deux ans. Ceci devrait permettre, en essayant de centraliser les informations, d'identifier et de cerner les pathologies de façon plus précise. Vous trouverez les modalités pratiques de remplissage et de collecte dans l'annexe.

Afin de parfaire la prévention dans ce secteur, nous soulignons l'intérêt du recueil des observations relatives aux effets adverses pour l'homme et l'environnement, dans le cadre de la vigilance appliquée aux risques professionnels.

#### Remerciements

Les auteurs remercient M. A. MALFAIT (ingénieur BTA-DEGREMONT) et M. J.C. MAHIEU (ingénieur, service Risques chimiques et protection individuelle, INRS Paris) à qui cet article a été soumis, pour l'avis et les conseils qu'ils ont bien voulu donner.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] AHMED R.E., GEYENICH H.H., MULLER H.E. – The dispersion of bacteria due to the spray irrigation of wastewater. *Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene*, 1984, 179, pp. 151-161.
- [2] ALIBOU J. – Etude de l'évolution simultanée des abondances et de la survie des Salmonella et des coliformes fécaux dans différents ouvrages épurateurs et milieux aquatiques. Montpellier II, thèse de l'Université des sciences et techniques du Languedoc, 1987.
- [3] ANDERS W. – The Berlin sewer workers. *Zeitschrift für Hygiene*, 1954, 1, pp. 341-371.
- [4] BABISH J.G., STOEWESAND G.S., SCARLETT-KRANZ J.M., BOYD J.N., AHRENS V.D., LISK D.J. – Toxicologic studies associated with the agricultural use of municipal sewage sludge and health effects among sewage treatment plant workers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 1984, 4, pp. 305-321.
- [5] BARBIER D., PERRINE D., GEORGES P. – Evaluation du risque parasitaire lié à l'utilisation agricole des boues et résiduaux. *Journal Français d'Hydrologie*, 1989, 20, 1, pp. 103-111.
- [6] BOUTIN P., BRAUD G., COENT-BECHAC M., DUTUIT Y., JAMMEY P. – Hygiène et sécurité sur les stations de traitement d'eaux résiduaires urbaines. *Techniques et Sciences Municipales – Eau*, 1980, 75, 1, pp. 3-14.

- [7] BOUTIN P., MOLINE J., BOISSINOT E. – Une maladie nouvelle et un risque nouveau : pathologie professionnelle digestive et respiratoire des stations d'épuration. *La Nouvelle Presse Médicale*, 1982, 11, 13, pp. 970-972.
- [8] BOUTIN P. – Risques sanitaires provenant de l'utilisation d'eaux polluées ou de boues de stations d'épuration en agriculture. *Techniques et Sciences Municipales – Eau*, 1982, 77, 12, pp. 547-557.
- [9] BROCHARD P., FESTY B., GAUDICHET A., MEIGNAN P. – Impact des polluants atmosphériques sur la santé du personnel d'une station d'épuration d'eaux résiduaires. DRASS Ile-de-France, 1988, rapport d'étude n° 488640.
- [10] BUCHAN R.M., MILL R.A., LAWRENCE C.H. – Atmospheric dispersion of particulate air pollutants emitted from an activated sludge unit. *Journal of Environmental Hygiene*, 1973, 35, 4, pp. 342-345.
- [11] CARNOW B. – Health effects of aerosols emitted from an activated sludge plant. Cincinnati, Environmental Protection Agency, 1979, USEPA-600/1-79-019, 231 p.
- [12] CEMAGREF – Risques sanitaires susceptibles d'être encourus par les personnels travaillant sur les stations de traitement d'eaux résiduaires. Bordeaux, Ministère de l'Agriculture – CEMAGREF, Section qualité des eaux, nov. 1983, étude n° 16, 46 p.
- [13] CEMAGREF – Contamination bactérienne de l'atmosphère par les stations de traitement d'eaux résiduaires. *CEMAGREF Information Technique*, 1987, 65, 6, 3 p.
- [14] CHANTEFORT A., DRUILLES J. – Contamination bactérienne de l'atmosphère autour du bassin aéré d'une station d'épuration. *Revue de l'Institut Pasteur de Lyon*, 1981, 14, 3, pp. 445-458.
- [15] CLARK C.S., CLEARY E.J., SCHIFF G.M., LINNEMANN C.C., PHAIR J.P., BRIGGS T.M. – Disease risks of occupational exposure to sewage. *American Society of Civil Engineers. Environmental Engineering Division. Journal*, 1976, 102, EE2, pp. 375-388.
- [16] CLARK C.S., VANMEER G.L., LINNEMANN C.C., BJORN-SON A.B., GARTSIDE P.S., SCHIFF G.M., TRIMBLE S.E., ALEXANDER D., CLEARY E.J. – Health effects of occupational exposure to wastewater. In : PAHREN H., JAKUBOWSKI W. (éds) – Proceedings of a Symposium. Cincinnati, Environmental Protection Agency, 1980, USEPA-600/9-80-028, pp. 239-264.
- [17] CLARK C.S., RYLANDER R., LARSSON L. – Levels of Gram-negative bacteria, *Aspergillus fumigatus*, dust and endotoxin at compost plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 1983, 45, pp. 1501-1505.
- [18] CLARK C.S. – Health effects associated with wastewater treatment and disposal. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1983, 55, 6, pp. 679-682.
- [19] CLARK C.S., LINNEMANN C.C., CLARK J.G., GARTSIDE P.S. – Enteric parasites in workers occupationally exposed to sewage. *Journal of Occupational Medicine*, 1984, 26, 4, pp. 273-275.
- [20] CLARK C.S. – Health effects associated with wastewater treatment and disposal. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1984, 56, 6, pp. 625-627.
- [21] CLARK C.S., BJORN-SON H.S., SCHWARTZ-FULTON J., HOLLAND J.W., GARTSIDE P.S. – Biological health risks associated with the composting of wastewater treatment plant sludge. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1984, 56, 12, pp. 1269-1276.
- [22] CLARK C.S., LINNEMANN C.C., GARTSIDE P.S., PHAIR J.P., BLACKLOW N., ZEISS C.R. – Serologic survey of rotavirus, Norwalk agent and *Prototheca wickerhamii* in wastewater workers. *American Journal of Public Health*, 1985, 75, 1, pp. 83-85.
- [23] CLARK C.S., LINNEMANN C.C. – The use of serum antibody as a means to determine infections from exposure to wastewaters and refuse. *CRC Critical Review in Environmental Control*, 1986, 16, 4, pp. 305-326.
- [24] CLARK C.S. – Health effects associated with wastewater treatment and disposal. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1986, 58, 6, pp. 539-543.
- [25] CLARK C.S. – Health effects associated with wastewater treatment, disposal, and reuse. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1987, 59, 6, pp. 436-440.
- [26] CLARK C.S. – Potential and actual biological related health risks of wastewater industry employment. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1987, 59, 12, pp. 999-1008.
- [27] Comité régional de l'OPPBT de Caen. Equipe des médecins des services médicaux interentreprises du bâtiment et des travaux publics (Caen) – Les stations d'épuration. *Revue de Médecine du Travail*, 1981, 9, 4, pp. 245-251.
- [28] Comité régional de l'OPPBT de Caen. Service médical interentreprises du BTP du Calvados – Risques dus à l'entretien des stations d'épuration. *Cahiers des Comités de l'OPPBT*, 1982, 2, pp. 73-77.
- [29] COOPER R.C. – Wastewater management and infectious disease. I. Disease agents and indicator organisms. *Journal of Environmental Health*, nov.-déc. 1974, 36, pp. 217-224.
- [30] COOPER R.C. – Wastewater management and infectious disease. II. Impact of waste water treatment. *Journal of Environmental Health*, jan.-fév. 1975, 37, 4, pp. 342-350.
- [31] DOBY M., GUIGUEN C., DUVAL J.M., DEUNFF J. – Parasitoses intestinales chez les égoutiers. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1983, 44, 1, pp. 21-25.
- [32] DOBY M., DUVAL J.M., BEAUCOURNU J.C. – Amibiase, maladie professionnelle des égoutiers ? *La Nouvelle Presse Médicale*, 1980, 9, pp. 532-533.
- [33] DORN C.R., REDDY C.S., LAMPHERE D.N., GAEUMAN J.V., LANESE R. – Municipal sewage sludge application on Ohio farms : health effects. *Environmental Research*, 1985, 38, pp. 332-359.
- [34] DRAPEAU A.J. – Quels dangers présentent les aérosols formés au cours de l'épuration des eaux d'égout. *Sciences et Techniques de l'Eau*, 1984, 17, 2, pp. 183-185.
- [35] FANNIN K.F., VANA S.C., JAKUBOWSKI W. – Effect of an activated sludge wastewater treatment plant on ambient air densities of aerosols containing bacteria and viruses. *Applied and Environmental Microbiology*, 1985, 49, 5, pp. 1191-1196.
- [36] FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H., MARA D.D. – Sanitation and disease : health aspects of excreta and wastewater management. Chichester, New York, John Wiley and sons, 1983, 501 p.
- [37] FITZGERALD P.R. – Helminth and heavy metals transmission from anaerobically digested sewage sludge. Cincinnati, Environmental Protection Agency, 1981, USEPA n° 600/S2-81-024.
- [38] GOLD B.L., MATHEWS K.P., BURGE H.A. – Occupational asthma caused by sewer flies. *American Review of Respiratory Disease*, 1985, 131, pp. 949-952.
- [39] GOLDSTEIN N., YANKO W.A., WALKER J.M., JAKUBOWSKI W. – Determining pathogen levels in sludge products. *Bio Cycle*, 1988, 29, 5, pp. 44-47.
- [40] GROS P., MAHIEU J.C., ULYSSE J.F. – Les réseaux d'assainissement : hygiène et sécurité des personnels d'exploitation. Paris, INRS, 1990, ED 682, 71 p.
- [41] HARTEMANN P. – Stations d'épuration : quels risques infectieux ? *Le Concours Médical*, 1988, 110 – 8, pp. 621-622.
- [42] HICKEY J.L.S., REIST P.C. – Health significance of airborne microorganisms from waste water treatment processes. Part II : Health significance and alternatives for action. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1975, 47, 12, pp. 2758-2773.
- [43] HRUDEY S.E., HRUDEY E.J. – Health effects associated with wastewater treatment, disposal and reuse. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1988, 60, 6, pp. 858-864.
- [44] HRUDEY S.E., HRUDEY E.J. – Health effects associated with wastewater treatment, disposal and reuse. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1989, 61, 6, pp. 849-854.
- [45] Hygiène et sécurité dans les stations d'épuration des collectivités locales. Paris, Direction de l'eau et de la prévention des pollutions et des risques, Cahiers techniques, 1989, vol. 25, 55 p.
- [46] IFTIMOVICI R., IACOBESCU V., COPELOVICI Y., DINCA A., IORDAN L., NICULESCU N., TELEGUTA L., CHELARU M. – Prevalence of antiviral antibodies in workers handling wastewater and sludge. *Revue Roumaine de Médecine – Série Virologie*, 1980, 31, 3, pp. 187-189.
- [47] Construction et exploitation des stations d'épuration et de leurs annexes. Paris, INRS, Recommandation R 213.
- [48] KNOBLOCH J., BIALEK R., HAGEMANN J. – Intestinal protozoal infestations in persons with occupational sewage contact. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 1983, 108, 2, pp. 57-60.

- [49] KOWAL N.E., PAHREN H.R. – Health effects associated with wastewater treatment and disposal. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1979, 51, 6, pp. 1301-1315.
- [50] LAYTON R. – Discussion to disease risks of occupational exposure to sewage. *American Society of Civil Engineers. Environmental Engineering Division. Journal*, 1976, 102, EE6, pp. 1134-1135.
- [51] LEBAS R. – Evaluation des risques dans les stations d'épuration d'eaux résiduaires urbaines. Paris-nord, Thèse de doctorat de médecine, 1984.
- [52] LECLERC H. – Les microorganismes pathogènes des eaux résiduaires : évolution au cours des traitements d'épuration. *Techniques et Sciences Municipales – Eau*, 1971, 66, 11, pp. 389-399.
- [53] LECLERC H., FESTY B., LAZAR P. – Connaissances actuelles de la pathologie hydrique. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, 1982, 30, pp. 363-385.
- [54] LEDIEU S. – Les stations d'épuration : nuisances, risques ; rôle du médecin du travail. Lille, Thèse de doctorat de médecine, 1982.
- [55] LUE-HING C., ZENZ D.R., SEDITA S.J. – Environmental impact of the microbial aerosol emissions from wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 1982, 14, pp. 289-309.
- [56] LUNDHOLM M., RYLANDER R. – Occupational symptoms among compost workers. *Journal of Occupational Medicine*, 1980, 22, pp. 256-257.
- [57] LUNDHOLM M., RYLANDER R. – Work related symptoms among sewage workers. *British Journal of Industrial Medicine*, 1983, 40, pp. 325-329.
- [58] MAES M. – Les agressions subies par l'homme au poste de travail. Nuisances spécifiques à la station d'épuration. *Revue de la Sécurité*, 1978, juin, pp. 6-28.
- [59] MAES M. – Les agressions subies par l'homme au poste de travail. Nuisances spécifiques à la station d'épuration (2<sup>e</sup> partie). *Revue de la Sécurité*, 1978, juillet-août, pp. 4-21.
- [60] MATTSBY I., RYLANDER R. – Clinical and immunological findings in workers exposed to sewage dust. *Journal of Occupational Medicine*, 1978, 20, 10, pp. 690-692.
- [61] McCUNNEY R.J. – Health effects of work at waste water treatment plants : a review of the literature with guidelines for medical surveillance. *American Journal of Industrial Medicine*, 1986, 9, pp. 271-279.
- [62] MEISSEN J.P.P.M. – Sécurité et hygiène du travail dans les stations d'épuration des eaux. *Da Veiligheid – Safety*, 1969, 45, 1, pp. 13-19 (traduction INRS n° 115 A 69).
- [63] Mémento technique de l'eau, 9<sup>e</sup> éd. Rueil-Malmaison, Editions Degrémont, 1989, 2 tomes, 1459 p.
- [64] MERCIECCA M. – Hygiène et sécurité sur les stations d'épuration. Etude réalisée à partir d'une analyse des conditions de travail sur des stations s'épuration en service. Mémoire de fin d'études IUT, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE) Méditerranée, Division TCE. Service hygiène publique, 1984, 84 p.
- [65] Ministère de l'équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports, Direction de la prévention des pollutions, Service de l'eau. – Hygiène et sécurité des personnels des stations d'épuration. Rapport d'études, fév. 1987.
- [66] NETHERCOTT J.R. – Airborne irritant contact dermatitis due to sewage sludge. *Journal of Occupational Medicine*, 1981, 23, 11, pp. 771-774.
- [67] NETHERCOTT J.R., HOLNESS D.L. – Health status of a group of sewage treatment workers in Toronto, Canada. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1988, 49, 7, pp. 346-350.
- [68] Norme NF X 43-001 – Qualité de l'air. Vocabulaire. Paris – La Défense, AFNOR, août 1982, 9 p.
- [69] Norme NF X 42-300 – Biotechnologies – Traitement biologique des eaux usées – Guide de bonnes pratiques en station d'épuration. Prévention des risques d'origine biologique vis-à-vis du personnel et de l'environnement. Paris – La Défense, AFNOR, août 1990, 15 p.
- [70] NORTHROP R. – Health effects of sewage aerosols : additional serological surveys and search for Legionella Pneumophila in sewage. Cincinnati, Environmental Protection Agency, 1981, USEPA 600/1-81-032, 40 p.
- [71] OMS – Bureau régional de l'Europe, Copenhague – L'épandage des boues d'épuration et ses dangers pour la santé publique. *Trib. Cebedeau*, 1984, 37, 493, pp. 511-525.
- [72] OMS – Bureau régional de l'Europe, Copenhague – La technologie appropriée au traitement des eaux usées dans les petites localités rurales. Rapport sur une réunion de l'OMS, Lyon, 7-11 juin 1982. Rapports et études Euro 90, 1985, 69 p.
- [73] OTTOLENGHI A.C., HAMPARIAN V.V. – Multiyear study of sludge application to farmland : prevalence of bacterial enteric pathogens and antibody status of farm families. *Applied and Environmental Microbiology*, 1987, 53, 5, pp. 1118-1124.
- [74] PAHREN H.R., JAKUBOWSKI W. – Health aspects of wastewater aerosols. *Water Science and Technology*, 1981, 13, pp. 1091-1096.
- [75] Pathologie infectieuse liée au travail des personnels communaux. Prévention – Vaccinations. *Médecine et Travail*, 1988, 138, 4, pp. 26-32.
- [76] POSTIC, BARANTON – Bilan de la leptospirose en 1989. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire (BEH)*, 1990, 12, p. 51.
- [77] PROST A., BOUTIN P. – Le risque infectieux lors de l'utilisation d'eaux usées en agriculture. *Techniques et Sciences Municipales – Eau*, 1989, 84, 1, pp. 25-33.
- [78] Prévention des risques dans l'exploitation des stations d'épuration de traitement biologique des eaux usées de l'industrie chimique. *Travail et Sécurité*, 1991, recommandation CNAM à paraître.
- [79] REDDY C.S., DORN C.R., LAMPHERE D.N., POWERS J.D. – Municipal sewage sludge application on Ohio farms : tissue metals residues and infections. *Environmental Research*, 1985, 38, pp. 360-376.
- [80] ROSENBERG M.L., KOPLAN J.P., POLLARD R.A. – The risk of acquiring hepatitis from sewage-contaminated water. *American Journal of Epidemiology*, 1980, 112, 1, pp. 17-22.
- [81] RYLANDER R., ANDERSSON K., BELIN L., BERGLUND G., BERSTROM R., HANSON L.A., LUNDHOLM M., MATTSBY I. – A sewage workers syndrome. *Lancet*, 1976, 28, pp. 478-479.
- [82] SAUNIER B., ROGER A., ROGER F. – Réflexions sur la définition des normes bactériologiques de rejet des eaux usées. *Techniques et Sciences Municipales – Eau*, 1972, 67, 8-9, pp. 349-358.
- [83] SCHEFF P.A., HOLDEN J.A., WADDEN R.A. – Characterization of air pollutants from an activated sludge process. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1981, 53, 2, pp. 223-231.
- [84] SCHWARTZBROD J., THEVENOT M.T., BARADEL J.M. – Parasitological study of wastewater sludge. *Environmental Technology Letters*, 1986, 7, 8, pp. 155-162.
- [85] SCHWARTZBROD J., MATHIEU C., THEVENOT M.T., BARADEL J.M., SCHWARTZBROD L. – Analyse parasitologique et virologique des boues de station d'épuration. *Techniques et Sciences Municipales – Eau*, 1986, 81, 3, pp. 149-153.
- [86] SEKLA L., GEMMILL D., MANFREDA J., LYSYK M., STACKI W., KAY C., HOPPER C., VANBUCKENHOUT L., EIBISCH G. – Sewage treatment plant workers and their environment : a health study. In : PAHREN H., JAKUBOWSKI W. (éds) – Wastewater aerosols and diseases. Proceedings of symposium. Cincinnati, Environmental Protection Agency, 1980, USEPA 600/9-80-028, pp. 281-294.
- [87] SHUVAL H. – Risk of Legionella infection among irrigation workers exposed to aerosols from water and wastewater. Proceedings of the Water Reuse Symposium II. Denver, AWWA Research Foundation, 1984.
- [88] SIMITZIS-LE FLOHIC A.M., HUMPHERY-SMITH I., KERRAON G. – Analyse ambiante et fongique des boues résiduaires d'une station d'épuration d'industrie laitière. *Journal Français d'Hydrologie*, 1989, 1, pp. 113-122.
- [89] SKINHOJ P.E., HOLLINGER F.B., HOVIND HOUGEN K., LOUS P. – Infectious liver diseases in three groups of Copenhagen workers : correlation of hepatitis A infection to sewage exposure. *Archives of Environmental Health*, 1980, 36, pp. 139.
- [90] SORBER C.A., BAUSUM H.T., SCHAUB S.A., SMALL M.J. – A study of bacterial aerosols at a wastewater irrigation site. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1976, 48, 10, pp. 2367-2379.
- [91] SORBER C.A., SAGIK B.P. – Health effects of land application of wastewater and sludge : what are the risks ? *Water and Sewage Works*, juil. 1978, pp. 82-84.

- [92] SQUINAZI F., LAGNEAUX F., NAHAPETIAN M., FESTY B. – Etude bactériologique des boues résiduelles de stations d'épuration des eaux usées. Mise au point de techniques d'analyse. *Journal Français d'Hydrologie*, 1989, 20, 1, pp. 77-88.
- [93] SRIDHAR M.K.C., OYEMADE A. – Potential health risks at sewage treatment plants in Ibadan, Nigeria. *IWEM*, 1987, 1, 1, pp. 129-135.
- [94] TELTSCH B., KATZENELSON E. – Airborne enteric bacteria and viruses from spray irrigation with wastewater. *Applied and Environmental Microbiology*, 1978, 35, 2, pp. 290-296.
- [95] TELTSCH B., SHUVAL H.I., TADMOR J. – Die-away kinetics of aerosolized bacteria from sprinkler application of wastewater. *Applied and Environmental Microbiology*, 1980, 39, 6, pp. 1191-1197.
- [96] TORRE M., BOUTIN P. – Réutilisation agricole des eaux résiduelles : étude de la contamination de l'atmosphère sur le périmètre d'irrigation d'Ars-en-Ré (Charente-Maritime). *Journal Français d'Hydrologie*, 1989, 20, 1, pp. 9-20.
- [97] UIGA A., CRITES R.W. – Relative health risks of activated sludge treatment and slow-rate land treatment. *Water Pollution Control Federation. Journal*, 1980, 52, 12, pp. 2865-2874.
- [98] VENEL G. – Hygiène et sécurité dans les stations d'épuration. Paris, Direction de la prévention des pollutions, Rapport d'étude, 1984, 47 p.
- [99] WAITKINS S.A. – Update on leptospirosis. *British Journal of Medicine*, 1985, 290, pp. 1502-1503.
- [100] WHO – Human viruses in water, wastewater and soil. Report of a WHO Scientific Group. Geneva, WHO publications, 1979, 50 p.

## ANNEXE

### Fiche de suivi médical

Vous trouverez ci-joint, un exemplaire détachable de la fiche de suivi médical que nous proposons.

Les médecins du travail surveillant les personnels de stations d'épuration d'eaux usées sont invités à la remplir, sur une période d'au moins deux ans (deux visites systématiques au minimum, mais pouvant s'étendre sur d'autres visites). Une fiche doit être remplie lors de chaque visite.

Des exemplaires supplémentaires de la fiche pourront être obtenus sur demande à l'INRS Paris (cf. adresse ou téléphone ci-dessous).

Les fiches remplies seront à renvoyer :

Docteur Geneviève ABADIA  
INRS - Service Études et assistance médicales  
30, rue Olivier-Noyer  
75680 PARIS CEDEX 14

Pour tout renseignement complémentaire ou pour toute demande ultérieure de fiches de suivi médical, vous pourrez téléphoner au numéro suivant : 40 44 31 05.

Au terme de ces deux ans, l'analyse des fiches reçues fera l'objet d'une publication de synthèse dans les *Documents pour le Médecin du Travail*. Au vu des résultats obtenus, l'opportunité d'études complémentaires pourrait être envisagée.

