

UNIVERSITE de LIMOGES
Faculté de Pharmacie

B-U LIMOGES SANTE



ANNEE 1996

THESE N° 346 / 1

**RISQUES ET PREVENTION
DANS LES STATIONS D'EPURATION
DES EAUX USEES**



THESE

POUR LE

DIPLOME D'ETAT

DE DOCTEUR EN PHARMACIE

présentée et soutenue publiquement le 16 Décembre 1996

par

Delphine BLOND

née le 1^{er} Avril 1972 à Limoges (Haute-Vienne)

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur Christian MËSCH PRESIDENT
Monsieur le Professeur Gérard LACHATRE JUGE
Madame Eliane VERGNAUD, *Pharmacien* JUGE

**UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE PHARMACIE**

DOYEN DE LA FACULTE: Monsieur le Professeur GHESTEM Axel

ASSESEURS: Monsieur le Professeur HABRIOUX Gérard
Monsieur DREYFUSS Gilles - Maître de Conférences

PROFESSEURS:

BENEYTOUT Jean-Louis	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
BERNARD Michel	PHYSIQUE-BIOPHYSIQUE
BOSGIRAUD Claudine	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE PARASITOLOGIE
BROSSARD Claude	PHARMACOTECHNIE
BUXERAUD Jacques	CHIMIE ORGANIQUE CHIMIE THERAPEUTIQUE
CARDOT Philippe	CHIMIE ANALYTIQUE
CHULIA Albert	PHARMACOGNOSIE
CHULIA Dominique	PHARMACOTECHNIE
DELAGE Christiane	CHIMIE GENERALE ET MINERALE
GHESTEM Axel	BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE
HABRIOUX Gérard	BIOCHIMIE FONDAMENTALE
LACHATRE Gérard	TOXICOLOGIE
MOESCH Christian	HYGIENE
OUDART Nicole	PHARMACODYNAMIE
RABY Claude	PHARMACIE CHIMIQUE ET CHIMIE ORGANIQUE

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

POMMARET Maryse

Je dédie ce travail,

A mes parents,

En témoignage de l'affection
et de la reconnaissance que je
vous porte.

A la mémoire de mon grand-père.

A mes grands-mères.

A mon grand-père.

A Marc.

A tous mes amis.

A Monsieur le Professeur C. MOESCH.

Professeur des Universités en
Hygiène, Environnement et Santé Publique.

Vous nous avez fait l'honneur de nous
confier ce travail et d'accepter la
présidence de cette thèse.

Soyez remercié de votre aide et de votre
amabilité.

Veillez trouver ici l'expression de notre
profond respect.

A Monsieur le Professeur G. LACHATRE.

Professeur des Universités en Toxicologie.

En hommage à la qualité de votre
enseignement.

Nous vous remercions de
l'honneur que vous nous faites en
acceptant de participer à notre jury
de thèse.

Veillez trouver ici l'expression de
toute notre reconnaissance.

A Madame E. VERGNAUD.

Vous avez très aimablement accepté de participer à notre jury de thèse.

Permettez nous en cette occasion de vous témoigner notre vive reconnaissance et notre sympathie.

PLAN

RISQUES ET PREVENTION
DANS LES STATIONS D'EPURATION
DES EAUX USEES

INTRODUCTION

1er CHAPITRE : FONCTIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION

I - Comment sont définies les eaux usées ?

II - Principes élémentaires du fonctionnement d'une station d'épuration

III - Caractéristiques des effluents traités

2ème CHAPITRE : RISQUES

PREMIERE PARTIE : LES DIFFERENTS RISQUES

I - Risques accidentels

II - Risques chimiques

III - Risques infectieux

DEUXIEME PARTIE : INTERPRETATION DES RISQUES EXISTANTS

I - Evaluation du nombre d'accidents réels

II - Recherches effectuées sur le terrain

3ème CHAPITRE : PREVENTION

I - Mesures de prévention concernant la conception et l'entretien des installations et des équipements

II - Mesures de prévention concernant le personnel

III - Mesures de prévention concernant l'organisation du travail

CONCLUSION

ANNEXE JURIDIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

L'eau a un rôle essentiel dans l'évolution et le modelage de notre planète. Elle a permis la naissance et le développement de la vie ; de tout temps, elle a été associée à l'hygiène, la Pharmacopée, et est au cœur des religions et des civilisations.

Depuis une vingtaine d'années, une véritable politique de l'eau se développe. La protection et le traitement de l'eau deviennent des enjeux majeurs. Les réseaux d'assainissement se multiplient, se développent, se modernisent, mettant en œuvre des techniques de plus en plus sophistiquées et employant un personnel de plus en plus nombreux. Ce personnel se trouve confronté à de nombreux risques (chimiques, infectieux, accidentels), conduisant à développer la prévention.

Le but de notre travail est de définir ces risques et d'essayer de recenser les accidents qui surviennent le plus souvent en station d'épuration. Or, il s'avère que peu d'enquêtes épidémiologiques ont été menées à ce sujet et qu'il est particulièrement difficile d'obtenir des renseignements auprès des sociétés fermières.

Dans un premier temps, nous rappellerons le fonctionnement d'une station d'épuration, puis nous exposerons les risques liés à son fonctionnement et les résultats de l'enquête menée auprès des sociétés fermières. Nous nous intéresserons enfin aux différentes mesures de prévention appliquées au sein d'une station d'épuration.

1er CHAPITRE

FONCTIONNEMENT D'UNE
STATION D'EPURATION

La notion d'assainissement ou d'épuration se traduit par l'opération qui a pour but l'évacuation des eaux usées et pluviales, ainsi que leurs rejets dans les exutoires naturels, sous des modes compatibles avec les exigences de la Santé Publique et l'Environnement, notamment après avoir extrait la pollution qu'elles contiennent.

Toute forme de pollution est définie comme étant un facteur physique, chimique, ou biologique rejeté dans un émissaire ou réserve d'eaux naturelles, superficielles ou profondes et qui risque de perturber, à plus ou moins long terme, l'équilibre biologique de cette eau, pouvant alors causer tort à autrui.

I - COMMENT SONT DEFINIES LES EAUX USEES ? (1, 4)

(figure I)

Les eaux usées ou polluées sont définies par un certain nombre de caractères, dont les plus usuels sont :

- **Matières en Suspension (MES)** (mg/l) : c'est la pollution non dissoute, d'origine minérale (sables, limons, argiles,...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, micro-organismes). Les MES sont responsables de la turbidité et de la couleur de l'eau ; lorsque la taille des particules est inférieure au micron, on parle de matières colloïdales. C'est la pollution la plus facile à éliminer.

- **Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours (DBO₅)** (mg O₂/l) : elle est représentative de la pollution organique carbonée biodégradable. C'est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour détruire cette pollution à 20°C, à l'obscurité et après 5 jours d'incubation.

DES ETAPES SUCCESSIVES

TRAITEMENT DE LA POLLUTION :

La qualité des rejets épurés dépend des techniques mises en oeuvre qui pourront comprendre tout ou partie de ces étapes

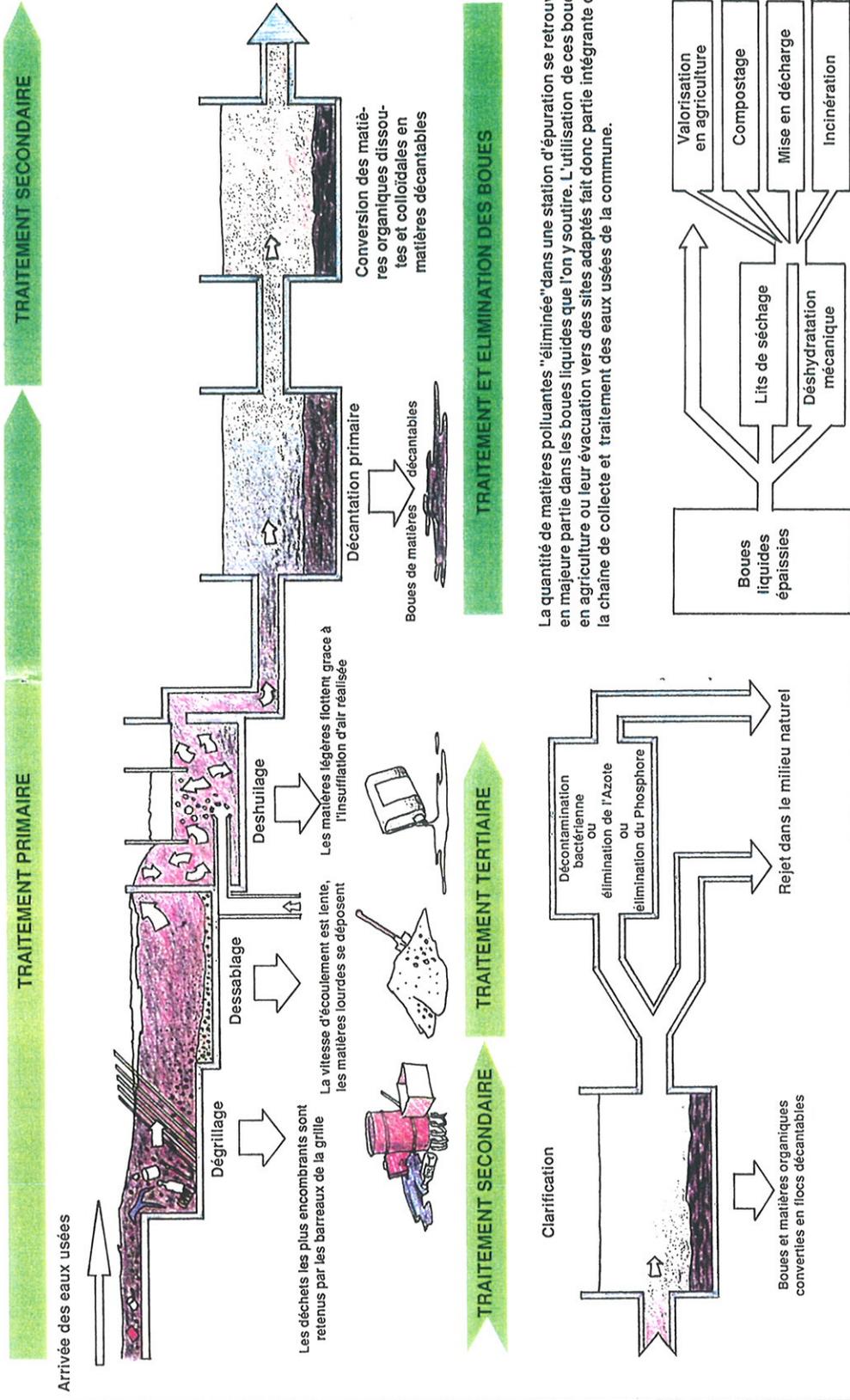


Figure I : Principales étapes du traitement des eaux usées.

- Demande Chimique en Oxygène (DCO) (mg O₂/l) : elle indique la quantité d'oxygène qu'il faut apporter par des moyens chimiques (dichromate de potassium) pour oxyder les matières contenues dans l'effluent.

- Matières Oxydables (MO) : mesure de la pollution organique et chimique dissoute sur l'eau décantée. Elles sont exprimées par une moyenne pondérée de la DCO et de la DBO₅ suivant la formule :

$$\frac{\text{DCO} + 2 \text{ DBO}_5}{3}$$

- Matières Azotées (MA) (mg/l) : dans les eaux usées la pollution azotée se présente essentiellement sous formes réduites correspondant à l'azote Kjeldahl (NTK) (azote sous forme organique et azote ammoniacal). Le terme azote global (NGL) couvre l'ensemble des formes azotées présent dans une eau (NTK + formes oxydées de l'azote).

- Matières Phosphorées (MP) (mg/l) : elles représentent la quantité de phosphore total contenue dans les effluents (orthophosphates, polyphosphates, phosphore organique).

- Equivalent Habitant (eqh) : c'est une unité conventionnelle de mesure de la pollution. Elle correspond à la pollution rejetée, en moyenne, par un habitant résidant dans une commune et par jour soit :

- 100 g de DCO

- 54 g de DBO₅

- 90 g de MES

- 15 g de MA

- 4 g de MP

et 150 litres d'eau

II - PRINCIPES ELEMENTAIRES DU FONCTIONNEMENT

D'UNE STATION D'EPURATION (1-12)

Le traitement des eaux usées s'effectue après avoir relevé les effluents, par des moyens techniques (vis d'Archimède, pompes), car les égouts arrivent généralement plus bas que la station d'épuration. Il se décompose en plusieurs étapes, qui s'effectuent de façon chronologique ; toutes ces étapes sont parfaitement suivies par des contrôles fréquents, visant à définir les caractères évoqués précédemment.

On note comme étapes :

- les prétraitements ou traitements préliminaires,
- la décantation primaire ou traitement primaire,
- les traitements secondaires (biologiques et/ou physico-chimiques),
- les traitements tertiaires,
- l'évacuation et le traitement des résidus de l'épuration.

A - Prétraitements (1, 2, 4-7)

Ils ont pour but d'extraire des effluents la plus grande quantité possible de matières en suspension, dont la nature ou la dimension serait susceptible de gêner les étapes ultérieures du traitement.

1 - Le dégrillage

C'est une opération indispensable qui permet d'éviter le bouchage des différentes installations situées en aval, par des corps volumineux. Il sépare et permet d'évacuer les matières volumineuses (papier, bois,...) charriées par l'eau brute, susceptibles de nuire à l'efficacité des traitements suivants.

Il est assuré soit par une grille à nettoyage manuel, soit obligatoirement (à partir d'une certaine taille de la station) par une grille à nettoyage automatique. L'opération est plus ou moins efficace en fonction de l'écartement des barreaux des grilles.



Figure II : Exemple d'un dégrilleur.

2 - Le tamisage

Il assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôle perforée à mailles plus ou moins fines. Les différentes grilles sont nettoyées de façon automatique.

En station d'épuration, la technique de macrotamisage est la plus couramment utilisée.

3 - La dilacération

Cette opération a pour but de broyer les matières solides véhiculées par les eaux résiduaires. Les matières déchiquetées sont entraînées dans le circuit de l'eau vers les traitements suivants.

L'intérêt de ce processus est de supprimer les nuisances entraînées par l'évacuation et la décharge des déchets de la grille du dégrilleur.

Cependant, cette opération est de moins en moins utilisée, car elle peut entraîner le bouchage des tuyauteries et pompes, par accumulation des matières broyées.

Elle peut parfois être substituée à un dégrillage fin dans les cas de boues.

4 - Le dessablage

Son but est d'extraire des eaux brutes des graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, pouvant être à l'origine de la dégradation des différents appareils situés en aval, ou pouvant se déposer dans les canalisations.

Seules les particules dont le diamètre est supérieur à 0,2 mm sont concernées par cette opération.

Plusieurs types d'appareils peuvent être utilisés : dessableurs couloirs simples, tangentiels, rectangulaires ou à vitesse d'écoulement constante.

5 - Le déshuilage et dégraissage

Ces deux opérations réalisées ensemble correspondent en fait à deux phénomènes physiques différents : le déshuilage est une séparation liquide-liquide, et le dégraissage une séparation solide-liquide. En réalité, on parle surtout de dégraissage.

Les huiles et graisses ont une densité inférieure à celle de l'eau, et flottent à sa surface. La flottation des graisses est obtenue grâce à un procédé d'insufflation d'air ou par production mécanique d'air ; un système de raclage permet de récupérer alors les graisses flottantes. On remarquera que pour minimiser cette opération, on recommande un dégraissage de l'effluent avant rejet à l'égout, pour les industries concernées, grâce à l'utilisation de séparateurs de graisses.

B - Décantation primaire ou traitement primaire (4-7)

Après ces différents prétraitements, les eaux usées sont débarrassées des plus gros déchets, des sables, et des graisses qu'elles contenaient en arrivant dans la station d'épuration. La décantation primaire va permettre d'éliminer les matières décantables qu'elles contiennent encore.

Cette opération est basée sur une technique de séparation par décantation gravitaire : la grosseur et le poids des particules jouant alors un rôle important.

Les décanteurs utilisés peuvent être de différents types : ce sont généralement des bassins à ciel ouvert dans lesquels les eaux usées, ayant subi les prétraitements, arrivent par un point central. La vitesse lente de l'eau permet le dépôt des matières en suspension au fond du bassin. Ces dernières sont alors raclées et constituent les boues primaires. L'eau est alors pratiquement dépourvue de matières en suspension et par surverse va rejoindre la suite des traitements.

L'avantage de cette opération est qu'elle ne fait pas intervenir de réactifs chimiques. Seules les particules d'une taille supérieure à 50 microns sont décantables.

Cette décantation peut parfois être évitée sur des stations de petite taille et en fonction des traitements qui suivent.

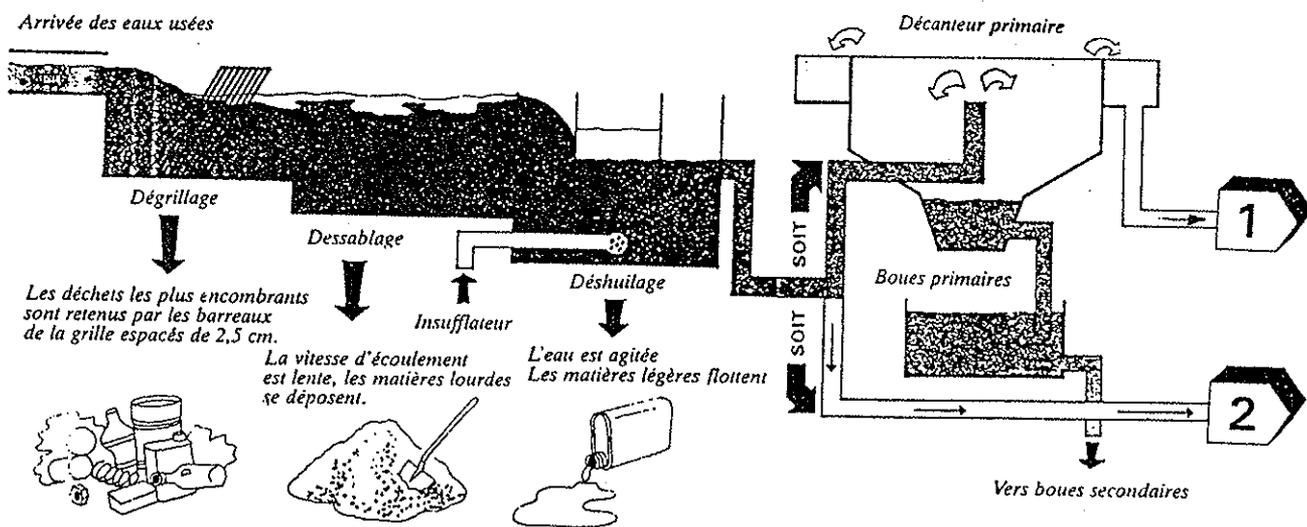


Figure III : Prétraitements et décantation primaire.

C - Traitements secondaires (4-8)

Ils peuvent être biologiques et / ou physico-chimiques.

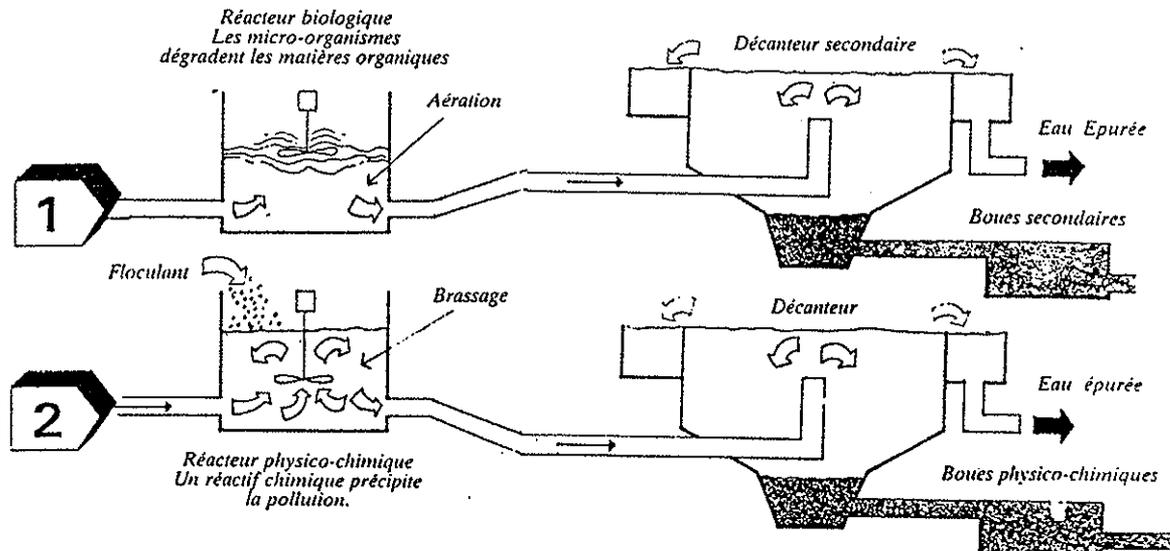


Figure IV : Traitements secondaires.

L'épuration biologique occupe une place importante dans l'élimination de la pollution organique biodégradable, en raison de son faible coût économique ; elle présente, cependant, certaines limites :

- inadaptation aux variations brutales et importantes des flux de pollution dans le cadre des activités de loisirs et de tourisme,
- absence d'action sur les composés non-biodégradables,
- faible élimination des phosphates,...

D'où l'intérêt d'un développement en parallèle des traitements physico-chimiques, qui s'ajoutent, complètent ou remplacent, dans certains cas, les techniques biologiques.

1 - Traitements biologiques

Leur but est la dégradation des composés organiques oxydables, présents dans les eaux, par des micro-organismes. Ces derniers contaminent de façon banale les eaux usées ; ils se divisent en deux groupes : les micro-organismes aérobies (ils ont besoin pour vivre d'oxygène, qu'ils trouvent dans l'air ou dissous dans l'eau) et les anaérobies (ils vivent en l'absence d'oxygène). On constate que c'est en fait l'aérobiose qui prédomine. Après digestion des matières organiques, ces micro-organismes rejettent pour les aérobies, du gaz carbonique et de l'eau, et pour les anaérobies du méthane, gaz carbonique et hydrogène sulfuré. L'ensemble de ces micro-organismes constitue, à l'issue du traitement biologique, la majeure partie des boues.

On distingue différentes techniques :

a - Les lits bactériens

C'est la technique la plus simple.

Elle consiste à faire ruisseler l'eau à traiter sur un support, poreux ou caverneux, sur lequel sont fixés les micro-organismes épurateurs. L'oxygénation est assurée par l'air atmosphérique, qui est insufflé par des ouvertures aménagées à la base du lit. L'oxygénation est nécessaire au maintien en aérobiose des bactéries, afin de permettre leur développement et la dégradation du substrat constitué par les matières organiques.

Cette opération se fait aux dépens de l'oxygène dissous dans l'eau.

Le décanteur secondaire assurera la séparation de l'effluent et des boues (micro-organismes en excès entraînés lors du ruissellement).

b - Les boues activées

Cette méthode est la plus utilisée.

Le principe consiste en une intensification de l'auto-épuration des eaux par une biomasse libre en suspension : par un important brassage, on provoque le développement d'un floc bactérien dans un bassin contenant des eaux usées. L'aération est obtenue par des turbines situées à la surface des bassins ou par l'injection d'air sous pression en profondeur. Cette technique permet d'augmenter la teneur en oxygène dissous dans l'eau, condition nécessaire à la prolifération des bactéries (il peut arriver que l'on ajoute de l'oxygène pur).

Le bassin d'aération sera toujours suivi d'un clarificateur qui assure la séparation des boues de l'effluent traité.



Figure V : Bassin de boues activées.

c - Le lit immergé (6, 7)

Ce procédé est le plus récent et fait appel à des biofiltres. Il consiste à réaliser simultanément, et dans le même appareil, la dégradation aérobie des matières organiques par les micro-organismes et la clarification par filtration de l'effluent traité. Ce système dispense d'un décanteur secondaire.

Les biofiltres sont des matériaux de granulométrie suffisamment fine pour assurer la filtration ; ce même matériau est également le support des bactéries. Il existe différentes sortes de biofiltres faisant appel à des critères de granulométrie, de sens de passage de l'eau,

Là encore, l'oxygénation est assurée par l'air ou par apport d'oxygène pur.

Actuellement, on s'oriente vers des systèmes à lits mobiles (ou à lavage continu), des systèmes à lits fluidisés, et dernièrement vers la biofiltration sur lit flottant : l'épuration biologique est assurée par passage des eaux usées au travers d'un matériau flottant, constitué de billes de polystyrène, colonisé par une biomasse active.

d - Le lagunage

C'est une variante des traitements par boues activées.

Il s'agit pour le lagunage naturel, de grands bassins d'eau peu profonds (0,8 à 1,2 m) où la lumière peut pénétrer et favoriser le développement d'algues, qui produiront par photosynthèse de l'oxygène et qui permettront alors aux bactéries de se reproduire

et d'éliminer la pollution organique biodégradable. Cela nécessite un temps de séjour relativement long (plusieurs semaines). Le lagunage aéré s'obtient par insufflation d'air (aération artificielle).

Ce procédé peut être utilisé comme traitement final ou même pour certaines communes rurales servir de "station d'épuration".

2 - Traitements physico-chimiques

Les eaux usées contiennent en suspension des matières solides dont la nature, les dimensions et la densité sont très diverses.

On a vu que la séparation des éléments de grande taille ne posait pas de difficulté. Par contre, il s'avère que les composés de très petite taille et les colloïdes (à l'origine de la turbidité et de la coloration des eaux) ne peuvent être séparés par simple décantation. En effet, ces éléments sont légers et se repoussent à cause des charges électriques négatives qu'ils contiennent.

En mélangeant de façon énergique ces composés avec des réactifs, tels que des sels de fer, d'aluminium ou de la chaux, on provoque une coagulation (l'état colloïdal se rompt) par annulation des forces de répulsion. Cette coagulation est doublée d'une floculation (obtenue par agitation lente des matières coagulées et ajout de réactif, tel que des polyélectrolytes).

On obtient alors une élimination quasi-totale des matières en suspension (réduction de la charge polluante voisine de 70 %).

3 - Décantation secondaire

L'ensemble des opérations décrites ci-dessus, se poursuivent pratiquement toutes par une décantation.

Son but est d'assurer une séparation satisfaisante des boues des eaux traitées et de permettre un premier épaissement des boues dites secondaires, essentiellement constituées par les micro-organismes.

Une partie de ces boues sera "recyclée" pour maintenir une quantité constante de micro-organismes dans le bassin d'aération, afin de perpétuer le processus d'épuration.



Figure VI : Décanteur - flocculateur (installation de Cannes).

D - Traitements tertiaires (1, 2, 4-7, 9-12)

Toutes les opérations décrites aboutissent à une élimination de la majeure partie des matières polluantes. Cependant, le traitement secondaire n'élimine qu'environ 35 % de l'azote et du phosphore, et on retrouve 10 à 15 % de micro-organismes dans l'eau ainsi épurée.

Le but des traitements tertiaires est d'améliorer la qualité des paramètres des eaux traitées, et d'éliminer la plus grande partie possible des micro-organismes restants afin d'éviter tout risque sanitaire.

Parmi ces traitements on rencontre :

---> une déphosphatation chimique (utilisant des réactifs tels que les sels de fer, la chaux...) ou biologique (on travaille dans un premier temps en anaérobiose, puis on réoxygène le milieu ; de ce fait, les micro-organismes, après avoir vécu dans un milieu sans oxygène, se mettent à consommer quatre fois plus de phosphate en présence d'oxygène).

--> une dénitrification par voie physico-chimique (échange d'ions,...) ou biologique (le procédé consiste dans un premier temps à oxyder la matière azotée en nitrates, et ceci en oxygénant le bassin à boues activées ; l'effluent est ensuite envoyé en zone anoxie où les bactéries vont utiliser l'oxygène des nitrates et libérer de l'azote gazeux).

Ces traitements permettent la protection du milieu naturel, en empêchant le développement inconsidéré des algues et autres végétaux.

--> une filtration sur lit de sable, qui permet de retenir les dernières particules en suspension et éventuellement les micro-organismes qui pourraient y être fixés.

--> une désinfection chimique (chlore ou ses dérivés, produits oxydants (ozone,...)) ou physique (rayons ultra-violet, procédé de séparation sur membranes).

* Chimique :

Le **chlore** à l'état gazeux ou sous forme d'hypochlorite de sodium est actuellement très utilisé ; cependant, son inconvénient majeur réside dans sa toxicité pour la faune et la flore.

Le **bioxyde de chlore** est très efficace, son activité désinfectante est supérieure à celle du chlore, sa toxicité sur la faune et la flore serait moindre (6, 9-12). Il présente l'inconvénient de devoir être fabriqué sur le lieu de son utilisation, car il n'est pas stable et explose facilement.

L'**ozone** est un désinfectant puissant, mais les coûts qu'il engendre pour sa mise en oeuvre sont trop importants.

* Physique :

Les rayons ultra-violetes présentent un avantage certain quant à leur pouvoir germicide ; l'absence de toxicité et une exploitation relativement facile en font un bon compromis pour les stations de faible taille.

La séparation sur membranes (procédé d'ultrafiltration, d'osmose inverse...) semble intéressante mais son coût est trop élevé.

Ces traitements sont choisis en fonction des lieux de rejet des eaux traitées : proximité de baignade, captage d'eau potable ou protection du littoral.

E - Evacuation et traitement des résidus de l'épuration

(1, 2, 7)

1 - Résidus du prétraitement

Les résidus de dégrillage et du tamisage, retenus par les grilles, sont souvent des feuilles, du papier, des bouts de bois. Ils sont stockés dans des sacs plastiques ou récipients métalliques, puis sont collectés et traités avec les ordures ménagères.

Les sables sont constitués de graviers, sables, éléments minéraux de petite taille. Ces sables sont souvent souillés par des éléments organiques. Il est nécessaire de les laver, de les égoutter et de les stocker en vue de leur mise en décharge ou enfouissement. En aucun cas, il ne faut les utiliser comme sable des lits de séchage.

Les huiles et les graisses (de toutes origines : végétales, minérales...) sont incinérées ou mises en décharge. Cependant avant la mise en décharge, il est nécessaire de procéder à un traitement préalable afin d'éliminer les différentes odeurs.

2 - Les boues (1, 2, 6-8)

Les boues récupérées au-cours des traitements des eaux usées représentent une quantité de produit non négligeable (environ 3 m³ par jour pour une ville de 1000 habitants). Ces boues sont essentiellement composées de matières organiques très fermentescibles. Elles posent un certain nombre de problèmes : d'une part celui du stockage, car elles sont volumineuses (elles contiennent une forte quantité d'eau), d'autre part elles peuvent être des vecteurs de nuisances diverses. Il est alors nécessaire de leur trouver une destination : valorisation en agriculture, incinération, mise en décharge. En fonction de la destination choisie, un traitement sera adapté avec comme objectifs dans tous les cas : réduction du volume et réduction du pouvoir fermentescible.

a - Réduction du volume

Il s'agit d'éliminer la plus grande quantité d'eau possible. On rencontre comme procédés : l'épaississement, la déshydratation, à laquelle peut s'ajouter un séchage thermique ou une incinération.

--> l'épaississement :

Il peut être statique ou dynamique. L'épaississement statique fait appel à la décantation ; on laisse les boues reposer dans un épaisseur et on récupère l'eau

restée en surface. Par opposition, on parle d'épaississement dynamique, lorsqu'on réalise une centrifugation ou une flottation par insufflation d'air.

--> **la déshydratation :**

Cette opération est réalisée, contrairement à l'épaississement, après réduction du pouvoir fermentescible.

Les boues épaissies contiennent encore 90 % d'eau, alors qu'après déshydratation elles n'en contiennent qu'environ 60 %. Cette opération permet en outre d'améliorer leur manutention.

Il est nécessaire de faire un conditionnement de ces boues, pour les rendre aptes à la déshydratation ; celui-ci consiste à flocculer les boues, soit par cuisson, soit grâce à l'utilisation de sels métalliques, de polyélectrolytes.

Elle peut se faire à l'aide d'une centrifugeuse, de filtre à bande presseuse, de filtre presse (dans ces deux derniers cas, les boues subissent une forte pression, qui libère l'eau contenue), de lits de séchage (les boues recouvrent des lits de sable ou de gravillons ; l'eau s'échappe par évaporation et drainage).

b - Réduction du pouvoir fermentescible

Ce pouvoir est dû aux micro-organismes encore en action dans les boues.

Sa réduction se fait par stabilisation aérobie, chimique ou par digestion anaérobie.

--> stabilisation aérobie :

L'aération prolongée du milieu permet aux micro-organismes de continuer à se développer jusqu'à épuisement du milieu (la période de synthèse des cellules est dépassée et cela entraîne leur auto-oxydation). Cette opération reste limitée à basse température et donc déconseillée dans les pays froids.

--> stabilisation chimique :

L'ajout de chaux permet d'augmenter le pH du milieu à une valeur proche de 11, incompatible avec la survie des bactéries. Son avantage vient de son faible coût.

--> digestion anaérobie :

Les matières organiques subissent une dégradation importante avec production de gaz carbonique et de méthane (ce biogaz est récupéré comme source d'énergie pour faire fonctionner certains appareils de la station). Cette opération exige certaines conditions de pH, température et temps de séjour dans le digesteur.

c - Destination des boues

--> Très souvent ces boues sont utilisées en agriculture : le carbone, l'azote, le phosphore et le potassium qu'elles contiennent sont ainsi valorisés. Leur utilisation n'est envisageable que pour des cultures à usage non alimentaire. L'épandage de celles-ci se fait soit sous forme liquide (après épaissement préliminaire), soit sous forme plus ou moins déshydratée à l'état pâteux ou solide.

Dans ce cas-là, il faut avoir conscience que ces boues doivent répondre à certains critères (dépourvues d'odeur, d'éléments indésirables tels que métaux lourds, parasites,...)

--> L'incinération est une bonne alternative, quand les quantités de boues sont importantes ; pour cela les boues doivent être riches en matières organiques et pauvres en eau. On obtient, après cette opération, des cendres ne contenant que des matières minérales.

--> Lorsqu'elles sont dépourvues d'odeur (pauvres en matières fermentescibles) et qu'elles sont peu humides, leur mise en décharge peut être envisagée. Cette voie est encore très souvent utilisée.

III - CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS TRAITES (3)

Après avoir subi l'ensemble de ces traitements, l'effluent va pouvoir être rejeté. Celui-ci, en fonction du milieu récepteur, devra répondre à certaines normes fixées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

D'une façon générale et indépendamment de son niveau de traitement, sa température devra être inférieure à 30° C, son pH devra être compris entre 5,5 et 8,5 (5,5 et 9 si le rejet se fait en mer).

A côté de ces caractères et en fonction des traitements subis, on distingue six niveaux.

- Le niveau I : le moins exigeant, il correspond à une élimination de 90 % des matières en suspension.

- Le niveau II : correspond à une diminution partielle des matières en suspension analogue au niveau I, ainsi qu'une diminution partielle des matières organiques.

- Le niveau III : correspond à une diminution analogue à celle du niveau II en ce qui concerne les matières organiques, mais les matières en suspension demeurent.

- Le niveau IV : correspond à une diminution des matières en suspension, organiques et de l'azote.

- Le niveau V : le plus exigeant en ce qui concerne l'élimination de l'azote (en vue de la consommation d'eau).

- Le niveau VI : correspond à des traitements très poussés ; il ne sera imposé que dans des circonstances particulières (baignade, prise d'alimentation en eau potable...).

* * *

C'est ainsi que l'on comprend l'importance des contrôles effectués dans les stations afin de suivre la qualité de l'effluent. Le niveau de rejet dépendant du milieu récepteur, il est impératif de connaître de façon précise les caractéristiques de ce milieu afin d'y adapter au mieux le traitement des eaux usées.

2ème CHAPITRE :

RISQUES

La publication des Directives Européennes, notamment celle du 21 Mai 1991 sur les eaux résiduaires, a conduit au développement important des infrastructures liées à l'assainissement. Il est donc logique que nous assistions à un accroissement du nombre de personnes en contact, de façon plus ou moins directe, avec les eaux usées. Ces personnes peuvent être du personnel d'exploitation, mais également des personnes effectuant des opérations de contrôle, des essais, des études, s'exposant alors à des problèmes d'hygiène et de sécurité.

L'étude du fonctionnement d'une station d'épuration, que nous venons de présenter (installation, tâches d'entretien, de contrôle...) nous permet de mettre en évidence les trois types de risques les plus fréquemment rencontrés : risques accidentels, risques chimiques, risques infectieux (ce dernier étant considéré comme le risque majeur).

Nous développerons successivement ces risques avant de les évaluer et de les interpréter.

PREMIERE PARTIE : LES DIFFERENTS RISQUES

I - RISQUES ACCIDENTELS

Ces risques sont liés à la conception de l'installation (bassin, passerelles...) et à la nature des équipements (mécaniques, électriques...).

A - Risques de chute du personnel (1, 2, 13, 14)

Les chutes sont parmi les accidents les plus fréquents, puisqu'elles représentent 30 % des accidents recensés en 10 ans. Elles surviennent lors du déplacement du personnel de la station. Elles peuvent être dues à l'absence de balustrades en bordure de bassins, à l'étroitesse des abords de ces bassins, à l'absence de plinthes sur les passerelles, à des sols rendus glissants par l'eau et la boue, à l'éclairage insuffisant ou à des ouvertures au sol souvent mal signalées.

Les chutes se divisent en deux groupes : chutes de plain-pied (c'est le cas lorsqu'une personne glisse) et chutes de hauteur, souvent plus graves (chute d'une échelle par exemple).

Les chutes dans les bassins sont parmi les accidents les plus fréquents. Elles sont particulièrement dangereuses, si ces bassins sont des bassins d'aération ou à boues non recouverts.

En ce qui concerne les bassins d'aération, des essais de flottabilité du corps humain dans ce type de bassin ont été menés, afin d'y étudier le comportement d'un corps tombé par inadvertance. Ces essais se sont déroulés en collaboration avec des plongeurs du Corps des sapeurs-pompiers de Bordeaux, sur le site de la station d'épuration Louis Fargue à Bordeaux dans un premier temps et en piscine dans un second temps (il était préférable de travailler avec des corps humains plutôt qu'avec des mannequins, les conditions optimales étant dans ce cas réunies).

Ils ont été réalisés, après avoir repris, pour la partie technique, la publication éditée par l'INRS en 1982 sur les gilets de sauvetage pour l'industrie (42, 43).

Ils ont montré que le corps humain flotte dans un bassin d'aération (bien que l'on pensait, à priori, que le théorème d'Archimède ne pouvait pas s'appliquer dans ce type de bassin, dans la mesure où le fluide remplissant le bassin est un mélange d'air et d'eau et qu'il n'est ni homogène, ni continu). Le corps du plongeur était lentement entraîné vers le centre du bassin, mais n'était pas ballotté (les remous et le courant provoqués étant de faible intensité). Ces essais ont donc prouvé que le danger ne venait pas de l'émulsion eau-air créée par l'injection d'air, mais plus du risque de choc survenant lors de la chute, ou par l'existence de vêtement ou équipement lourd invalidant l'agent, impliquant alors un fort risque de noyade.

Pour ce qui est des bassins à boues non recouverts (concentrateurs..), le risque vient du fait que la boue pénètre dans les orifices vitaux de l'individu (nez, bouche, oreilles). La victime est alors prise au piège et ne peut survivre sans l'intervention d'une tierce personne.

B - Risques de coupure ou de contusion (1, 13)

Ce risque ne représente pas l'accident le plus grave, mais le caractère septique de l'eau rend toute blessure suspecte. Un suivi de cette blessure est important afin d'éviter toute infection (cf risques infectieux).

Les coupures et les contusions sont fréquentes lors d'exercices de démontage et de remontage des matériels, lors d'opérations de levage, lors de manœuvres sur les organes mobiles des installations. Les coupures peuvent également se produire lorsque le personnel effectue des contrôles directement sur l'installation, en utilisant du matériel en verre.

C - Risques d'incendie et d'explosion (2, 13)

1 - Risques d'incendie

De façon générale, ils sont peu fréquents, dans les stations d'épuration de petite taille (moins de 2000 eqh). Les incendies que nous pourrions rencontrer dans ces cas-là seraient dus à un mauvais fonctionnement des dispositifs de protection électrique ou à l'inflammation des résidus de dégrillage ou de déshuilage.

Dans les stations de plus grande capacité, les risques sont dus à la présence de chaudières, de moteurs à gaz de fermentation, au traitement thermique des boues ou à la présence de produits inflammables. Cependant, les causes décrites pour les stations de petites tailles trouvent, ici aussi, leur signification.

2 - Risques d'explosion

Ils sont principalement liés, sur une station, à la fermentation anaérobie de matières organiques ; cette fermentation conduit à la formation de méthane, d'hydrogène sulfuré et d'hydrogène arsénié, inflammables et explosifs, quand ils sont mélangés avec l'air dans certaines proportions. Cette fermentation peut se produire de façon accidentelle, par manque d'entretien dans les canalisations, ou de façon intentionnelle dans les digesteurs de boues.

Une mention particulière est à porter sur le risque explosif dû aux rejets par des laboratoires ou des industries de solvants organiques ou d'essence, pouvant être à l'origine de vapeurs explosives.

D - Risques d'intoxication, d'asphyxie (1, 13, 15-21)

1 - Généralités (1)

Avant de détailler les produits étant à l'origine d'intoxications ou d'asphyxies, il est bon de rappeler certaines notions.

Tout d'abord, une atmosphère est rendue dangereuse par la diminution de la concentration en oxygène ou par la présence d'un élément extérieur (gaz, vapeur) apportant des risques : **d'asphyxie, d'intoxication, d'explosion.**

Le risque d'asphyxie apparaît quand la quantité d'oxygène dans l'atmosphère respirée devient insuffisante (17 % contre 20,9 %).

L'intoxication correspond à un empoisonnement par inhalation d'un gaz dangereux.

2 - Les différents gaz rencontrés sur une station d'épuration

Les gaz qui proviennent pour la plupart de la fermentation anaérobie des matières organiques se retrouvent au débouché du réseau, dans la bêche de relèvement, dans les puits à boues, dans les digesteurs.

a - Le gaz carbonique (13)

Il ne représente pas réellement un risque à lui seul en station d'épuration, car il n'atteint que très rarement des concentrations suffisantes ; cependant, des cas d'accidents ont été rapportés. Nous analyserons donc ses caractéristiques et les différents troubles qu'il peut engendrer.

--> caractéristiques :

C'est un gaz incolore, inodore, aux conditions normales de température et de pression.

Il est plus lourd que l'air et s'accumule donc au-niveau du sol ($d = 1,5$).

--> toxicologie :

Il est irritant à fortes concentrations (effet local).

Des concentrations de 3 à 5 % entraînent une hyperventilation. Des concentrations supérieures, de l'ordre de 8 à 15 % sont à l'origine de céphalées, somnolence, nausées, vomissements. C'est un agent vasodilatateur. A forte dose il provoque une insuffisance circulatoire rapide avec coma et mort.

b - L'oxyde de carbone (15, 16)

Peu fréquent, mais rencontré quelquefois, mélangé à d'autres gaz.

--> caractéristiques :

C'est un gaz incolore, inodore, non irritant, de densité proche de l'air et extrêmement inflammable (sa limite inférieure d'explosivité (LIE) est de 12,5 % et sa limite supérieure d'explosivité (LSE) est de 74,2 %).

--> toxicologie :

Agit au niveau des voies respiratoires. Par intoxication massive, on assiste à une inhibition brutale de la respiration. L'intoxication aiguë entraîne des vertiges, des céphalées, des vomissements. L'exposition chronique provoque des céphalées, des vertiges et une asthénie.

--> valeur limite d'exposition :

La valeur moyenne d'exposition (VME) est en France de 55 mg/m³, soit 50 ppm, cette valeur étant fixée par la circulaire ministérielle du travail du 05-03-1985.

c - L'hydrogène sulfuré (15-18)

Encore nommé sulfure d'hydrogène, c'est le gaz le plus fréquemment rencontré.

--> caractéristiques :

C'est un gaz incolore, inflammable, explosif (LIE = 4,5 % et LSE = 45,5 %) ; il présente une odeur putride caractéristique (oeuf pourri). C'est un gaz lourd ($d = 1,19$) qui s'accumule dans les parties basses mal ventilées.

--> toxicologie :

C'est un puissant irritant oculaire, ORL et respiratoire, entraînant un œdème aigu du poumon (OAP) et surtout une inhibition brutale de la respiration cellulaire par blocage du processus d'oxydo-réduction dès 500 ppm.

A faible dose (100 ppm), il provoque conjonctivite, rhinite, dyspnée, voire un OAP retardé, avec céphalées, nausées...

Des concentrations de l'ordre de 500 à 700 ppm peuvent entraîner des intoxications mortelles.

Le véritable danger apparaît pour des concentrations élevées (1000 ppm) ; il entraîne une paralysie du nerf olfactif, conduisant rapidement au décès.

--> valeurs limites d'exposition :

VLE = 10 ppm ou 14 mg/m³

VME = 5 ppm ou de 7 mg/m³, d'après la circulaire ministérielle du travail du 21-03-1983.

d - L'hydrogène arsénié (16, 19, 20)

Il fait également partie des gaz pouvant être rencontrés, mais de façon exceptionnelle.

--> caractéristiques :

C'est un gaz incolore, plus lourd que l'air (densité de 2,69), sans odeur à l'état naissant. Il est inflammable et susceptible de pouvoir exploser au contact de l'air (LIE = 4,5 %, LSE = 100 %).

--> toxicologie :

Il est extrêmement toxique et peut entraîner des accidents mortels, même après des expositions très courtes. Il agit en détruisant les globules rouges. Il lèse également le foie, les poumons et le système nerveux.

Selon les concentrations, auxquelles sont exposés les individus, on aboutit à un tableau clinique avec des troubles digestifs, sanguins, rénaux et pour des concentrations très élevées à un collapsus.

--> valeurs limites d'exposition :

Elles ont été fixées à 0,2 ppm, soit 0,8 mg/m³ pour la VLE, et à 0,05 ppm soit 0,2 mg/m³ pour la VME, par le ministère du travail, le 21-03-1983.

e - Le méthane (21)

C'est un hydrocarbure aliphatique saturé, gazeux. Son risque principal est l'explosion (LIE = 5 % et LSE = 15,4 %).

--> caractéristiques :

C'est un gaz incolore, sans odeur à l'état pur ; sa densité est voisine de 0,50.

--> toxicologie :

Son inhalation est à l'origine de troubles respiratoires, nausées, vomissements, perte de connaissance, convulsions. Il est asphyxiant en agissant, en diminuant la teneur en oxygène de l'air.

f - Le chlore gazeux et les dérivés du chlore

Les caractères de ces produits seront étudiés ultérieurement, dans la mesure où seuls sont étudiés, dans cette partie, les produits obtenus par fermentation et non les produits stockés en vue de leur utilisation sur la station d'épuration.

E - Risques mécaniques (2, 14)

On entend par risques mécaniques, tous les risques qui peuvent exister lors d'une installation défectueuse de machines, lors du mauvais fonctionnement d'un appareil de dégrillage automatique, de vis sans fin, de ponts racleurs, de filtres presses... Ces appareils, dont la plupart des pièces sont mobiles et dont le fonctionnement est le plus souvent automatique, peuvent présenter un danger permanent pour l'ensemble du personnel qui les utilise.

Il est indispensable de prévoir des systèmes de protection et une information du personnel nécessaires à toute manutention ou maintenance de ces appareils.

F - Risques électriques (1, 2, 13, 14)

Ces risques dépendent en grande partie des matériaux utilisés pour les différentes installations et de la conception de ces installations. En effet, ceux-ci doivent être adaptés à l'environnement (présence d'eau, d'humidité).

Le réseau électrique doit répondre à des normes parfaitement définies.

Le risque d'électrocution devrait être minime si les normes étaient parfaitement respectées ; or, il s'avère que ce n'est pas réellement le cas. Nous assistons souvent à la modification du réseau électrique initial, par des "bricolages" successifs effectués par un personnel pas toujours qualifié.

G - Nuisances diverses (13)

Ces nuisances ne peuvent être considérées comme étant des accidents, mais elles sont souvent à l'origine de nombreuses plaintes du personnel. Elles sont représentées par le bruit et les odeurs.

Le bruit n'est pas perçu de façon continu et n'atteint le personnel qu'à des endroits localisés (aérateurs de surface, surpresseurs).

Si l'entretien s'effectue régulièrement, aucune odeur ne devrait gêner le personnel. En réalité, il existe parfois des odeurs plus soutenues au niveau de l'incinération des résidus de dégrillage ou de graisse, et au niveau des traitements de boues à haute température, qui libèrent des composés sulfurés et azotés.

II - RISQUES CHIMIQUES

Comme il a été vu en introduction, la qualité des eaux devient un souci majeur. De ce fait, nous assistons à une augmentation des stations d'épuration, mais aussi au développement des procédés utilisés par ces stations, notamment en ce qui concerne les procédés de traitement physico-chimique des eaux, le conditionnement des boues et les techniques permettant la désinfection des effluents. Ceci entraîne donc un stockage de réactifs chimiques, aussi bien dans les stations de petite taille, que dans celles de grande taille. Or, souvent nous remarquons que l'utilisation de ces produits n'est pas réservée à un personnel qualifié, ce qui majore le risque d'accident.

Nous ne développerons pas dans cette partie les produits chimiques générés par fermentation, mais nous nous limiterons aux produits stockés et utilisés par le personnel dans le cadre du traitement des eaux usées en station d'épuration.

A - Le chlore gazeux et ses dérivés oxygénés

(1, 2, 9, 11, 13, 14, 22)

1 - Le chlore gazeux (1, 2, 13, 14, 22)

Longtemps utilisé dans les procédés de désinfection des eaux résiduaires, il se voit peu à peu remplacé par d'autres procédés : rayonnement ultra-violet, ozone ou dérivés oxygénés du chlore.

Il représente un des risques potentiels majeurs pour la santé du personnel.

--> caractéristiques :

C'est un gaz jaune verdâtre, d'odeur âcre, suffocant, plus dense que l'air (densité égale à 2,48). Il est stocké sous forme liquéfiée dans des cylindres en acier.

--> toxicologie :

Au contact de l'humidité de la peau, des muqueuses, des voies respiratoires, il possède une action irritante et destructrice sur les tissus, par formation d'acide chlorhydrique (HCl).

Ses effets se manifestent dès la concentration de 0,5 ppm.

Des concentrations supérieures à 30 ppm entraînent immédiatement des sensations de suffocation, douleur rétrosternale, toux, puis de détresse respiratoire et cyanose. Une exposition sévère (40 à 60 ppm) conduit à un œdème aigu du poumon. Une exposition à 1000 ppm est rapidement fatale.

--> valeur limite d'exposition :

Elle a été fixée à 1 ppm (soit 3 mg/m³) par la circulaire du ministère du travail du 19-07-1982.

Les quantités de chlore utilisées pour la désinfection de l'eau sont telles, que le personnel est souvent amené à manipuler les bouteilles contenant du chlore.

Une fuite de chlore gazeux peut survenir lors de la mise en place d'une nouvelle bouteille : c'est un accident grave, qui peut cependant être évité, en respectant la conception de l'installation (stockage à l'air libre), en limitant la quantité stockée, en contrôlant les récipients...

2 - Les dérivés du chlore (9, 11)

On retrouve, parmi les dérivés du chlore surtout le bioxyde de chlore (ClO_2).

Celui-ci présente un certain nombre d'avantages dans la désinfection des eaux. Cependant, compte tenu de son instabilité et des dangers d'explosion en solution concentrée, sa fabrication doit se faire obligatoirement sur le site d'application et de façon extemporanée.

Or, sa fabrication pose également certains problèmes : en effet, au départ celle-ci se faisait en mélangeant des solutions de chlorite de sodium et d'acide chlorhydrique, ce qui impliquait un stockage de ces deux produits.

Le mélange par erreur de ces produits génère une solution autodétonnante de bioxyde de chlore, pouvant engendrer de graves accidents corporels.

--> caractéristiques :

C'est un produit instable, sensible à la température, à la pression et à la lumière.

--> toxicologie :

Sa toxicité est principalement pulmonaire. Il est rapidement transformé dans les voies respiratoires en acide chlorhydrique, affectant principalement les alvéoles et les bronchioles.

L'exposition à des fortes concentrations entraîne une irritation oculaire, une toux et une sensation de suffocation. Un œdème pulmonaire peut survenir après un certain temps de latence.

B - Les modificateurs de pH (1, 2, 13, 16, 23)

Ils se présentent sous forme de poudre et sont généralement des caustiques alcalins utilisés pour leurs propriétés bactériostatiques afin de désinfecter les effluents.

Le danger d'une substance caustique vient du fait, que par contact direct, elle entraîne une nécrose tissulaire irréversible.

Le caustique alcalin rencontré dans la majorité des stations est la chaux (oxyde de calcium).

La chaux fait partie des caustiques primaires qui provoquent des lésions immédiates et d'emblée maximales.

Elle entraîne, lorsqu'elle est inhalée, des lésions de l'arbre respiratoire : lésions élémentaires correspondant à des brûlures de l'épithélium bronchique et/ou pulmonaire et dans les cas plus graves on peut aboutir à un œdème du poumon toxique. Une inhalation chronique de vapeurs caustiques, à faible concentration ne provoque normalement que des effets locaux. Par contact, elle est à l'origine d'atteintes oculaires (blépharites) ou cutanées (dermites alcalines correspondant à des brûlures instantanées, très douloureuses, suivies d'une réaction inflammatoire). Des cas d'ingestion accidentelle, par manque d'hygiène, ont été responsables d'atteintes digestives.

Il existe, en plus de la chaux, d'autres produits utilisés comme modificateurs de pH, qui présentent les mêmes risques, tels que la soude par exemple.

C - Les coagulants (1, 2)

Ce sont des produits solides utilisés pour réaliser un traitement physico-chimique.

Ils regroupent des produits tels que : sels de fer ou d'aluminium (sulfates d'alumine, perchlorure de fer, chlorure ferrique), la chaux...

1 - Le sulfate d'alumine

Par contact oculaire, c'est un irritant, entraînant des conjonctivites.

Par inhalation, il provoque des bronchopneumopathies aiguës ou irritatives.

Lors d'une exposition chronique, on note l'apparition d'une fibrose, avec un risque de pneumothorax.

2 - Le sulfate ferreux

Par contact , il est irritant et notamment au niveau oculaire.

Par inhalation, il génère une toux d'irritation.

Son ingestion est source de douleurs abdominales, avec apparition de vomissements.

3 - Le chlorure ferrique

C'est un puissant irritant de la peau, des yeux et des muqueuses.

III - RISQUES INFECTIEUX

De façon générale, ces risques sont ceux qui sont les plus évoqués dans la littérature et le plus souvent cités par le grand public.

Il est vrai que les eaux usées renferment une quantité importante de microbes, mais l'ensemble des traitements qui leur est appliqué a pour but, entre autres, l'élimination de la plus grande partie des germes présents.

Ce risque, par rapport à ceux précédemment évoqués, s'applique non seulement aux personnels travaillant, mais aussi aux résidents voisins de la station. En effet, de nombreuses études portent aujourd'hui sur la dissémination des aérosols et sur les dangers qu'ils impliquent (24, 27).

A - Etude des germes pathogènes (1, 13, 24, 28-33)

L'analyse des eaux usées, avant traitement et au-cours des différents traitements, nous révèle la présence d'une population microbienne importante. Cependant, il s'avère que les germes pathogènes sont moins nombreux comparés aux germes banaux.

La plupart des publications nous rapporte de longues listes de germes pathogènes ; cependant, il est nécessaire de porter certaines restrictions à ces listes, dans la mesure où elles sont souvent établies sur le simple constat : présence ou absence de germe recherché.

A côté de ce constat, il est judicieux d'évoquer le fait que certaines populations de micro-organismes sont dans l'incapacité de se multiplier, de survivre dans les eaux résiduaires ou autres milieux rencontrés sur une station. Certains, par contre, s'adaptent aux milieux défavorables dans lesquels ils se trouvent, grâce à leur forme de survie, telle que kystes, spores....

1-Principaux germes pathogènes rencontrés et les troubles qu'ils occasionnent (8, 13, 27-30)

Les tableaux I, II, III, IV, nous donnent un aperçu des différents germes que nous sommes susceptibles de découvrir lors d'analyses effectuées sur la station. Ces tableaux ne sont en aucun cas exhaustifs.

L'étude de ces tableaux suggère la présence de certains germes, qu'il est peu probable de rencontrer dans un pays comme la France, d'une part pour des raisons climatiques (certains ne peuvent se développer et survivre sous nos climats), d'autre part parce que la population respecte certaines mesures d'hygiène.

Nous développerons les maladies inscrites au tableau des maladies professionnelles et celles pour lesquelles on note une recrudescence en France.

Agent Maladie	Réservoir	Mode de transmission
<i>Escherichia coli</i> gastroentérite	homme animaux domestiques	voie digestive (manuportée)
<i>Salmonella sp</i> fièvre typhoïde et salmonellose	homme (porteurs sains) bétail infecté - animaux infectés - oiseaux	voie digestive
<i>Shigella sp</i> gastroentérite (dysentérie) bacillaire	homme animaux domestiques	voie digestive
<i>Brucella sp</i> Brucellose	bétail infecté	contact direct avec l'eau
<i>Leptospira ictero- hemorrhagiae</i> Leptospirose	urine des rats infectés	morsures de rats contact avec les eaux ou les sols souillés d'urine de rats
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> Tuberculose	homme bétail infecté	voies orale et cutanée
<i>Clostridium tetani</i> Tétanos	excréments d'animaux sols-eaux souillés...	plaie, écorchure, piqûre
<i>Bacterium anthracis</i> Charbon	bétail infecté	contact avec l'eau
<i>Vibrio cholerae</i> Cholera	homme	voie digestive

Tableau I : Bactéries susceptibles d'être transmises par les eaux résiduaires.

Agent Maladie	Réservoir	Mode de transmission
<i>Enterovirus (sf poliovirus)</i> gastroentérite, troubles cardiaques...	homme petits animaux	voie digestive
<i>Poliovirus</i> poliomyélite	homme	voie digestive
Virus de l'hépatite A, E hépatites	homme et autres primates	voie digestive
<i>Rotavirus</i> gastroentérite	homme animaux domestiques	voie digestive (fécal/oral)
<i>Adenovirus</i> maladies respiratoires, conjonctivales	homme et autres primates	voie aérienne (contact direct)

Tableau II : Virus susceptibles d'être transmis par les eaux résiduaires.

Agent Maladie	Réservoir	Mode de transmission
<u>Protozoaires</u>		
<i>Entamoeba histolytica</i> amibiase	homme	voie digestive
<i>Giardia lamblia</i> giardiose	homme, bétail, animaux domestiques	voie digestive
<u>Helminthes (ronds)</u>		
<i>Ascaris duodenale</i> <i>Ascaris lumbricoïdes</i> ascaridiose	homme	voie digestive
<i>Ankylostoma duodenale</i> ankylostomiase	homme	voie digestive
<i>Strongyloides vermicularis</i> strongylose anguillulose	homme - chien	voie digestive
<u>Helminthes (plats)</u>		
<i>Taenia saginata</i> ténia	homme	voie digestive
<i>Fasciola hepatica</i> grande douve	bétail	voie digestive

Tableau III : Parasites susceptibles d'être transmis par les eaux résiduaires.

Agent Maladie	Réservoir	Mode de transmission
<i>Candida albicans</i> candidose	homme	voie cutanée, digestive...
<i>Cryptococcus neoformans</i> cryptococcose	sols-débris organiques	voie aérienne (poussière) fiente de pigeons
<i>Aspergillus sp</i> aspergillose	saprophyte du sol homme (arbre bronchopulmonaire)	voie aérienne

Tableau IV : Champignons susceptibles d'être transmis par les eaux résiduaires.

a - La leptospirose

Maladie due à *Leptospira icterohemorrhagiae*, dont le réservoir est essentiellement représenté par des rongeurs (rats).

Les modes de transmission à l'homme peuvent se faire de façon directe par morsures de rats (rare), et de façon indirecte par contact hydrique ou par l'intermédiaire d'urine de rat ; elle est essentiellement cutanée.

Ce germe peut survivre plusieurs mois dans un milieu humide (pH alcalin, température supérieure à 30° C).

On note une atteinte des viscères et plus particulièrement du foie. La phase clinique peut être ictérique, avec une fièvre élevée, des signes méningés, respiratoires.

Son traitement curatif associe un antibiotique (pénicilline G ou cycline) et un traitement symptomatique.

La prophylaxie fait appel à une dératisation et à une vaccination.

b - La brucellose

Elle est due à *Brucella sp* ; c'est une anthroponose (réservoir animal).

La contamination de l'homme se fait par contact avec de l'eau souillée (voie cutanée).

Le germe atteint les viscères après avoir franchi la voie lymphatique, sanguine, avec possibilité de localisations secondaires impliquant un risque possible de rechute. Elle est caractérisée par une fièvre ondulante, des sueurs nocturnes abondantes. Sa forme chronique présente une atteinte de l'état général avec sueurs, fièvre, asthénie.

Un traitement par double antibiothérapie (cycline et rifampicine) sur trois semaines est préconisé.

Des mesures d'hygiène doivent être respectées en prophylaxie.

c - Le tétanos

Clostridium tetani est le germe responsable, trouvé dans la terre, dans l'eau souillée.

Toute plaie, piqûre d'insectes, brûlure peut être le point de départ d'une contamination.

La maladie se caractérise par un trismus (contracture progressive : gêne à l'ouverture de la bouche, mastication, élocution), puis celui-ci s'accroît pour aboutir à une généralisation de ces contractures. Une exotoxine serait responsable de l'inhibition de certains neurones, avec une hyperexcitabilité pathologique.

Il existe un traitement curatif qui associe sérothérapie, médicaments myorelaxants et sédatifs.

La vaccination antitétanique est aujourd'hui très largement pratiquée, mais peut-être insuffisamment dans la mesure où chaque année de nombreux cas sont décelés.

d - L'hépatite A

Due au virus de l'hépatite A présent chez les hommes atteints par la maladie, y compris chez ceux qui ont le virus sans développer la maladie (porteurs sains).

La transmission se fait par voie digestive (manuportée...).

Elle se traduit par une inflammation du foie, avec une phase ictérique (coloration des urines et décoloration des selles), elle s'accompagne de signes biologiques (augmentation des transaminases).

Le traitement suggère une phase de repos accompagnée d'un traitement symptomatique.

Il existe une vaccination jusque là recommandée pour les voyageurs partant dans des régions endémiques.

e - Fièvre typhoïde et autres salmonelloses

Maladies dues à des salmonelles, dont le réservoir est l'homme, certains animaux et oiseaux.

Toute contamination se fait par les mains sales, contacts hydriques ou par ingestion d'aliment porteur.

On note pour la fièvre typhoïde une fièvre élevée avec pouls dissocié, troubles digestifs ; pour les autres, le signe majeur est la présence d'une diarrhée abondante, avec anorexie.

Le traitement doit être symptomatique et doit comporter des antibiotiques (sulfaméthoxazole, amoxicilline, fluoroquinolone).

Il existe une vaccination.

f - La poliomyélite

Le poliovirus en est le germe ; il vit au niveau du tube digestif de l'homme. Il peut exister des porteurs sains.

Sa transmission se fait par voie digestive.

Elle se caractérise par un syndrome infectieux, avec des paralysies qui s'installent de façon brusque ; on note parfois des formes respiratoires responsables de cas mortels.

Il n'existe pas de traitement spécifique.

La vaccination existe.

g - La tuberculose

Le bacille de Koch est responsable de la tuberculose humaine.

Toute contamination se fait par voie respiratoire (par l'intermédiaire de microgouttelettes).

On assiste à des manifestations pulmonaires : toux, hémoptysies, atteinte de l'état général.

En traitement, une triple ou quadruple association d'antituberculeux est proposée sur une longue période (6 mois ou 9 mois de traitement) : isoniazide, étambutol, rifampicine, pyrazinamide.

La vaccination par le BCG doit être faite dès la rentrée en collectivité.

2 - Remarque sur le risque d'hépatite virale A chez le personnel d'une station d'épuration (31, 32)

Une étude sur le risque d'hépatite A chez le personnel travaillant au contact d'eaux usées a été réalisée par les Docteurs Schlosser et Roudot-Thoraval, après la mise sur le marché d'un vaccin contre l'hépatite virale A.

Nous assistons à l'heure actuelle dans les pays industrialisés à une amélioration de l'hygiène des individus, ceci expliquant la diminution de l'incidence de l'hépatite virale A, conduisant ainsi à une diminution du nombre d'adultes immunisés contre l'hépatite virale A. Cette situation et la gravité des formes d'hépatite A déclarée ont motivé la mise sur la marché d'un vaccin contre l'hépatite A. Or, dans un premier temps ce vaccin n'est destiné qu'aux voyageurs en zone d'endémie. Cependant, comme l'excrétion du virus est fécale, on peut penser que certaines professions puissent alors être touchées.

Le risque réel de contamination de ces professions a été évalué grâce à une étude transversale comparant le taux d'anticorps anti-VHA totaux chez 110 sujets exposés à 110 sujets non-exposés de la même entreprise. La différence des taux de séroprévalence observés indique une relation avec une exposition professionnelle aux eaux usées.

Cette étude s'est prolongée, afin de savoir s'il était nécessaire de vacciner ces professionnels contre le virus de l'hépatite A de façon systématique, ou après recherche de l'état de l'immunisation contre le VHA des individus. Il en ressort que du fait du coût important de la vaccination, il est bon de ne vacciner que les sujets les plus jeunes et non originaires de pays de forte endémicité. La vaccination est fort intéressante pour ce type de sujets, eu égard aux coûts élevés engagés lorsque la maladie est déclarée chez un individu (indemnités, frais médicaux...).

3 - Conclusion (23)

Parmi les différentes maladies évoquées précédemment, trois sont susceptibles de faire partie des maladies professionnelles indemnifiables, inscrites au régime général, sous la mention "travail en égout". On remarque que l'ensemble des maladies prises en charge au titre de l'assainissement porte la mention : "travail en égout".

Parmi ces maladies, on trouve :

- la brucellose
- la leptospirose
- le tétanos.

Ces maladies sont reconnues dans certains cas comme maladies professionnelles indemnifiables précisées dans les tableaux annexés au décret n° 452-959 du 31 décembre 1946 modifié.

B - Modes de contamination (8, 13, 14, 25, 28, 30)

Tous les travaux effectués sur une station peuvent être source de contamination par des germes pathogènes.

Cette contamination peut effectivement se faire par contacts directs (projection d'eau, contage manuporté...) ou par contacts indirects (aérosols).

Les différentes études démontrent trois types de contamination possible :

- la voie cutanéomuqueuse
- la voie respiratoire
- la voie digestive.

1 - Voie cutanéomuqueuse

Elle sous-entend un contact direct entre l'élément souillé et la peau ou une muqueuse (l'œil). Celle-ci est favorisée par l'existence d'une blessure préalable.

Cependant, un passage transcutané peut être possible avec certains germes (brucellose, leptospirose).

Cette voie entraîne des pathologies plus souvent locales, que générales, de type : dermatite, eczéma allergique, surinfection de plaies, irritation, infection oculaire (conjonctivites...).

2 - Voie respiratoire (25-27)

Elle peut être une voie de contamination par inhalation d'aérosols.

De nombreuses études s'intéressent actuellement aux aérosols comme vecteurs de maladies. En effet, certaines techniques utilisées dans le traitement des eaux peuvent engendrer la formation d'aérosols : techniques d'aération...

Une enquête sur ces aérosols nous explique que ce sont des particules de 0,01 à 50 microns en suspension dans l'air, produites lors des différentes opérations de traitement renfermant des micro-organismes potentiellement dangereux pour l'homme. Chaque personne, en respirant, peut inhaler ces aérosols renfermant un germe pathogène et développer une pathologie. A.J. DRAPEAU dans son étude a suggéré différentes maladies ayant pu être contractées par inhalation d'aérosols. Ce problème reste immense et source de nombreuses recherches car il peut être à la base d'une contamination de voisinage (population résidente à proximité d'une station).

Cette contamination peut atteindre les différentes parties de l'arbre respiratoire et être à l'origine de sinusite, rhinite, aspergillose pulmonaire.

Une attention particulière est à porter sur une pathologie professionnelle digestive et respiratoire, nommée **syndrome des égoutiers** ; cette pathologie a été décrite chez des ouvriers de stations d'épuration et d'usines de compostage. Elle serait due à des endotoxines aéroportées libérées lors de la lyse de bactéries Gram - (*Escherichia coli*, *Salmonella*...). Elle associe accès aigus de fièvre avec malaise et frissons ; il peut exister également une conjonctivite purulente, des manifestations cutanées et une diarrhée. On ne note pas de manifestation respiratoire sur le plan

clinique. La biologie révèle un taux d'IgG et IgA supérieur aux normes, une hyperleucocytose et un taux élevé de protéine C réactive (26, 34, 35).

3 - Voie digestive

Elle se fait par contact direct (mains souillées portées à la bouche, chute dans un bassin, "absorption" de gouttelettes d'eaux usées lors d'une discussion) ou de façon indirecte par l'intermédiaire d'un élément souillé : cigarette, aliments.

Une contamination par cette voie peut aboutir à des troubles digestifs, type gastro-entérite, ou à des infections généralisées.

DEUXIEME PARTIE : INTERPRETATION DES RISQUES EXISTANTS

Nous venons d'évoquer l'ensemble des risques auquel est exposé le personnel travaillant en station d'épuration. La littérature fait effectivement état de ces différents dangers, mais sans rapporter de nombreux cas d'accidents. En effet, si les risques existent, de nombreuses mesures de prévention sont prises et permettent de minimiser le nombre d'accidents.

En ce qui concerne les risques accidentels et chimiques, les accidents et pathologies qui surviennent sont dus le plus souvent à un manque de respect des règles de sécurité ; par contre, les dangers liés aux germes pathogènes peuvent toucher l'ensemble du personnel, y compris les personnes respectant les mesures d'hygiène.

Nous nous intéresserons dans un premier temps aux différents accidents retrouvés dans la littérature, en essayant d'établir une relation entre les risques et ces accidents. Puis, nous évoquerons l'enquête que nous avons essayée de mener, pour estimer les dangers réels que présentent une station d'épuration, pour le personnel y travaillant de façon continue, et pour les personnes n'y intervenant qu'occasionnellement.

I - EVALUATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS REELS

La littérature ne rapporte que peu de cas d'accidents. En effet, si les accidents se produisent, ils ne sont pas répertoriés ou s'ils le sont, ils sont difficilement consultables par une personne extérieure à l'entreprise.

De plus, il est bon de préciser que les statistiques disponibles ne permettent pas d'isoler les accidents survenus spécifiquement en exploitation ou en entretien de stations, qu'elles soient urbaines ou industrielles.

A - Accidents liés aux installations, aux appareillages, aux produits chimiques

On a pu constater que sur tous les accidents qui surviennent sur une année dans une station d'épuration, le nombre de chutes et de glissades est de loin le plus élevé.

Des cas de blessures, coupures, sont recensés mais de façon plus ou moins précise. Peu de publications évoquent les accidents électriques et surtout la proportion qu'ils représentent.

Nous avons relevé des exemples d'accidents survenus, tels que des asphyxies, des intoxications (souvent ceux-ci étant rapportés sous forme d'anecdotes).

--> en 1973, un ouvrier d'exploitation est descendu sans équipement de protection individuelle dans un puits de relèvement des eaux usées d'une station d'épuration. Victime d'une intoxication aiguë par les gaz provenant de la putréfaction de divers détritrus, il a présenté un coma et il est décédé quatre jours plus tard.

Un ouvrier voulant lui porter secours a succombé dans les mêmes conditions (36).

--> en 1980, un agent d'une compagnie de distribution d'eau descend dans un regard pour ouvrir une vanne : des déchets organiques de feuilles mortes étaient accumulés au fond et avaient probablement fermenté, dégageant du CO₂ et entraînant sans doute un manque d'oxygène ; cette asphyxie fut mortelle (36).

--> en 1981, après des réparations d'un bac digesteur d'une station d'épuration, des essais d'étanchéité devaient être effectués avant la remise en service. Pour cela, il était nécessaire de remplir ce bac d'eau et de le vidanger. Or, la vanne de remplissage se trouvait dans un regard profond de 4,5 m. Un premier agent, après vidange, descend et s'écroule à mi-chemin ; un maçon descend lui porter secours et succombe également. L'alerte est donnée, mais deux autres ouvriers descendent et perdent conscience à leur tour ; bilan deux morts et deux intoxiqués qui, après un coma prolongé, conserveront des séquelles cérébrales définitives. Tous furent victimes d'un dégagement d'hydrogène sulfuré.

--> On relève également des cas de conjonctivites aiguës liées à des émanations d'hydrogène sulfuré ou des cas de dermatoses irritatives localisées aux mains (par contact avec la chaux) (8).

D'une façon générale, ces accidents sont souvent dus à la vétusté des appareillages, au manque d'entretien des installations, ou à un manque de respect des mesures de sécurité.

B - Accidents de type infectieux

De nombreux documents énumèrent les différents germes que nous sommes susceptibles de mettre en évidence dans les eaux résiduaires, les boues et les effluents. C'est pourquoi les listes que nous venons d'établir sont longues et fastidieuses. Mais à l'opposé, peu de documents quantifient ce risque.

Les études épidémiologiques systématiques sont peu nombreuses et, lorsqu'elles existent, présentent des limites : elles renseignent sur les risques potentiels mais ne peuvent affirmer que ces risques existent (les manifestations de ces risques restant souvent exceptionnelles). C'est pourquoi il est bon de nuancer ce risque selon différents paramètres.

Ces paramètres sont pour certains en relation avec les germes ou avec leur hôte, et pour d'autres, en relation avec le milieu environnant (8, 24, 37) :

--> Survie dans l'environnement : hors de l'hôte, certains micro-organismes (bactéries) ont la faculté de pouvoir vivre et de se multiplier dans le milieu environnant. D'autres organismes possèdent des formes de résistance (kystes) : c'est le cas de certains parasites, tels que les protozoaires ; d'autres encore ne peuvent survivre en dehors de leur hôte définitif.

--> Temps de latence : période pendant laquelle un germe pathogène devient infectieux. Certains organismes ont besoin d'un hôte intermédiaire pour pouvoir être infectieux (douve), d'autres par contre peuvent provoquer directement une maladie.

--> Dose minimale infectante (DMI) (24) : c'est la plus petite quantité de germes capables de déclencher une infection. Certains germes ont une DMI faible, c'est le cas des formes protégées, telles que les oeufs de parasites intestinaux, kystes de protozoaires, ou de formes naturellement peu fragiles du fait de leur structure et de l'inertie, telles que les virus. Pour ceux-ci, la DMI est inférieure à 100 éléments. D'autres ont une DMI plus élevée ($10^4 < \text{DMI} < 10^6$) : c'est le cas des bactéries non sporulées, qui sont beaucoup moins résistantes.

--> Quantité de germes excrétée par un individu infecté, qu'il ait développé la maladie ou qu'il soit porteur sain.

--> Réponse de l'hôte : chaque individu possède une réponse différente devant un germe. Certaines personnes au contact d'un germe peuvent développer une maladie ; d'autres au contact de ce germe ne seront pas malades. Ici interviennent les notions de susceptibilité individuelle, état d'immunisation de chaque personne (ceci est surtout vrai avec un virus). D'autre part, il est bon de noter le fait que certaines personnes ne développent jamais la maladie, bien qu'étant porteuses du germe : ce sont des porteurs sains.

Ainsi, il est aisé de comprendre que chaque risque n'aboutit pas à une pathologie déclarée.

Les différentes enquêtes épidémiologiques que nous avons pu consulter, bien que surtout axées sur les dangers auxquels est exposé le personnel travaillant dans les égouts, nous renseignent sur les pathologies qui se développent le plus souvent.

On note dans l'ensemble une fréquence surtout élevée pour les pathologies digestives (troubles gastro-intestinaux, troubles digestifs mineurs, surtout pour les agents travaillant pour la première fois sur une station d'épuration), puis viennent ensuite les pathologies cutanées (mycose, eczéma, urticaire, piqûres d'insectes, surinfection de petites plaies) ; les pathologies ORL et respiratoires occupent également une place importante (sinusite, rhinite). Les pathologies infectieuses généralisées existent aussi ; on note selon les stations consultées, des cas d'aspergillose pulmonaire, de fièvre typhoïde et de syndrome pseudo-grippaux.

En réalité aucune pathologie infectieuse n'apparaît comme étant le risque majeur encouru par le personnel travaillant en station. Nous pouvons nous demander par contre si toutes les pathologies font bien l'objet d'une déclaration précise auprès des médecins du travail, et si certaines d'entre elles ne sont pas sous-estimées par négligence du salarié ou de l'employeur.

II - RECHERCHES EFFECTUEES SUR LE TERRAIN

Peu d'enquêtes de terrain ont été réalisées afin d'apporter des informations complémentaires : en 1990, N. ALTMEYER, en collaboration avec des médecins de l'IRNS et des médecins du travail, a réalisé à la suite d'une thèse, une fiche de suivi médical (8) (figure VII) à remplir lors de chaque visite par le médecin du travail, attaché à une station d'épuration. Cette fiche de suivi aurait permis de posséder des données précises (âge, tabagisme, antécédents, pathologies...) sur chaque individu travaillant, et de faire, le cas échéant, un rapprochement entre une pathologie déclarée et certains facteurs de risque.

Nous avons essayé de mener une enquête auprès des médecins du travail rattachés à des stations d'épuration, afin de conclure aux risques réels qu'encourait toute personne intervenant sur une station.

Nous n'avons pas pu progresser de façon significative, dans la mesure où chaque médecin affirmait ne pas posséder de déclaration d'accident.

Le Docteur SCHLOSSER, médecin du travail à la Compagnie Générale des Eaux, nous a fait part de ses idées concernant le sujet abordé. Pour lui, il est important d'avoir à l'esprit qu'un accident de contamination est une conjonction entre plusieurs faits, parmi lesquels il est bon de prendre en considération la quantité de matière renfermant les germes à l'origine de l'accident. En effet, dans la littérature, les cas graves d'accidents infectieux se retrouvent pratiquement toujours lors d'une chute dans un bassin contenant de l'eau ou des boues (d'où une grande quantité de matière, renfermant une quantité de germe très importante) et très rarement lors d'un simple contact avec des projections de gouttelettes. Il insiste sur le fait qu'il faut avoir conscience qu'un risque existe, mais que la probabilité de déclarer une pathologie infectieuse en rapport, est très faible.

Stations d'épuration des eaux usées

Fiche de suivi médical

Date

Une fiche a-t-elle déjà été établie 1991 <input type="checkbox"/> 1992 <input type="checkbox"/>	
Visite systématique <input type="checkbox"/>	Visite de reprise <input type="checkbox"/>
Autre :	
Nom et adresse du médecin du travail :	Identification du salarié:
.....	Année de naissance :
.....	Sexe : F <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>
.....	
Type de station / Poste	Absentéisme depuis la visite systématique précédente
Industrielle <input type="checkbox"/> Urbaine <input type="checkbox"/> Mixte <input type="checkbox"/>	Date : Pathologie :
Entreprise intervenante sur tout type de station <input type="checkbox"/>
Poste occupé :
Travail en permanence <input type="checkbox"/>
Travail occasionnel <input type="checkbox"/>
Ancienneté en stations :
Date d'affectation au poste :	
Antécédents personnels avant travail en station	Pathologies liées au cours de l'année écoulée
Atopie Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	Digestive : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Infections à répétition Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	si oui, préciser :
si oui, préciser :
Autres :	ORL : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
	si oui, préciser :

Tabagisme	Respiratoire : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Fumeur <input type="checkbox"/> Paquets-année ⁽¹⁾ :	si oui, préciser :
Non fumeur <input type="checkbox"/>
Ancien fumeur <input type="checkbox"/>	Cutanée : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
	si oui, préciser :

Vaccinations à jour	Oculaire : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Tétanos Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	si oui, préciser :
Polio Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Typhoïdes Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	Autres : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Tuberculose Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	si oui, préciser :
Autres :
Données de l'examen clinique :	
.....	
Examens complémentaires éventuels (nature et résultats) :	
.....	
Commentaires :	
.....	

REMARQUES : Un numéro d'identification doit être attribué à chaque salarié par le médecin du travail, ceci afin de respecter le secret médical. Ce numéro sera bien sûr conservé par le salarié d'une fiche à l'autre.

Le médecin du travail s'attachera dans la mesure du possible à préciser l'absentéisme, bon indicateur de santé, de même que la couverture vaccinale.

⁽¹⁾ Nombre de paquets-année = nombre de paquet(s) fumé(s) par jour multiplié par le nombre d'années de tabagisme (ex. : sujet fumant 10 cigarettes par jour depuis 20 ans = 10 paquets-année).

Figure VII : Fiche de suivi médical.

Le Docteur SCHLOSSER a conclu son entretien en disant que les accidents de grande envergure sont actuellement rares. D'autre part, il a participé au suivi médical du personnel de la CGE, par l'intermédiaire des fiches de suivi. Celles-ci sont centralisées à l'INRS. A l'heure actuelle, aucune conclusion n'a pu être établie.

Excepté ce contact avec le Docteur SCHLOSSER, aucun autre médecin du travail n'a pu nous apporter des renseignements exploitables (seuls des cas anecdotiques ont été relatés).

Nous avons été d'autre part, en relation avec le conseiller en hygiène et sécurité de la Lyonnaise des eaux, à Bordeaux. Celui-ci nous a fait part d'exercices organisés en collaboration avec les pompiers de Bordeaux, sur des essais de flottabilité du corps humain en bassin d'aération (cette manœuvre a été détaillée dans la première partie de ce chapitre).

Il nous a montré par ces essais, que des personnes extérieures à une station d'épuration (ici les pompiers) pouvaient intervenir au contact des eaux susceptibles de contenir des germes, sans pour cela développer une pathologie infectieuse et ce dans la mesure où les règles de sécurité et d'hygiène ont été respectées.

Peut-on donc généraliser ce fait et envisager sans risques, l'intervention d'une personne extérieure sur une station d'épuration ?

3ème CHAPITRE :

PREVENTION

L'analyse des différents risques présentés par le travail en station de traitement des eaux usées et l'étude réalisée par G. GENUYT, pour la Compagnie Générale des Eaux (38) nous amènent à envisager l'ensemble des mesures de prévention.

Cette prévention s'oriente selon trois axes :

- mesures de prévention concernant la conception et l'entretien des installations et des équipements,
- mesures de prévention concernant le personnel,
- mesures de prévention concernant les méthodes et l'organisation du travail.

I - MESURES DE PREVENTION CONCERNANT LA CONCEPTION ET L'ENTRETIEN DES INSTALLATIONS ET DES EQUIPEMENTS (2, 38-40)

La réalisation des différents locaux et la conception de la station d'épuration répondent à des décrets précis du code du travail (notamment décret 65-48 du 8 janvier 1965).

A - Risques liés à la circulation (figure VIII)

1 - Chute de hauteur

Toute zone de circulation pouvant être à l'origine d'une chute de plus de 50 cm doit être munie de garde-corps et d'une plinthe.

Les accès en hauteur doivent se faire au moyen d'escaliers munis de rampes, d'échelles fixes. Si les échelles font plus de trois mètres, elles seront munies de crinoline (accès aux postes de dégrillage-déssablage...).

Chaque ouverture au sol recevra des barrières signalées ; si toutefois l'orifice présente un diamètre supérieur à 50 cm, un garde-corps ou un obturateur sera ajouté.

Il faut prévoir un niveau d'éclairage suffisant, permettant l'exécution d'un travail sans difficulté.

Tous les bassins sont équipés de filins, sur toute la périphérie et d'échelons scellés permettant une sortie aisée. La présence de bouées et de perches est fortement recommandée.

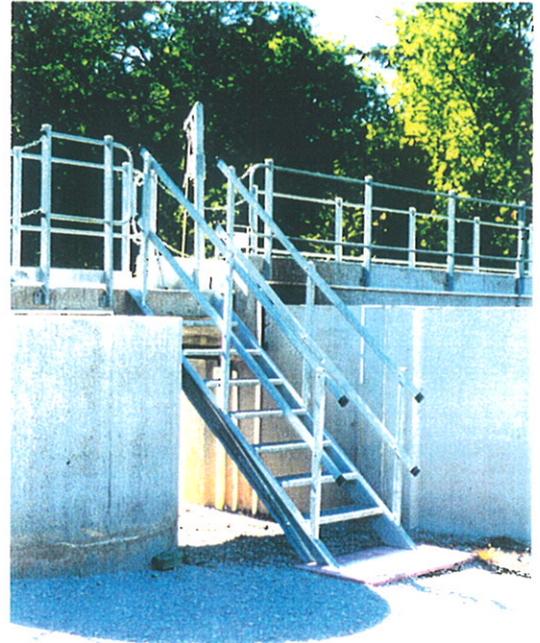


Figure VIII : Exemples de mesure de prévention.

2 - Sols et circulation

Les voies de circulation doivent être larges, dégagées de tout obstacle.

Les sols doivent être adaptés d'une part à supporter de lourdes charges, d'autre part à recevoir une quantité d'eau (de pluie, de lavage, de projection...) ou de boue importante (prévoir des sols antidérapants, facilement nettoyables).

Les ponts passerelles surélevés doivent être munis de caillebotis, à maille fine.

Il est également judicieux de prévoir au sein de la station, des règles de circulation (respectant le code de la route), et des dispositifs d'évacuation d'urgence.

B - Risques liés aux installations mécaniques, électriques et diverses (2, 39, 40)

1 - Installations mécaniques et électriques

Dans le cas des installations mécaniques, les risques les plus importants sont des cisaillements ou des chocs provoqués par des organes en mouvement. La principale protection est, alors, d'éviter que le personnel puisse entrer en contact avec ces organes, par l'utilisation de systèmes de grilles ou d'écran, difficilement démontables.

De plus, chaque appareil devra être muni d'un système d'arrêt d'urgence, dès la plus petite ouverture de l'écran ou de la grille.

Pour toutes les machines à fonctionnement automatique, les panneaux de signalisation de danger doivent être parfaitement visibles, ainsi que les boutons d'arrêt d'urgence.

Pour les opérations d'entretien, il conviendra de s'assurer que le personnel ne soit pas obligé de faire des acrobaties, qu'il puisse bien stopper le fonctionnement des machines et qu'il ne porte pas de vêtements trop amples sur des machines munies de système de rotation.

* * *

Les installations électriques doivent répondre à certaines normes : les locaux inondables ou humides impliquent l'utilisation de la très basse tension. Il faut que les armoires électriques soient isolées de toute humidité et que les moteurs soient étanches aux gaz explosifs.

De plus, il est bon de rappeler que tout agent intervenant sur les installations électriques doit posséder un titre d'habilitation, afin de pouvoir vérifier et entretenir les différents réseaux, de façon régulière.

2 - Installations particulières

Les digesteurs de boues avec récupération des gaz de fermentation, présentent un certain danger en ce qui concerne les variations de pression. Ces appareils doivent posséder des systèmes de sécurité (torchères) susceptibles de brûler, en cas de problème, toute la quantité de gaz, sans provoquer d'incendie. De même, si la flamme existante s'arrête, un système de sécurité doit interrompre immédiatement l'alimentation en gaz.

Les canalisations de gaz devront être résistantes à la corrosion et parfaitement signalées. Les locaux possédant des canalisations devront disposer d'un système de ventilation.

C - Risques d'incendie, d'explosion, d'intoxication

Tous les produits chimiques stockés sur une station, devront l'être dans des cuves spéciales, construites en matériaux adaptés à l'agressivité du produit. Les produits incompatibles entre eux devront être stockés à distance. Des panneaux signalant les dangers devront être parfaitement lisibles et visibles.

Les locaux renfermant de tels produits devront être parfaitement ventilés. La manipulation de ces éléments devra se faire avec prudence et selon des règles précises (ne pas agiter certains produits...) ; le personnel sera tenu de porter un équipement de protection.

D - Conclusion

--> Tous les appareils et les installations devront être vérifiés aussi souvent que nécessaire, par un personnel qualifié. Chaque entretien, vérification, démontage sera signalé sur des fiches propres aux appareils. Le personnel devra y noter toutes les démarches qu'il a faites, le nombre de fois où il est intervenu.

Chaque appareil doit posséder une notice technique informant l'utilisateur sur ses caractéristiques, son identification,..., le tout devant être rédigé de façon indélébile.

--> Pour faciliter les opérations de manutention, il est nécessaire de prévoir des moyens mécaniques, tels que palans, rails...

--> Toutes les installations présentant un risque, devront avoir à proximité des éléments permettant de porter les premiers secours à une victime : en cas de projection oculaire (lave-œil, point d'eau permettant de se rincer, trousse à pharmacie...).

II - MESURES DE PREVENTION CONCERNANT LE PERSONNEL (2, 40)

Elles sont de différentes natures : information, habillement, hygiène...

A - Formations et informations (38)

La loi prévoit l'installation dans chaque établissement d'un Comité d'Hygiène et de Sécurité, dirigé par un agent spécialisé dans ce domaine (conseiller en hygiène, sécurité et conditions de travail), dont le rôle est notamment d'informer et de former le personnel.

Lors de l'embauche d'un nouvel agent, lors d'un changement de poste, chaque risque auquel l'agent pourra être exposé sera parfaitement défini ; les consignes de sécurité que cela implique seront expliquées. Cette formation comprend une partie théorique, avec éventuellement distribution d'un carnet où seront précisés la nature des dangers et les moyens de les prévenir, et une partie pratique, permettant au personnel de s'exercer. Cependant, lorsque le poste occupé présente des risques trop importants, le nouvel agent travaillera pendant un certain temps en compagnie d'un ouvrier ayant une parfaite connaissance du geste à accomplir.

Chaque poste de travail aura une fiche où seront détaillés les risques qu'il présente, les moyens d'y remédier ou d'y faire face et les gestes qu'il est nécessaire d'accomplir en cas d'accident.

Dès qu'un nouvel appareil ou qu'une nouvelle technique fait son apparition sur la station, le personnel suivra une formation adaptée. Lorsqu'une modification survient sur un poste déjà existant, elle devra être divulguée à l'ensemble du personnel concerné.

Il existe des formations spécifiques pour les agents travaillant sur des produits réputés dangereux (tel que le chlore gazeux) ou sur des machines présentant des risques particuliers. Dans ces cas-là, il est préférable que les agents travaillent à deux et lorsque cela n'est pas possible, il faut veiller à ce que l'ouvrier soit toujours sous surveillance.

Ce personnel devra s'exercer à effectuer des gestes simples, précis, à la base de toute manutention.

Si toutefois, un accident survenait, certains membres du personnel doivent être aptes à porter secours ; ainsi, sur un poste réputé dangereux, on doit pouvoir trouver au moins un ouvrier-sauveteur-secouriste du travail (code du travail - article R 241-39, secouriste) ; ce dernier suivra de façon régulière une mise à jour de ses connaissances en la matière. Nous rappellerons de façon succincte, les grandes lignes de conduite à respecter en cas d'accident (41) :

- alerter les sauveteurs extérieurs (SAMU, pompiers...) rapidement (d'où la nécessité d'installer de façon régulière sur l'ensemble de la station des systèmes de communication (téléphone, radio-téléphone...)). Toujours faire preuve de sang froid et donner un message d'alerte précis (position de l'accidenté, nature de l'accident...) pour faciliter l'intervention des secours.

- protéger l'accidenté et empêcher tout nouvel accident de se produire (couper le courant, éloigner la victime des matériaux toxiques...)

- secourir l'accidenté (l'apprentissage de sauveteur-secouriste prend ici toute son importance).

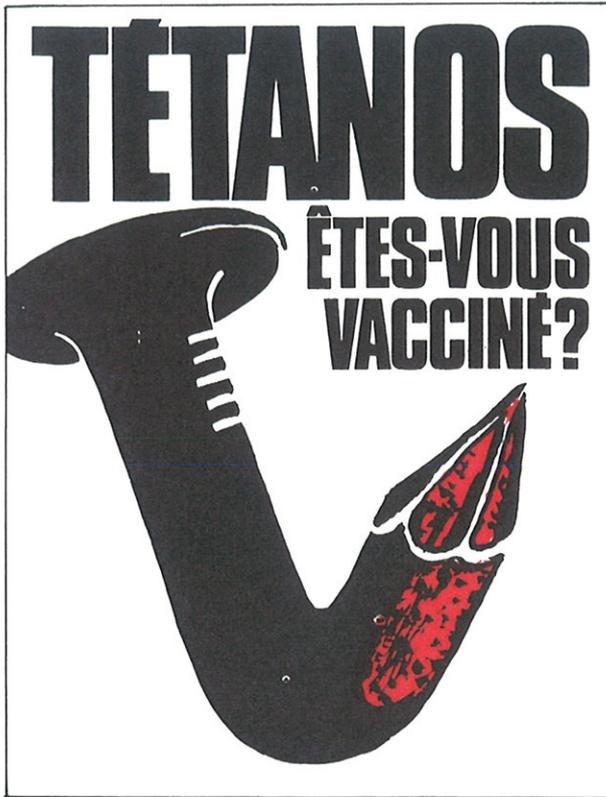
On prend alors conscience de l'importance de l'information et des différentes formations que doivent suivre le personnel. Le médecin du travail et le conseiller en hygiène et sécurité mettent en commun leurs connaissances afin de pouvoir réaliser cette information. Des réunions fréquentes, régulières ont lieu entre ces personnes et les représentants des différents postes afin d'assurer en permanence un suivi de ces postes "à danger", de l'évolution des techniques de prévention et de secours... Des exercices sont pratiqués afin de perfectionner les mesures de prévention et d'intervention.

Ce fut le cas, par exemple en 1987, à la Lyonnaise des eaux (43) où des essais ont été réalisés (essais décrits au deuxième chapitre). Ces essais ont permis de conclure qu'il n'était pas plus dangereux de tomber dans un bassin d'aération que dans un bassin à eau peu aéré, et qu'il n'est donc pas obligatoire de prévoir des systèmes de sécurité compliqués, basés sur la coupure automatique de l'aération en cas de chute ; il est cependant nécessaire de doter le personnel travaillant en bordure de ces bassins, de gilets de sauvetage adaptés. D'autres essais ont été menés en parallèle afin de choisir le type de gilet à employer ; les gilets choisis possèdent une bonne flottabilité, permettent de maintenir les voies respiratoires hors de l'eau et sont capables de retourner rapidement l'accidenté pour un maintien sur le dos (gilets de sauvetage gonflages de type SECUMAR).

Les moyens utilisés au sein de la station pour informer le personnel sont de plusieurs sortes :

- diffusion de brochures sur la sécurité dans les services d'eau et d'assainissement,
- communiqués mensuels sur les accidents du travail survenus dans l'établissement,
- conférences avec supports pédagogiques tels que diapositives, films, photos prises sur le terrain, concernant des situations dangereuses,
- affiches (Figure IX),
- campagnes de sécurité.

REDUCTION DE L'AFFICHE I.N.R.S. © N° AR 457 FORMAT 60 x 80



LA SECURITE SOCIALE AU SERVICE DE LA PREVENTION
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE
30, RUE OLIVIER NOYER, 75680 PARIS CEDEX 14

Figure IX : Exemples d'affiche

d'information diffusée

sur le site d'une station

d'épuration.

AR 420 REDUCTION DE L'AFFICHE INRS © AD 420 FORMAT 60 x 80

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE
30 RUE OLIVIER NOYER 75680 PARIS CEDEX 14



A LIGNE PREVENTION

B - Vêtements de travail et protection individuelle

(2, 39, 42-44)

Au-delà des consignes de sécurité, l'ensemble du personnel sera doté de vêtements de travail et de moyens de protection individuelle adaptés. Ces précautions seront fixées par le directeur de l'établissement et l'entretien des vêtements sera pris en charge par l'employeur. En ce qui concerne le matériel fourni au personnel pour sa sécurité, ce dernier devra en faire bon usage et devra en prendre le plus grand soin. Aucun vêtement et matériel prêté ne devra sortir de l'enceinte de la station afin d'éviter une quelconque contamination.

Parmi les vêtements, sont nécessaires :

- pantalons, combinaisons, dont la matière est adaptée aux conditions de travail (matière difficilement inflammable, tabliers anti-acides...),
- chaussures de sécurité à semelle antidérapante,
- gants de protection (adaptés pour certains à la manutention, pour d'autres aux travaux d'entretien...),
- protections respiratoires,
- lunettes pour éviter toute projection oculaire,
- casque antibruit (nécessaire notamment dans les locaux des compresseurs),
- harnais de sécurité pour les travaux effectués au bord d'un bassin, d'une cuve,
- gilet de sauvetage pour des opérations exceptionnelles (cf essais de flottabilité réalisés par la Lyonnaise des Eaux (43), ou gilets utilisés dans l'industrie (42)).

C - L'hygiène (1, 2, 39, 41)

Des mesures doivent être prises par le directeur de la station d'épuration, afin que des règles d'hygiène soient appliquées.

1 - Hygiène individuelle

--> Corporelle : le personnel doit pouvoir disposer de vestiaires séparés où les vêtements propres ne sont pas en contact avec ceux qui servent lors du travail en station. Des moyens de lavage sont nécessaires pour assurer une bonne hygiène corporelle (douches, situées entre l'endroit où le personnel laissera les vêtements sales et l'endroit où il se rhabillera avec des vêtements propres, lavabos pour maintenir une hygiène des mains et des ongles).

Il faudra insister sur le fait qu'il faut éviter de porter les mains à la bouche ou au niveau des yeux, des oreilles, sans les avoir au préalable nettoyées.

Il faudra rappeler qu'il est interdit de fumer ou de manger sur le lieu de travail.

Dès que survient la moindre petite blessure, celle-ci devra être parfaitement désinfectée et protégée contre les souillures.

Afin que les règles d'hygiène soient parfaitement respectées, des savons, des solutions javellisées diluées, un antiseptique à usage externe, une trousse de secours, des essuie-mains jetables seront accessibles pour chaque agent.

--> Vestimentaire : les vêtements nécessaires pour le travail ne doivent pas sortir de l'enceinte de la station. En règle générale, leur nettoyage sera pris en charge par l'employeur et effectué par une entreprise qui prendra le maximum de précaution lors de leur maniement, pour éviter toute contamination. Ce nettoyage sera effectué aussi souvent que nécessaire.

2 - Hygiène collective

--> propreté des locaux y compris des installations sanitaires du personnel : ces lieux devront être maintenus propres en permanence ; ils doivent être systématiquement nettoyés, soit par une entreprise extérieure, soit par un agent préposé. On utilisera pour les nettoyer, de l'eau additionnée de désinfectant, selon une technique de nettoyage choisie de façon à éviter un contact direct entre l'agent et les éléments souillés. Des dératisations seront prévues de façon systématique sur l'ensemble de la station. En ce qui concerne les sanitaires, ceux-ci feront l'objet d'un contrôle fréquent.

--> implantation de points d'eau : le site devra posséder des points d'eau propres, permettant le lavage des mains en cas de nécessité.

--> nécessité d'informer le personnel : comme il a été vu précédemment, une information sur le respect de l'hygiène, qu'elle soit collective ou individuelle sera effectuée, de façon permanente, soit par le médecin du travail, le conseiller en hygiène et sécurité, soit par les chefs des différentes équipes. Des notices sont rédigées, des posters affichés, afin de rappeler à chaque instant l'importance d'une bonne hygiène au sein d'une station.

D - Prévention médicale (1, 2, 14, 21)

Elle s'appuie sur les décrets et circulaires du Code du travail. Cette prévention passe par trois axes : une visite médicale à l'embauche, un suivi médical et une protection vaccinale.

1 - Visite médicale à l'embauche

Celle-ci permet d'écartier tous les sujets présentant une anomalie ou pathologie susceptible d'être aggravée par ce travail ou susceptible de favoriser l'installation d'une infection.

Des examens cliniques (tests de l'audition, de la vue, de l'appareil locomoteur, intradermoréaction...), biologiques (numération de formule sanguine...), radiologiques (radiologie des poumons...) seront effectués et permettront de déclarer l'aptitude ou l'inaptitude du sujet au travail en réseau d'assainissement.

2 - Suivi médical

Les examens médicaux d'embauche permettent au médecin du travail de déterminer la fréquence et la nature des examens à effectuer lors des visites de suivi. En règle générale, ces visites sont annuelles.

Lors de ces visites, un interrogatoire et un examen clinique pourront déboucher sur la nécessité de réaliser des examens complémentaires plus spécifiques, notamment lorsqu'une maladie professionnelle est suspectée.

Le médecin mettra à profit ces visites de suivi, pour informer le personnel des mesures de prévention que chacun doit adopter.

3 - Couverture vaccinale

A part les vaccinations ayant un caractère obligatoire (BCG...), généralement réalisées pendant l'enfance et "entretenu" par des rappels réguliers, aucune autre vaccination n'est obligatoire.

Certaines sont cependant fortement recommandées : vaccinations contre le tétanos, la poliomyélite, la typhoïde. A cette liste, on ajoute pour la couverture du risque professionnel les vaccinations contre la leptospirose, l'hépatite B. Actuellement une campagne contre l'hépatite A est menée (32).

Ces vaccinations peuvent être effectuées par le médecin du travail ou par le médecin traitant. Celles-ci devront figurer sur le carnet de santé ou sur un certificat de vaccination délivré aux sujets qui le souhaitent.

Les rappels de ces vaccinations ou les revaccinations devront être faits en temps voulu par les intéressés.

III - MESURES DE PREVENTION CONCERNANT

L'ORGANISATION DU TRAVAIL (2, 41)

Avant de mettre en service une station d'épuration, il est bon dans un premier temps d'étudier les différents types d'eaux usées qui seront traitées dans la station, afin d'établir les règles d'exploitation et d'organisation du travail. En fonction de l'origine des eaux usées (habitations, hôpitaux, industries...), certaines précautions sont à prendre pour éviter intoxications ou infections.

Un registre des différentes opérations d'exploitation et d'entretien doit être tenu ; il regroupera la nature des interventions, les risques qu'elles peuvent entraîner et les précautions que le personnel devra prendre pour les exécuter. La fréquence de ces interventions et la façon dont il faut procéder pour les mener à bien, devront aussi y figurer.

Les interventions sur des postes à "hauts risques" ou avec des produits dangereux feront l'objet de notes supplémentaires, avec instructions particulières pour le personnel.

Les responsables de la sécurité doivent garder en mémoire qu'il ne faut pas laisser un agent intervenir seul sur des sites tels que cuves ou réservoirs, qu'il est préférable de généraliser sur la station des postes de communication, et qu'en cas d'accident le secouriste doit avant toute action se protéger lui-même.

CONCLUSION

Notre travail nous a permis dans un premier temps de répertorier les différents risques occasionnés par le travail en station d'épuration (risques accidentels, chimiques et infectieux) et parallèlement de rapporter les cas d'accidents survenus sur ces sites. Il s'avère en fait que peu d'accidents ont été recensés, ces vingt dernières années.

Devant ce constat, nous pouvons penser que tous les accidents n'ont pas fait l'objet d'un recensement précis ou que les enquêtes menées sur le sujet ne comportent pas suffisamment d'éléments pour être exploitables.

Cependant, il ressort de l'étude de la plupart des articles de la littérature et des discussions que nous avons eues avec les professionnels de l'assainissement, que parallèlement au développement des techniques de traitement des eaux, s'organise une véritable politique de prévention, visant à réduire au maximum les risques pouvant être rencontrés en station d'épuration.

Le nombre peu élevé des accidents survenus ces dernières années pourrait-être le témoin d'une bonne maîtrise de ces différentes mesures de prévention.

ANNEXE JURIDIQUE

**REFERENCES REGLEMENTAIRES
APPLICABLES AUX PERSONNELS
DE STATION D'EPURATION**

- Code du travail, articles L. 232-1 et R. 232-1, nettoyage des locaux.
- Code du travail, articles R. 232-2 à R. 232-2-7, installations sanitaires.
- Code du travail, articles L. 233-1 à L. 233-7, R. 233-42 et R. 233-43,
(cuves, passerelles,...) généralités sur la sécurité.
- Code du travail, articles R. 233-2 à R 233-13, R 233-49 à R. 233-123, concernant la
sécurité sur les machines.
- Code des communes, articles L. 417-26 à L. 417-28. Décret n° 85-603 du 10 Juin
1985, Art. 10 à 26 (J.O., 18 Juin 1985) relatifs à la médecine professionnel et
préventive.
- Code de la Sécurité Sociale, articles L. 461-1 à L. 461-8 relatifs aux maladies
professionnelles ; notamment les tableaux :
 - n° 21 hydrogène arsénié
 - n° 22 sulfure de carbone
 - n° 64 oxyde de carbone.
- Décret du 8 janvier 1965 (J.O., 20 Janvier 1965), notamment les articles 2 à 8 :
échelles, garde-corps, passerelles.
- Décret n° 88-1056 du 14 Novembre 1988 (J.O., 24 Novembre 1988) concernant
l'électricité sur les stations d'épuration.

- Circulaires des 19 Juillet 1982, 21 Mars 1983, 1er Décembre 1983, 10 Mai 1984, 5 Mars 1985, 5 mai 1986, 13 mai 1987 (notes documentaires de l'INRS ND 1708-133-88), relatives aux valeurs admises pour les concentrations de certains substances dangereuses dans les locaux du travail.
- Arrêté du 11 Juillet 1977 (J.O., 24 Juillet 1977) et circulaire d'application n° 10 du 29 Avril 1980, relatifs à une surveillance médicale spéciale.
- Décret n° 85-603 du 10 Juin 1985, articles 6 à 9 (J.O., 18 Juin 1985) relatifs à la formation à la sécurité du personnel communal.
- Code du travail, articles R. 233-45, relatif à l'affichage, pour l'information du personnel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- LUKOWSKI D.
Risques et prévention dans les stations d'épuration des eaux usées urbaines.
Prévention et sécurité du travail, 1988, 157, 58-76.
- 2- DHORDAIN C.
Stations d'épuration industrielles : risque et prévention.
Prévention et sécurité du travail, 1991, 171, 6-20.
- 3- MAUGEZ G.
L'assainissement des agglomérations.
Thèse de pharmacie n° 22634, Aix-Marseille 2, 1987, 79 p.
- 4- AZEMA F.
Les eaux usées domestiques et leur traitement : application à la station
d'épuration classique.
Thèse de pharmacie n° 32097, Toulouse 3, 1990, 120 p.
- 5- Mémento technique de l'eau. 9ème édition.
Dégremont, Rueil-Malmaison, 1989, 1459 p.
- 6- Ministère de l'environnement, direction de l'eau. L'assainissement des
agglomérations : techniques d'épuration actuelles et évolutions.
Cahier technique inter-agence n° 27 - Paris, 1994. 176 p.
- 7- Office international de l'eau. Qu'est-ce que l'épuration ?
Cahier technique hors-série - Paris, 1992. 28 p.

- 8- ALTMAYER N., ABADIA G., SCHMITT S., LEPRINCE A.
Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées.
Fiche médico-technique n° 34, INRS, 1990, 373-388.
- 9- LAMBERT M.
Le point sur l'emploi du bioxyde de chlore dans le traitement des eaux.
Eau, industrie, nuisances, 1987, 108, 66-68.
- 10- BULL R.J.
Health effects of alternate disinfectants and their reaction products.
99th Annual conference of the American Water Works Association, 1979, 13 p.
- 11- DANIEL F.B., CONDIE L.W., ROBINSON M., STOBBER J.A., YORK R.G.,
OSLON F.R., WANG S.R.
Comparative subchronic toxicity studies of three disinfectants.
Journal AWWA, 1990, 61-69.
- 12- BULL R.J., GERBA C., RHODES TRUSSEL R.
Evaluation of the health risks associated with disinfection.
Critical Reviews in Environmental Control, 1990, 20 (2), 77-113.
- 13- 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), 3-14.
- 14- COMITE REGIONAL de l'OPPBTP de Caen.
Equipe des médecins des services médicaux interentreprises du bâtiment et des
travaux publics. Les stations d'épuration.
Revue de médecine du travail, 1981, 9 (4), 245-251.

- 15- BISMUTH C., BAUD F., CONSO F., FREJAVILLE J.P., GARNIER R.
Toxicologie clinique. 4ème éd.
Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1987, 956 p.
- 16- TESTUD F.
Pathologie toxique en milieu de travail.
A. Lacassagne, Lyon, 1993, 373 p.
- 17- COMITE TECHNIQUE NATIONAL DES INDUSTRIES CHIMIQUES.
Risques d'intoxication présentés par l'hydrogène sulfuré.
Travail et Sécurité, 1981, R 192.
- 18- CLAVEL T., FALCY M., HESBERT A., JARGOT D., PROTOIS J.C., REYNIER M.,
SCHNEIDER O.
Sulfure d'hydrogène.
Fiche toxicologique n° 32, INRS, 1991, 551-554.
- 19- SERVICES TECHNIQUES ET MEDICAUX DE L'INRS.
Trihydrure d'arsenic.
Fiche toxicologique n° 53, INRS, 1987, 4p.
- 20- GOSSELIN B., MATHIEU D., DESPREZ-NOLF M., COSSON A.,
GOUDEMANT J., HAGUENOER J.M., WATTEL F.
Intoxication aiguë par l'hydrogène arsénié.
Nouvelle presse médicale, 1982, 11, 439-441.
- 21- SERVICE DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.
Guide pour les déversements de produits dangereux.
Environnement Canada, Ottawa, 1985, 515 p.

- 22- LAUWERYS R.
Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 3ème éd.
Masson, Paris, 1992, 693 p.
- 23- Les maladies professionnelles.
IRNS ED 486, Paris, 1995, 61 p.
- 24- CEMAGREF
Risques sanitaires susceptibles d'être encourus par les personnels travaillant sur les stations de traitement d'eaux résiduaires.
Bordeaux, Ministère de l'agriculture, section "Qualité des eaux", 1983, étude n° 16, 46 p.
- 25- 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), 183-185.
- 26- BOUTIN P., MOLINE J., BOISSINOT E.
Une maladie nouvelle et un risque nouveau : pathologie professionnelle digestive et respiratoire des stations d'épuration.
Nouv. Press. Med., 1982, 11 (13), 970-972.
- 27- BIGNON J., MASSE R.
Données morphologiques et biologiques sur la pénétration, la rétention et la réactivité des aérosols atmosphériques au niveau de l'appareil respiratoire.
Revue française des maladies respiratoires, 1977, 5, 297-310.

- 28- KOWAL N.E., PAHREN H.R.
Health effects associated with wastewater treatment and disposal.
Journal WPCF, 1979, 51 (6), 1301-1315.
- 29- VIRARAGHAVAN T.
Occupationally related health hazards in wastewater treatment systems.
Highlights-Water Pollution Control Federation, 1973, 10 (11), 2-3.
- 30- CLARK C.S.
Potential and actual biological related health risks of wastewater industry employment.
Journal WPCF, 1987, 59 (12), 999-1008.
- 31- KERNBAUM S.
Eléments de pathologie infectieuse - 4ème éd.
Simep Specia, Lyon, 1988. 577 p.
- 32- SCHLOSSER O., ROUDOT-THORAVAL F.
Exposition professionnelle aux eaux usées et risques d'hépatite virale A.
B.E.H., 1994, 12, 54-55.
- 33- SCHLOSSER O., ROUDOT-THORAVAL F.
Exposition professionnelle aux eaux usées et risques d'hépatite virale A.
Arch. mal. prof., 1995, 56 (1), 23-27.
- 34- RYLANDER R., ANDERSON K., BELIN L., BERGLUND G., BERGSTROM R.,
HANSON L., LUNDHOLM M., MATTSBY I.
Studies of human exposed to airborne sewage sludge.
Schweiz. Med. Wochenschr., 1977, 107, 182-184.

- 35- CLARK C.S.
Sewage worker's syndrome. *Lancet*, 1977, 1009.
- 36- NOEUVEGLISSE J.
Travaux en égouts et stations d'épuration.
Cahiers des comités, 1984, 3, 22-27.
- 37- BOUTIN P.
Risques sanitaires provenant de l'utilisation d'eaux polluées ou de boues de station d'épuration en agriculture.
Techniques et sciences municipales. Eau, 1982, 77 (12), 547-557.
- 38- GENUYT G.
Prévention des accidents dans les services de distribution d'eau et d'assainissement.
Aqua, 1983, 4, 149-153.
- 39- Prévention des risques dans l'exploitation des stations de traitement biologique des eaux usées de l'industrie chimique.
Travail et sécurité, 1990, R 340.
- 40- Construction et exploitation des stations d'épuration et de leurs annexes.
Travail et Sécurité, 1982, R 213.
- 41- GROS P., MATHIEU J.C., ULYSSE J.F.
Les réseaux d'assainissement. Hygiène et sécurité des personnels d'exploitation.
INRS ED 682, Paris, 1990, 71 p.

42- MAYER A., BARLIER A.

Gilets de sauvetage gonflables et flottabilité permanente pour l'industrie, proposition de cahier des charges.

INRS, 1982, rapport n° 1122/RE, 14 p.

43- Lyonnaise des eaux, sapeurs-pompiers de Bordeaux.

Essais de flottabilité du corps humain en bassin d'aération, 1987, 8 p.

44- Stations d'épuration. Annexe sécurité au cahier des clauses techniques particulières.

Prévention des risques professionnels, CRAM Bretagne, 1991-1994, 31 p.

TABLE DES MATIERES

PLAN.....	8
INTRODUCTION.....	11
1er CHAPITRE : FONCTIONNEMENT D'UNE STATION	
D'EPURATION.....	13
I - Comment sont définies les eaux usées ?.....	14
II - Principes élémentaires du fonctionnement d'une station d'épuration	17
A - Prétraitements	18
1 - Le dégrillage	18
2 - Le tamisage.....	19
3 - La dilacération	19
4 - Le dessablage	19
5 - Le déshuilage et dégraissage	20
B - Décantation primaire ou traitement primaire	20
C - Traitements secondaires	22
1 - Traitements biologiques.....	23
a - Les lits bactériens.....	23
b - Les boues activées.....	24
c - Le lit immergé.....	25
d - Le lagunage.....	25

2 - Traitements physico-chimiques.....	26
3 - Décantation secondaire.....	27
D - Traitements tertiaires.....	28
E - Evacuation et traitement des résidus de l'épuration.....	30
1 - Résidus du prétraitement.....	30
2 - Les boues.....	31
a - Réduction du volume.....	31
b - Réduction du pouvoir fermentescible.....	32
c - Destination des boues.....	33
III - Caractéristiques des effluents traités.....	34
2ème CHAPITRE : RISQUES.....	36
1ère partie : les différents risques.....	38
I - Risques accidentels.....	38
A - Risques de chute du personnel.....	38
B - Risques de coupure ou de contusion.....	40
C - Risques d'incendie et d'explosion.....	40
1 - Risques d'incendie.....	40
2 - Risques d'explosion.....	41
D - Risques d'intoxication, d'asphyxie.....	41
1 - Généralités.....	41

2 - Les différents gaz rencontrés sur une station d'épuration.....	42
a - Le gaz carbonique	42
b - L'oxyde de carbone	43
c - L'hydrogène sulfuré.....	43
d - L'hydrogène arsénié	44
e - Le méthane.....	45
f - Le chlore gazeux et les dérivés du chlore	46
E - Risques mécaniques	46
F - Risques électriques.....	47
G - Nuisances diverses	47
II - Risques chimiques	48
A - Le chlore gazeux et ses dérivés oxygénés	48
1 - Le chlore gazeux.....	48
2 - Les dérivés du chlore	50
B - Les modificateurs de pH.....	51
C - Les coagulants	52
1 - Le sulfate d'alumine.....	52
2 - Le sulfate ferreux.....	52
3 - Le chlorure ferrique.....	52
III - Risques infectieux.....	53
A - Etude des germes pathogènes.....	53

1 - Principaux germes pathogènes rencontrés et les troubles qu'ils occasionnent	54
a - La leptospirose	58
b - La brucellose	59
c - Le tétanos.....	59
d - L'hépatite A.....	60
e - Fièvre thyphoïde et autres salmonelloses.....	60
f - La poliomyélite.....	61
g - La tuberculose	61
2 - Remarque sur le risque d'hépatite virale A chez le personnel d'une station d'épuration	62
3 - Conclusion.....	63
B - Modes de contamination.....	64
1 - Voie cutanéomuqueuse.....	64
2 - Voie respiratoire	65
3 - Voie digestive.....	66
2ème partie : INTERPRETATION DES RISQUES EXISTANTS.....	67
I - Evaluation du nombre d'accidents réels.....	68
A - Accidents liés aux installations, aux appareillages, aux produits chimiques	68
B - Accidents de type infectieux	70
II - Recherches effectuées sur le terrain.....	73

3ème CHAPITRE : PREVENTION.....	76
I - Mesures de prévention concernant la conception et l'entretien des installation et des équipements	77
A - Risques liés à la circulation.....	77
1 - Chute de hauteur.....	77
2 - Sols et circulation	80
B - Risques liés aux installations mécaniques, électriques et diverses...80	
1 - Installations mécaniques et électriques	80
2 - Installations particulières	81
C - Risques d'incendie, d'explosion, d'intoxication.....	82
D - Conclusion.....	82
II - Mesures de prévention concernant le personnel.....	83
A - Formations et informations	83
B - Vêtements de travail et protection individuelle.....	87
C - L'hygiène.....	88
1 - Hygiène individuelle.....	88
2 - Hygiène collective	89
D - Prévention médicale	90
1 - Visite médicale à l'embauche	90
2 - Suivi médical.....	90
3 - Couverture vaccinale	91

III - Mesures de prévention concernant l'organisation du travail.....	92
CONCLUSION.....	93
ANNEXE JURIDIQUE.....	95
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	98

BON A IMPRIMER N° 46

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

BLOND (Delphine). — Risques et prévention dans les stations d'épuration des eaux usées. — 112 f.; ill.; tabl.; 30 cm (Thèse : Pharm.; Limoges; 1996).

RESUME :

Un aperçu des principales étapes du traitement des eaux usées nous dévoile l'ensemble des risques auxquels est exposé le personnel intervenant sur le site d'une station d'épuration.

Ces risques sont multiples, mais trois sont plus fréquemment rencontrés : risques accidentels tels que coupures, chutes, explosion, risques chimiques survenant lors de l'utilisation de produits chimiques destinés à la désinfection de l'effluent et risque infectieux, par dissémination d'aérosols souvent considéré comme le risque majeur pouvant atteindre le personnel travaillant mais également les habitants proches de la station d'épuration.

L'interprétation de ces risques nous a permis de constater que le nombre d'accidents survenus ces dernières années reste faible par rapport aux risques évoqués. Serait-ce le résultat de la politique de prévention mise en place au sein des stations d'épuration.

La dernière partie de ce travail retranscrit les différentes mesures de prévention visant à minimiser ces risques. Elles concernent à la fois la conception et l'entretien des équipements et des installations, le personnel (campagnes de vaccinations, mesures d'hygiène...) et l'organisation du travail.

MOTS-CLES :

- Stations d'épuration.
- Eaux usées.
- Assainissement.
- Hygiène et sécurité.

JURY : Président : Monsieur le Professeur Christian MCESCH.
Juges : Monsieur le Professeur Gérard LACHATRE.
Madame Eliane VERGNAUD, Pharmacien.
