

## Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement

## COLLECTION DES GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Cuves et bains de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyesters stratifiés	ED 665
4. Postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe	ED 972
7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage	ED 668
8. Espaces confinés	ED 703
9. 1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9. 2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre	ED 928
9. 3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants	ED 906
10. Le dossier d'installation de ventilation	ED 6008
11. Sérigraphie	ED 6001
12. Seconde transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820
20. Postes d'utilisation manuelle de solvants	ED 6049
21. Ateliers de plasturgie	ED 6146
22. Laboratoires d'anatomie et de cytologie pathologiques	ED 6185



Institut national de recherche et de sécurité  
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00  
www.inrs.fr • info@inrs.fr

**Édition INRS ED 820**

3<sup>e</sup> édition • décembre 2014 • 1000 ex. • ISBN 978-2-7389-2158-1



## L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cram, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés.

Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat.

Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

## Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), les caisses régionales d'assurance maladie (Cram) et caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, les caisses régionales d'assurance maladie et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

# Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement

Ce document a été établi par un groupe de travail constitué sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) et comprenant des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques de la CNAMTS, des Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS).

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Domaine d'application</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Rappel des procédés de dépollution</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Pollution de l'air</b> .....	<b>7</b>
3.1. Risque chimique .....	7
3.2. Risque biologique .....	9
<b>4. Démarche préventive</b> .....	<b>9</b>
<b>5. Réduction de l'émission de polluants</b> .....	<b>9</b>
5.1. Facteurs influençant la formation de sulfure d'hydrogène .....	10
5.2. Techniques de réduction de l'émission de polluants .....	10
<b>6. Ventilation des ouvrages</b> .....	<b>11</b>
6.1. Généralités .....	11
6.2. Mise en œuvre de la ventilation .....	12
6.3. Préconisation par type d'ouvrage .....	12
6.4. Réalisation .....	14

<b>7. Techniques de traitement de l'air avant rejet</b> .....	<b>14</b>
7.1. Absorption gaz-liquide.....	14
7.2. Adsorption sur support solide.....	15
7.3. Traitement biologique.....	15
<b>8. Essais de garantie</b> .....	<b>15</b>
<b>9. Exploitation, entretien et vérifications périodiques</b> .....	<b>15</b>
9.1. Généralités.....	15
9.2. Réception des ouvrages.....	15
9.3. Protection acoustique.....	16
9.4. Exploitation des ouvrages.....	16
<b>Annexes</b> .....	<b>17</b>
1. Appareils de détection.....	17
2. Stockage des boues et risque d'explosion.....	18
3. Essais de garantie des usines de dépollution des eaux résiduaires urbaines : aide à la rédaction des CCTP pour les mesures de concentration des polluants dans l'air des locaux de travail et des paramètres de ventilation.....	19
<b>Bibliographie</b> .....	<b>22</b>
<b>Dossiers techniques</b> .....	<b>23</b>



# Introduction

**C**ette nouvelle version du guide inclut une annexe sur les essais de garantie des usines de dépollution des eaux résiduaires urbaines. Il s'agit des conclusions d'un groupe de travail incluant des représentants des différents acteurs de la filière : Degremont, Egis Eau, IRH, Lyonnaise-des-Eaux, Merlin, OTV, Stereau, Suez-Environnement, Veolia Eau, Vinci-Environnement, ainsi que des représentants de la CARSAT Normandie, de la CRAM Ile-de-France et de l'INRS.

Cette brochure a été préparée dans le but de servir de guide et de document de référence à l'usage des personnes et organisations concernées par la conception, la construction, l'exploitation, le contrôle et la maintenance des usines de dépollution (principalement des ouvrages fermés) et de leurs annexes telles que les postes de relèvement.

Elle a été élaborée après consultation des organismes suivants :

- Syndicat professionnel des distributeurs d'eau (SPDE) ;
- Syndicat national des industries du traitement des eaux résiduaires (SNITER).

En ce qui concerne les nuisances chimiques et biologiques, l'objectif est de parvenir au maintien de la salubrité dans les usines de dépollution et les parties annexes. Des critères de ventilation sont proposés pour aider à atteindre ce but, sur la base des données actuellement disponibles. Ces critères sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'expérience acquise au cours de leur mise en œuvre, de résultats d'études nouvelles conduites sur ce thème ou de modifications apportées sur le plan réglementaire.

C'est pourquoi ce guide sera réexaminé régulièrement et au besoin modifié. Le groupe de travail demande à toute personne ou organisme ayant des avis ou critiques à formuler sur ce document de bien vouloir les lui faire connaître (commentaires à adresser à l'INRS en faisant référence au groupe de travail n° 19).

## 1. Domaine d'application

Les données du présent guide de ventilation ont pour but la réalisation d'installations permettant d'assurer la protection des opérateurs contre les risques associés à l'inhalation de produits toxiques et d'aérocontaminants émis lors de toutes les opérations de traitements des eaux usées. Elles concernent les usines de dépollution traitant des eaux résiduaires urbaines. Elles s'appliquent également aux usines de dépollution des eaux industrielles dans le cas où l'effluent est de même nature. En revanche, elles

ne concernent pas celles où l'effluent est de nature différente (traitement de surface, industrie pétrolière...).

Ce guide vise plus particulièrement les ouvrages couverts ou enterrés dans lesquels la pollution est susceptible de se concentrer et où les effets d'un dégagement massif de polluants sont particulièrement préoccupants.

Il concerne l'ensemble de l'installation et plus particulièrement les postes de relèvement ou refoulement, de prétraitement, de déshydratation des boues et certaines installations annexes. Ce guide se rapporte aussi aux postes de relèvement disséminés sur le réseau collecteur.

## 2. Rappel des procédés de dépollution (figures 1 et 2)

L'épuration des eaux usées comprend généralement les opérations suivantes:

**1. Arrivée de l'effluent** (canal d'arrivée ou relèvement, bassins-tampons).

**2. Prétraitement:**

- dégrillage,
- dessablage,
- dégraissage (désuilage).

**3. Traitement primaire:**

- décantation simple,
- décantation avec traitement physico-chimique,

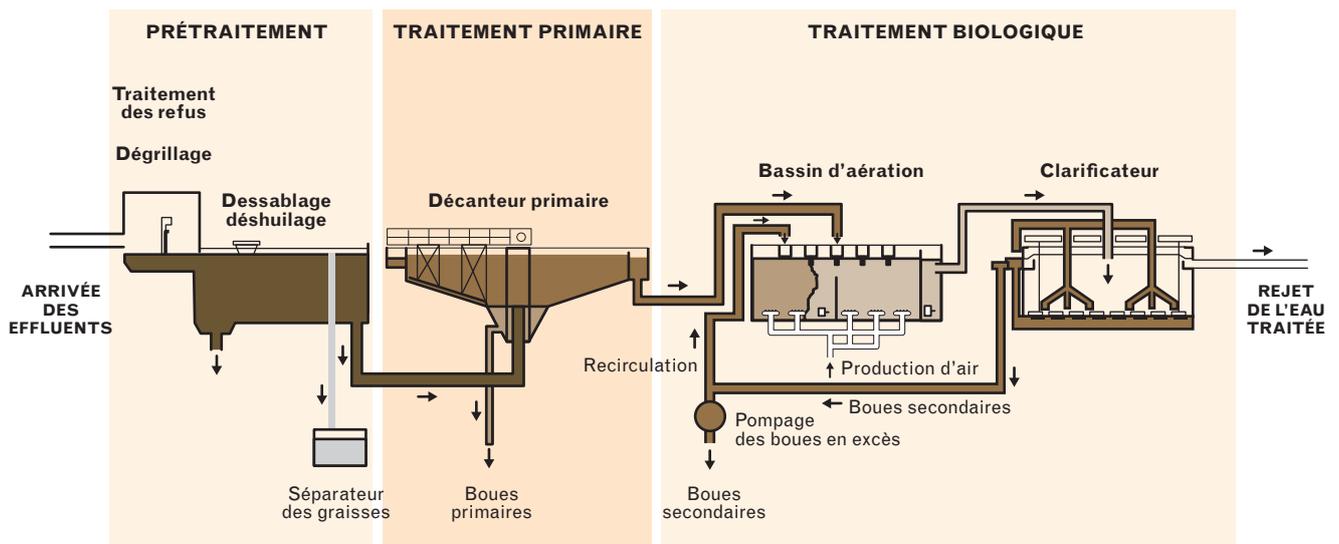


Figure 1. Schéma d'une installation courante avec traitement par boues activées

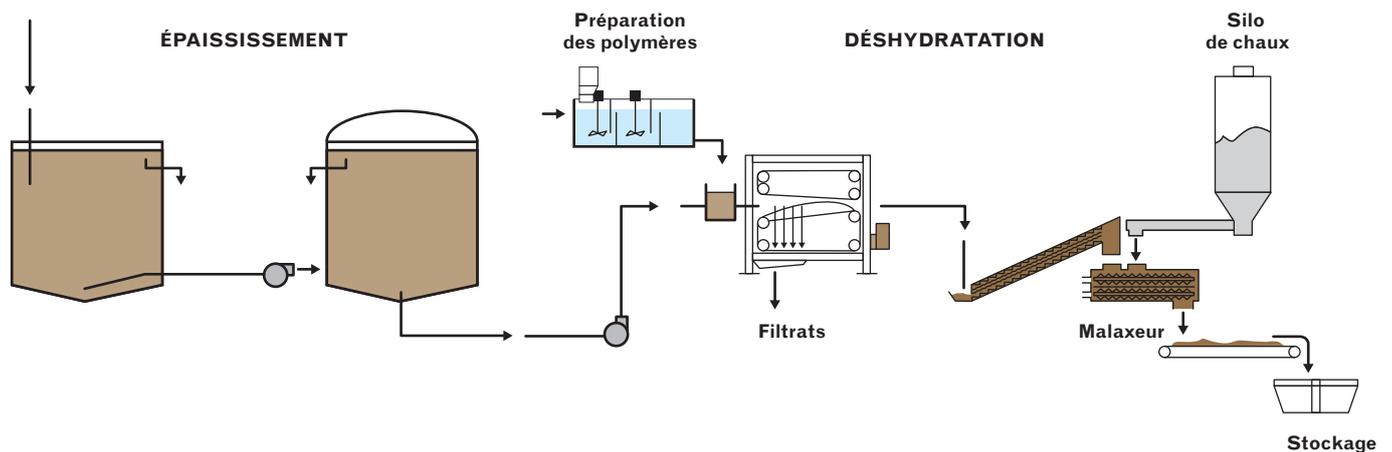


Figure 2. Schéma d'une installation de traitement des boues

- élimination de la pollution colloïdale,
- élimination du phosphore.

#### 4. Traitement biologique et clarification (décantation secondaire):

- boues activées,
- lit bactérien (bactéries fixées),
- biofiltre (bactéries fixées).

#### 5. Traitement tertiaire:

- filtration,
- désinfection.

#### 6. Traitement des boues:

- épaissement gravitaire, centrifugation, flottation, égouttage,
- déshydratation (presse, centrifugeuse),
- digestion anaérobie,
- incinération.

## 3. Pollution de l'air

Les eaux des usines de dépollution peuvent contenir des organismes pathogènes et des composés chimiques néfastes pour la santé, susceptibles de se libérer dans l'atmosphère.

### 3.1. Risque chimique

#### 3.1.1. Polluants chimiques provenant de l'effluent brut

Les composés rencontrés dans les usines de dépollution sont multiples. On peut toutefois les répartir en quatre catégories :

- les composés soufrés,
- les composés azotés,
- les aldéhydes et cétones,
- les acides.

La plupart des auteurs s'accordent sur le fait que les composés soufrés sont majoritaires, tant dans les circuits d'effluents que dans les usines de dépollution proprement dites. Il convient donc d'abord de limiter au maximum la formation de ces polluants, et ensuite d'assainir l'atmosphère par une ventilation.

TABLEAU 1

#### CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU SULFURE D'HYDROGÈNE

<b>Solubilité à 20 °C sous 1 atmosphère</b>	3,6 g/L
<b>Limite inférieure d'explosivité</b>	> 4,5 %
<b>Limite supérieure d'explosivité</b>	< 45,5 %
<b>Température d'auto-inflammation</b>	> 250 °C

#### Composés soufrés (figure 3)

Ceux-ci se forment principalement par action de bactéries anaérobies réduisant les sulfates ou hydrolysant les acides aminés soufrés. Cette transformation microbienne est irréversible dans les conditions normales du réseau. Les composés suivants ont pu ainsi être mis en évidence :

- sulfure d'hydrogène  $H_2S$
- méthylmercaptan  $CH_3SH$
- éthylmercaptan  $C_2H_5SH$
- diméthylsulfure  $(CH_3)_2S$
- diéthylsulfure  $(C_2H_5)_2S$
- diméthyldisulfure  $(CH_3)_2S_2$

Tous sont nauséabonds, et leurs seuils olfactifs sont très faibles, généralement inférieurs à 0,1 ppm (0,008 ppm pour  $H_2S$ ) [1].

Parmi ceux-ci, le plus fréquemment rencontré, et parfois en forte concentration, est le sulfure d'hydrogène (hydrogène sulfuré), qui se trouve être le plus redoutable (tableau 1, figure 3).

Les intoxications aiguës à l' $H_2S$  se caractérisent par des troubles respiratoires, des contractures, des pertes de

connaissance puis, après un intervalle, un risque d'œdème du poumon conduisant à la mort. Vers 500 ppm, une rapide perte de connaissance est suivie d'un coma parfois convulsif, accompagné de troubles respiratoires, d'un œdème pulmonaire, de troubles du rythme cardiaque. Si l'exposition n'est pas interrompue, la mort survient rapidement. Au-delà de 500 ppm, la mort peut survenir en quelques minutes.

Les intoxications subaiguës se traduisent par des irritations oculaires, des signes nerveux, pulmonaires et gastrointestinaux. Les intoxications chroniques sont controversées.

Il est important de signaler que le sulfure d'hydrogène entraîne, à forte concentration, une anesthésie du nerf olfactif, ce qui conduit la personne exposée à ne plus percevoir l'odeur caractéristique de ce gaz, et à interpréter à tort ce fait comme une diminution du risque, qui pourtant peut être mortel [1].

Les autres gaz sont moins connus sur le plan toxicologique. Citons cependant le méthylmercaptan qui a des propriétés toxiques voisines de celles du sulfure d'hydrogène.

#### Composés azotés

Leur présence dans les effluents peut provenir soit directement des matières biologiques (urine), soit indirectement de la dégradation des protéines et des acides aminés. Les principaux sont les suivants :

- ammoniac  $NH_3$
- méthylamine  $CH_3NH_2$
- éthylamine  $C_2H_5NH_2$
- diméthylamine  $(CH_3)_2NH$
- indole  $C_8H_6NH$
- scatole  $C_9H_8NH$
- cadavérine  $H_2N-(CH_2)_5-NH_2$

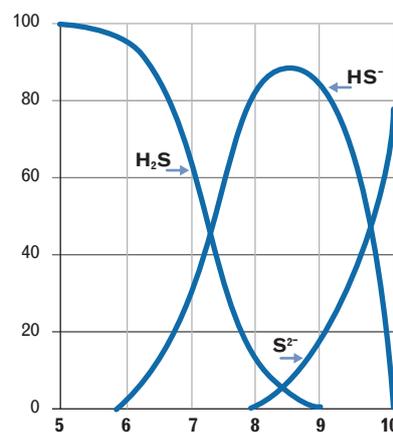


Figure 3. Pourcentage des différents composés du soufre en fonction du pH

Les seuils olfactifs de ces composés sont faibles, du même ordre de grandeur que ceux des mercaptans (< 0,1 ppm).

Aux concentrations rencontrées dans les usines de dépollution (en général moins de 1 ppm), ces composés azotés sont surtout irritants. Cependant, des traitements particuliers (chaulage des boues) peuvent mener à de forts dégagements.

### Aldéhydes et cétones

Ces substances se forment par dégradation anaérobie des glucides et des protéines. On a pu mettre en évidence les composés suivants :

- formaldéhyde  $\text{HCHO}$
- acétaldéhyde  $\text{CH}_3\text{CHO}$
- butyraldéhyde  $\text{C}_3\text{H}_7\text{-CHO}$
- isovaléraldéhyde  $(\text{CH}_3)_2\text{-CH-CH}_2\text{-CHO}$
- acétone  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$

Les seuils olfactifs sont plus élevés que pour les composés des deux catégories précédentes.

Les aldéhydes sont essentiellement des composés irritants pour les muqueuses oculaires et respiratoires.

### Acides organiques

Ils se forment à partir de la dégradation des acides aminés. Les principaux acides retrouvés sont les suivants :

- acide acétique  $\text{CH}_3\text{-COOH}$
- acide butyrique  $\text{C}_3\text{H}_7\text{-COOH}$
- acide valérique  $\text{C}_4\text{H}_9\text{-COOH}$

### Poussières

Elles peuvent se dégager lors du séchage des boues.

## 3.1.2. Polluants chimiques provenant du traitement

L'exemple le plus caractéristique est l'utilisation du chlore dans certaines installations de décontamination microbiologique des eaux traitées et dans le traitement de l'air vicié.

De nombreux autres produits chimiques sont utilisés au cours du traitement (soude caustique, peroxyde d'hydrogène, eau de javel, chaux,

floculants divers). Ils peuvent entraîner des risques spécifiques liés à la manipulation de ces produits. Ces traitements ne sont pas évoqués dans ce document.

## 3.1.3. Polluants provenant d'un rejet accidentel (hydrocarbures et solvants)

Les produits chimiques les plus variés sont susceptibles de pénétrer dans le réseau d'assainissement et de parvenir à l'usine de dépollution. Les polluants volatils les plus fréquents sont les hydrocarbures et les solvants industriels.

Ces produits introduisent des risques graves d'incendie et d'explosion.

## 3.1.4. Postes exposés

### $\text{H}_2\text{S}$ et mercaptans

Ces gaz se forment par fermentation anaérobie, soit en amont de l'usine, dans les canalisations d'amenée d'eau, soit au sein des matières boueuses.

Les postes les plus exposés sont les suivants :

- postes de relevage des eaux et bassins tampons, fosses de réception des matières de vidange et de curage ;
- prétraitement : dessableur, dégraisseur ;
- décanteurs primaires et puits à boues ;
- épaisseurs de boues ;
- appareils ou salles de déshydratation des boues (filtres presse, centrifugeuses).

Les niveaux de pollution sont très variables ; cependant, le risque est maximal dans tous les secteurs où l'aération des effluents est médiocre et où leur stagnation est prononcée. Il peut y avoir une accumulation de sulfure d'hydrogène dans les espaces confinés mal ventilés tels que les fosses, les puits...

### Autres composés organiques

Leurs teneurs sont en général plus faibles, pour une toxicité moindre que

celle de l' $\text{H}_2\text{S}$ . Les concentrations les plus importantes en acide et en ammoniac sont généralement observées aux postes où sont traitées les boues :

- épaisseurs ;
- zones de déshydratation ;
- zones de vidange de boues ;
- réception des matières de vidange et de curage.

Les concentrations en aldéhydes et cétones sont généralement faibles en usine de dépollution, sauf dans le cas particulier du traitement thermique des boues qui peut intervenir dans des grosses unités.

## 3.1.5. Évaluation du risque [2, 3, 8]

Le risque peut être évalué par la mesure de l'exposition des ouvriers aux différents polluants présents dans l'air des locaux de travail. Les concentrations mesurées sont ensuite comparées, soit aux valeurs limites d'exposition professionnelle sur 8 heures (VLEP-8h), soit aux valeurs limites d'exposition de court terme (VLCT) pour des temps de 15 minutes.

Les valeurs limites d'exposition pour le sulfure d'hydrogène, le méthylmercaptan et l'ammoniac, qui sont les principaux polluants rencontrés, sont données dans le [tableau de l'annexe 3](#).

Dans le cas des usines de dépollution, l'apparition de sulfure d'hydrogène peut être régulière comme lors du dégazage des boues ou, au contraire, soudaine et massive. Cette dernière situation peut conduire à des accidents mortels. La conception de l'installation et les équipements de sécurité mis en place doivent permettre de prévenir ce risque.

Par ailleurs, le stockage des boues issues du traitement peut être le siège d'un dégagement de gaz (méthane,  $\text{H}_2\text{S}$ ...) suite à un processus de fermentation biologique, pouvant déclencher une explosion ([voir annexe 2](#)).

### 3.2. Risque biologique [4]

Les organismes pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux résiduaires urbaines sont très nombreux.

On a pu mettre en évidence :

- des virus (enterovirus, adenovirus, rotavirus...);
- des bactéries (staphylocoques, *Escherischia*, spirochètes...);
- des amibes, des protozoaires, des vers parasites...

La contamination par voie digestive ou cutanéomuqueuse est possible en pratique tout au long de la chaîne de traitement de l'eau. Le risque de contamination par voie respiratoire, qui est le seul à entrer dans le cadre de ce guide, est à prendre en considération dans les zones d'existence d'un aérosol, c'est-à-dire à proximité de tous les dispositifs d'aération des bassins, de pulvérisation, près des chutes d'eau ou des zones d'impact des effluents et des boues.

## 4. Démarche préventive

La démarche préventive à suivre comporte les étapes suivantes :

- Supprimer ou réduire les émissions de polluants. Les méthodes utilisables sont évoquées au chapitre 5.
- Assainir l'atmosphère par l'une des méthodes suivantes (*voir chapitre 6*) :
  - capter les polluants aussi efficacement que possible au fur et à mesure de leur production, au plus près de la source d'émission ;
  - diluer les polluants par la ventilation générale en cas d'impossibilité technique de capter.
- Mettre en place un système de détection efficace (*voir annexe 1*).
- Adopter des procédures d'intervention qui tiennent compte des variations de fonctionnement (émission soudaine, fonctionnement épisodique).
- Définir les règles d'utilisation du port des équipements de protection individuelle et particulièrement les appareils de protection respiratoire.

- Assurer la formation et l'information du personnel.

Pour illustrer l'importance des mesures de prévention, trois exemples d'accident sont présentés ci-dessous. Il convient de remarquer que si les accidents causés par un défaut d'assainissement de l'air dans les ouvrages de dépollution ne sont pas fréquents, ils entraînent presque systématiquement plusieurs décès. Les exemples suivants ont simplement pour objectif de préciser les circonstances les plus couramment rencontrées.

#### Accident n° 1

**Localisation :** intervention sur les vannes d'isolement des pompes situées dans un puits faisant suite à un bassin de décantation d'une usine de dépollution à lit bactérien.

**Conséquences :** deux décès.

**Circonstances :** un temps de séjour anormalement élevé des boues dans le décanteur est à l'origine de mécanismes bactériens anaérobies produisant du sulfure d'hydrogène en quantité importante. Ce gaz s'est dégagé au niveau du puits de soutirage intermédiaire.

#### Accident n° 2

**Localisation :** fosse d'une pompe de transfert (normalement sèche). Plateforme intermédiaire dans un ouvrage de relèvement.

**Conséquences :** deux décès et deux intoxiqués.

**Circonstances :** avant le démarrage de l'atelier de fabrication de l'usine, le responsable descend dans la fosse pour manœuvrer une vanne comme il en a l'habitude. Arrivé en bas de l'échelle, il se penche et s'effondre. Le chef d'entretien qui l'accompagne appelle à l'aide et descend lui porter secours. Il s'écroule également. Une troisième personne arrive sur les lieux, pense qu'il s'agit d'une électrocution, réussit à sortir une des deux premières victimes à l'extérieur, coupe l'alimentation électrique et alerte les pompiers.

Pendant ce temps, le deuxième intervenant qui a retrouvé ses esprits redescend dans la fosse et s'écroule à nouveau. Une quatrième personne descend à son tour et s'effondre. Le responsable revient et subit le même sort. Les pompiers, arrivés rapidement sur les lieux, ne pourront ranimer que deux des quatre personnes.

La cause de la perte de connaissance est la présence de sulfure d'hydrogène se dégageant d'un reniflard débouchant malencontreusement au fond de cette fosse.

#### Accident n° 3

**Localisation :** ouvrage de relèvement sur un réseau d'égout.

**Conséquences :** deux décès.

**Opération effectuée :** travaux d'entretien (dégrillage).

**Circonstances :** après avoir ouvert les trappes d'aération, un ouvrier descend. Il est pris d'un malaise. Son collègue s'en rendant compte descend à son tour pour le secourir. Il est également pris de malaise et les deux ouvriers succombent.

Tous ces accidents ont pour origine le sulfure d'hydrogène. Ils se caractérisent par le fait qu'il n'y avait dans ces installations, ni détection préalable, ni ventilation.

## 5. Réduction de l'émission de polluants

La réduction de l'émission de polluants est l'étape préalable très importante de la démarche préventive [5]. Dans ce chapitre, on rappelle les facteurs qui influencent l'émission de sulfure d'hydrogène et les principales techniques pour réduire cette émission. Ces techniques peuvent être mises en œuvre dans l'usine de dépollution elle-même ou dans le réseau. Il convient de choisir judicieusement

la technique adaptée aux caractéristiques de l'installation.

## 5.1. Facteurs influençant la formation de sulfure d'hydrogène

### 5.1.1. Composition de l'effluent initial

Les éléments favorisant le dégagement sont :

- la concentration en matières organiques,
- la concentration préexistante en produits soufrés. Le dégagement commence dès que la concentration en sulfures totaux dans l'effluent atteint 0,5 mg/L et devient important au-dessus de 5 mg/L.

### 5.1.2. Paramètres physiques

#### Concentration en oxygène dissous

Au-dessus de 0,1 mg d'oxygène par litre, les sulfates ne sont pas réduits en sulfure. Pour être certain du maintien de ce phénomène favorable, on recommande de ne pas descendre en dessous de 0,5 mg/L tout au long du réseau.

#### Température

En dessous de 7°C, la formation est pratiquement inexistante. Elle commence au-delà de cette température et devient significative entre 15 et 20°C.

### 5.1.3. Paramètres chimiques

#### Potentiel d'oxydoréduction

La production de sulfure d'hydrogène est réduite au-dessus d'un potentiel Redox de moins 200 mV.

#### pH

Une valeur de pH élevée limite le dégagement de sulfure d'hydrogène mais, pour des questions liées au fonctionnement du traitement biologique ultérieur, il n'est en général pas possible

de sortir de l'intervalle de pH de 5 à 9,5 et donc de jouer sur ce paramètre dans le sens favorable à la limitation de l'émission.

### 5.1.4. Paramètres biologiques

L'existence d'un dépôt ou d'un biofilm épais (jusqu'à 3 mm) favorise la production de polluants. Il est souhaitable de se situer en dessous de 0,3 mm.

### 5.1.5. Paramètres incidents

#### Vitesse de l'effluent

Il est conseillé d'obtenir une vitesse d'écoulement au-dessus de 0,7 m/s, voire au-delà de 1 m/s, afin de favoriser l'oxygénation et de tenter de limiter l'épaisseur du biofilm.

#### Temps de séjour dans le réseau

Il est souhaitable de ne pas dépasser un temps de séjour de 4 heures car la prolongation du temps de séjour dans un réseau conduit à la septicité.

## 5.2. Techniques de réduction de l'émission de polluants

### 5.2.1. Traitement hydraulique

#### Ajustement de la vitesse de circulation de l'eau dans les réseaux

- Déterminer le diamètre de la canalisation pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,7 ou 0,8 m/s.
- Dans le cas de pompes pouvant fonctionner individuellement ou simultanément, il faut privilégier l'installation de plusieurs conduites de refoulement (une par pompe) afin de maîtriser la vitesse réelle.

#### Ajustement du temps de séjour dans la bache

- Maintenir un temps de séjour court en abaissant le contacteur de niveau haut lorsque le débit de l'effluent est très faible par rapport au débit nominal. Cette situation se rencontre par exemple au début de création d'un lo-

tissement, durant la morte saison dans une station balnéaire, ou durant le week-end dans une zone comportant des immeubles de bureaux.

### Élimination des zones de dépôt

- Prévoir en fond d'ouvrage (notamment regards et postes de relèvement) des cunettes (formes de pentes) évitant les zones de stagnation et dirigeant les produits de décantation vers la zone d'aspiration des pompes.

- Homogénéiser les effluents de la bache de relevage au moment du démarrage des pompes. Ceci peut être obtenu par l'ouverture d'une électrovanne au refoulement recyclant pendant quelques instants en vue de remettre les dépôts en suspension ;

- Lorsque la topographie du terrain le permet, donner à la canalisation de refoulement un tracé atteignant rapidement le point haut afin qu'une partie de la canalisation se vide après l'arrêt des pompes.

La vidange de la canalisation peut également être obtenue par l'injection d'air comprimé (chasse d'air).

#### Remarque

Une chute importante à l'arrivée dans un poste de relevage provoque une oxygénation de l'effluent, ce qui est favorable si du sulfure d'hydrogène ne s'est pas encore formé ; par contre, si celui-ci est déjà présent, une partie va se trouver libérée dans l'atmosphère de l'ouvrage, ce qui nécessitera une ventilation soignée.

### 5.2.2. Traitement chimique

#### Injection d'air

Cette technique est habituellement utilisée dans les conduites de refoulement des stations de pompage dans lesquelles un compresseur injecte de l'air comprimé dans la canalisation, en aval des clapets anti-retour au cours du fonctionnement.

Différentes études attestent d'une consommation en oxygène d'une eau usée urbaine comprise entre 2 et 20 mg par litre et par heure à 15°C. On peut prendre une valeur de 100 litres d'air compressé par m<sup>3</sup> d'eau usée contenue dans la conduite de refoulement.

### Injection d'oxygène pur

À partir d'un stockage d'oxygène liquide, après évaporation et détente, une électrovanne déclenche séquentiellement l'injection d'oxygène dans la canalisation de refoulement par l'intermédiaire d'un dispositif assurant une dissolution rapide par homogénéisation.

### Traitement au peroxyde d'hydrogène

Le réactif est introduit par l'intermédiaire d'une pompe doseuse, soit dans la canalisation de refoulement, soit à l'aspiration des pompes et au moment où elles se mettent en route, l'apport d'un liquide n'entraînant pas de perturbation dans l'action de pompe. La dose théorique est de 2,85 g de peroxyde d'hydrogène par gramme de sulfure d'hydrogène exprimé en S<sup>2-</sup>, dose à doubler pour une utilisation pratique. Il convient de signaler les risques d'explosion liés à l'instabilité du produit à température élevée et les contraintes de stockage qui en résultent.

### Traitement au nitrate de calcium

Il agit par modification du potentiel d'oxydo-réduction, inhibition des bactéries sulfato-réductrices et stimulation du développement des bactéries oxydant les sulfures en sulfates.

### Traitements chimiques divers

L'injection de sel de fer a pour effet de précipiter les sulfures solubles :

- sulfate ferreux (10 g de sel par gramme de sulfure),
- chlorure ferrique (9 g de sel par gramme de sulfure),
- chlorosulfate ferrique (25 à 30 g de sel par gramme de sulfure),
- sulfate et nitrate ferrique (10 g de sel par gramme de sulfure).

Ces produits présentent l'inconvénient d'entraîner une acidification qui favorise le dégagement des composés soufrés non précipités. Leur injection doit donc se faire en prenant la précaution de les diluer afin d'éviter toute corrosion des ouvrages.

Un chaulage léger au cours du traitement primaire, entraînant une faible augmentation de pH, permet de limiter le dégagement de sulfure d'hydrogène.

#### Nota

L'injection de ces produits peut être commandée par un système de régulation automatique, à partir par exemple d'une mesure en continu du potentiel Redox et du pH ou de la concentration en sulfure effectuée en aval du poste d'injection.

## 6. Ventilation des ouvrages [6, 13 à 15]

### 6.1. Généralités

Les techniques utilisables pour supprimer les pollutions ont été évoquées au chapitre précédent. Ce chapitre présente les conditions de mise en œuvre d'une ventilation, soit locale avec dispositifs de captage, soit générale.

L'installation de ventilation existant dans une usine de dépollution fermée a trois fonctions majeures :

- Assainir l'atmosphère pour permettre l'accès et l'évolution des personnels. Cette fonction est l'objet principal de ce document. Elle est développée dans ce chapitre.

- Éviter les phénomènes de condensation, de corrosion et ainsi rendre l'usine normalement « confortable », et garantir une bonne conservation des ouvrages. Pour que cette fonction bénéficie d'un traitement satisfaisant, il y a lieu de déterminer le débit d'air de soufflage nécessaire au traitement de l'ambiance, et de ne pas se contenter d'un simple apport d'air compensant

la mise en dépression par extraction réalisée au niveau des zones polluantes. D'autres techniques que la ventilation sont utilisables pour atteindre ces objectifs (couvertures des bassins par plafond bas, isolation renforcée...).

- Amener l'air pollué à l'installation de désodorisation.

### Ventilation locale

Dans une installation de ventilation locale, le débit d'air à mettre en jeu dépend du type de dispositif de captage :

- Dans le cas d'un captage enveloppant, qui doit être choisi de façon préférentielle, le débit d'aspiration se calcule suivant la formule :

$$Q = AV_e \quad (1)$$

Q : débit d'aspiration (m<sup>3</sup>/h)

A : aire totale des ouvertures (m<sup>2</sup>)

V<sub>e</sub> : vitesse d'entrée de l'air au travers des ouvertures vers l'intérieur.

- Pour les dispositifs de captage inducteurs ou récepteurs, se reporter au guide pratique de ventilation n° 0 [6].

### Ventilation générale

Dans une installation de ventilation générale, le débit d'air à mettre en jeu peut être estimé par la formule :

$$Q = \frac{k.F}{C - C_0} \quad (2)$$

Q : débit de ventilation générale (m<sup>3</sup>/h) ;

F : débit d'émission de polluants, supposée régulière dans le temps (kg/s) ; l'application de cette formule nécessite impérativement que soit connu le débit d'émission de polluants F ;

C : concentration en polluants tolérée dans l'ambiance du local (kg/m<sup>3</sup>) ; la valeur à prendre en compte est basée sur la valeur limite (voir § 3.1.5). Il faut prendre la VLEP-8h lorsqu'elle existe ou la VLCT en l'absence de VLEP-8h ;

C<sub>0</sub> : concentration en polluants dans l'air neuf (en général C<sub>0</sub> = 0 ; c'est le cas lorsque la prise d'air est aérauliquement indépendante des rejets ou d'autres sources de pollution) ;

k (sans dimension) : compte tenu des phénomènes de diffusion, d'entraînement par les mouvements d'air et de dilution, les concentrations en polluants sont variables dans un local. Ce coefficient k, qui représente le rapport de la concentration dans la zone d'occupation humaine à la concentration moyenne, varie dans une large fourchette estimée habituellement de 3 à 10 [6]. Dans la mesure où les zones qui présentent un risque de dégagement important de gaz toxiques sont traitées efficacement par des dispositifs de captage localisé, il est possible de prendre une valeur faible de ce coefficient. Dans certaines réalisations de qualité, il a même été possible de retenir un coefficient de 1,5. En revanche, une installation inadaptée ou mal conçue, mettant en œuvre une simple extraction au niveau d'un local, va correspondre à un coefficient k de 10.

La formule (2) ne donne qu'une estimation de débit pour la ventilation générale. Le problème principal de l'assainissement de l'air d'une usine de dépollution concerne la conception de l'ensemble du système de ventilation qui doit prioritairement capter les polluants au plus près des sources de pollution et, à défaut, assurer leur dilution suffisante. L'ensemble du système de ventilation comprendra obligatoirement un réseau d'extraction, conçu pour limiter la dispersion des polluants, et un réseau d'apport d'air neuf et de compensation, conçu pour permettre le balayage efficace en air neuf des zones habituelles d'évolution du personnel.

Des outils informatiques permettent de calculer, avant la réalisation d'une installation, les performances des systèmes de ventilation [22]. À partir de la position des diffuseurs ou capteurs d'air et de leur débit, le modèle calcule, en tout point du local, les vitesses d'air et les concentrations résultantes en polluants. Il permet l'optimisation de la diffusion d'air en jouant sur une gamme plus large de paramètres que le débit total. On peut ainsi tenir compte de la position des diffuseurs, de leur nombre et de leurs débits respectifs, des vitesses de soufflage...

L'objectif à atteindre est dans tous les cas le maintien de la salubrité dans l'usine de dépollution et ses annexes.

Le taux de renouvellement horaire  $R(h^{-1})$  est donné par la formule suivante :

$$R = \frac{Q}{V} \quad (3)$$

Q : débit de ventilation ( $m^3/h$ ),  
V : volume du local ( $m^3$ ).

Ce taux n'intervient pas dans le calcul du débit de ventilation générale (en régime permanent). L'utilisation d'une valeur de taux de renouvellement comme critère de ventilation est donc sans justification. Elle peut même être dangereuse puisqu'elle peut conduire, pour une même source de pollution, à des débits de ventilation différents selon le volume du local, et donc à des niveaux de concentration en polluants différents.

En présence de plusieurs polluants, il faut effectuer le calcul pour chaque polluant et retenir le débit le plus élevé.

## 6.2. Mise en œuvre de la ventilation

Dans un tel ouvrage, la pollution de l'air va varier fortement en fonction de la zone considérée. Ainsi, à l'arrivée des effluents dans l'usine, il faut craindre à la fois des émissions massives de sulfure d'hydrogène, et des dégagements accidentels provenant de déversements sauvages d'hydrocarbures ou de solvants industriels.

Ceci amène à envisager une différenciation du type de ventilation, en fonction de la zone considérée.

### 6.2.1. Zones à risque

Dans les zones à risque de dégagement de gaz toxiques et/ou explosifs, on confinera la zone pour rendre le captage du ou des polluants le plus sûr possible. De plus, des procédures d'intervention spécifiques à ces postes de travail seront établies avec précision.

Pour maîtriser le mieux possible les émissions de polluants, il convient

de favoriser leur dégagement en des points précis de l'installation par des dispositions constructives particulières de l'ouvrage, et de mettre en place, pour ces postes, un confinement qui doit être adapté aux opérations à effectuer et un dispositif de ventilation qui sera de type captage localisé.

Ce principe doit être appliqué plus particulièrement en tête de station où les effluents bruts arrivent avec des taux de sulfure d'hydrogène dissous importants et variables dans le temps (voir § 6.3.1).

Le dégagement provoqué des polluants (principalement le sulfure d'hydrogène) permet de limiter les dégagements de gaz toxiques dans les ouvrages ou bassins situés immédiatement en aval.

### 6.2.2. Zones à faible émission de polluants

Dans les zones reconnues à faible émission de polluants en marche normale, on prévoit généralement une ventilation générale ; cette ventilation peut cependant s'avérer insuffisante pour garantir la salubrité à tout moment et en tout point de l'installation, surtout si celle-ci est très étendue.

## 6.3. Préconisations par type d'ouvrage

### 6.3.1. Arrivée des effluents

L'arrivée des effluents s'effectue par un canal ou un puits suivi d'une installation de relevage par pompes et/ou vis. Ces effluents peuvent être complétés par le recyclage en tête de l'usine des jus de traitement des boues. Des eaux de vidange amenées par camions-citernes peuvent être également introduites en tête de station.

On réalisera, en tête de l'usine, un ouvrage fermé normalement inaccessible tel qu'une chambre d'arrivée, une fosse de pompage... Cet ouvrage sera muni d'un système redondant de détection permettant de signaler immédiatement la présence de vapeurs toxiques ou inflammables dans l'effluent.

Cet ouvrage doit être ventilé. En marche normale, l'air extrait est dirigé vers l'installation de désodorisation. Lorsqu'une atmosphère explosive est décelée, un réseau de rejet direct, dont les équipements sont utilisables en atmosphère explosive, évacuera l'air extrait. Ceci permet d'éviter d'équiper l'ensemble du réseau général de ventilation et les équipements du local en matériels utilisables en atmosphère explosive.

Lorsqu'une pollution de l'effluent par un produit inflammable est décelée, les mesures suivantes doivent être appliquées immédiatement :

- interdiction des accès aux zones dangereuses. Les travaux non indispensables à l'exploitation doivent être arrêtés ;
- mise en route du rejet direct de l'air pollué ;
- application des procédures particulières préalablement établies.

Dans tous les cas, on réalisera un confinement (couverture du canal, parois pleines et vitrées encoffrant le puits et le relevage) de cette zone de captage des polluants chimiques toxiques avec extraction mécanique garantissant la mise en dépression du volume, sans zone morte.

#### Remarque

Pour prendre en compte l'arrivée d'un volume exceptionnel d'effluent (en cas d'orage par exemple), des bassins tampons peuvent être créés. Lorsque ces bassins sont couverts, une ventilation générale est nécessaire.

Le dégazage des polluants chimiques toxiques dissous dans les effluents sera favorisé par brassage mécanique (arrivée des effluents en cascade dans le puits, relevage par vis, injection d'air...), par mise partielle sous vide ou par traitement chimique.

### 6.3.2. Prétraitement

Le prétraitement comporte les installations suivantes : dégrilleur, benne de refus de dégrillage, dessableur, dégraisseur.

Ces zones seront à traiter par une ventilation locale à chaque poste de traitement au poste de travail. On s'attachera à assurer l'efficacité du captage par extraction mécanique. Pour cela, on prévoira partout où cela est possible, des capotages (dessablage, déshuilage, chenaux d'écoulement des effluents) ou des parois de confinement partiellement vitrées (dégrillage).

Il peut se faire que le dégrilleur soit la zone privilégiée de dégagement en polluants chimiques toxiques. C'est par exemple le cas lorsque l'effluent arrive dans le puits par le bas (fonctionnement en siphon) et que le relevage le brasse peu. Dans ce cas, sa ventilation devra être renforcée.

Il faut mesurer, dans tous les cas, les concentrations de sulfure d'hydrogène dans l'air dans les zones accessibles au personnel et comparer les valeurs trouvées à un seuil d'alerte [7].

Si le seuil d'alerte est dépassé, il doit en résulter :

- une interdiction des accès aux zones dangereuses. Les travaux non indispensables à l'exploitation doivent être arrêtés. Les interventions doivent se faire impérativement par des procédures particulières ;
- une action sur le dégazage ou sur le traitement initial de l'effluent ;
- une action sur la ventilation.

#### Remarque

Après le prétraitement, la mesure de la teneur en sulfure d'hydrogène dissous dans l'effluent serait un moyen intéressant pour évaluer les risques au cours des opérations suivantes de traitement, dans la mesure où il existe des détecteurs offrant une fiabilité satisfaisante. Il convient de suivre l'évolution de la métrologie dans ce domaine pour pouvoir adopter, le plus tôt possible, ce type de détecteur.

### 6.3.3. Bassin de décantation primaire (simple ou lamellaire)

À ce niveau du traitement, le dégagement de sulfure d'hydrogène en

grande quantité dans les conditions normales n'est plus à craindre. Une ventilation générale convient.

Cependant, un dysfonctionnement de l'installation peut entraîner un dégagement intempestif, en particulier lors de la remise en service d'une portion de conduite inutilisée depuis longtemps et dans laquelle l'effluent ou des boues ont séjourné. Le soufflage d'air devra être réalisé d'une manière privilégiée au-dessus des voies de circulation ou des zones d'évolution des personnes.

### 6.3.4. Transferts

Un transfert de l'effluent vers l'installation suivante peut être l'occasion de provoquer le dégagement de l'hydrogène sulfuré dissous grâce à une cascade, un brassage, une injection d'air... On y associera si possible un captage localisé maintenu en dépression par le réseau d'extraction mécanique.

### 6.3.5. Traitements biologiques [19]

Il s'agit principalement de traitements par boues activées ou par biomasse fixée (lit bactérien et biofiltre).

Le dégagement en hydrogène sulfuré en fonctionnement normal y est peu probable et une ventilation générale peut suffire. Cette ventilation générale doit tenir compte des émissions éventuelles consécutives à un dysfonctionnement du procédé (formation de mousse...).

Au niveau du clarificateur, le dégagement en sulfure d'hydrogène est peu probable ; aussi, pour des ouvrages couverts, une ventilation générale peut suffire.

### 6.3.6. Traitements des boues

Le procédé habituel est la concentration mécanique par presse, filtre à bande ou centrifugeuse, puis le transfert par pompe ou vis jusqu'à des bennes de stockage.

Si le risque de présence de sulfure d'hydrogène au-delà des valeurs limites est certain, il n'est pas le seul en fonction du procédé retenu. Par

exemple, on peut avoir un dégagement d'ammoniac au cours du chaulage.

Avec les filtres à bande, le risque bactériologique peut également être présent, du fait de l'émission de brouillard ou d'aérosols en plus ou moins grande quantité selon la conception du filtre.

On privilégiera, à la conception, le choix d'appareils capotés et on palliera les insuffisances par des capots étanches, des cabines, des parois fixes ou mobiles vitrées ou non. L'installation de ventilation devra être capable de mettre en dépression par extraction mécanique les zones non protégées : centrifugeuses ou presses, dispositifs de transfert sans capot étanche, filtres à bande, bennes, même s'il est recommandé de prévoir des bennes couvertes.

À la conception de l'ouvrage, on s'attachera à prévoir des locaux ventilés différents pour implanter d'une part l'installation de déshydratation et d'autre part les bennes de stockage.

### 6.3.7. Concentrateur, digesteur, ouvrage de stockage des boues

Il existe des risques importants de dégagement de sulfure d'hydrogène au niveau des concentrateurs pouvant conduire à des concentrations élevées.

Il faut craindre également le risque d'explosion, lié à la présence de gaz tels que le méthane, ainsi que le risque d'appauvrissement en oxygène qui peut provenir à la fois du dégagement de dioxyde de carbone et de la consommation de l'oxygène de l'air.

L'accès dans ces installations, pour les travaux de maintenance, devra se faire selon des procédures pré-établies qui feront référence aux conditions de contrôle de l'ambiance.

## 6.4. Réalisation

L'installation de ventilation comprendra un ou plusieurs ensembles composés de :

- un captage localisé de chaque zone polluée avec de préférence la mise en place d'un encoffrement ;
- un réseau de gaines d'extraction ;

- un ensemble mécanique d'extraction, complété généralement d'un dispositif de désodorisation ;

- une introduction mécanique d'air extérieur filtré et chauffé ;

- un réseau de gaines de soufflage.

Le principe à retenir est d'effectuer l'extraction de l'air au niveau des zones polluées, de souffler l'air de compensation traité au niveau des zones d'évolution des personnes, en s'assurant qu'une diffusion satisfaisante est créée sans zone morte.

Le débit d'air doit être calculé pour assurer le captage ou la dilution des polluants et le maintien en dépression des zones polluées, selon les préconisations ci-avant.

Les règles à utiliser pour le calcul des débits sont les suivantes :

- Pour les zones à risque de dégagement de gaz toxiques et/ou explosifs :

- traiter impérativement par des dispositifs de captage localisé (hottes, encoffrements...);

- assurer une vitesse minimale de 0,5 m/s à travers les surfaces libres non capotées.

- Pour les zones peu polluées :

- traiter par ventilation générale (décanteurs primaires...);

- choisir selon le cas l'une des deux solutions suivantes :

- 1° lorsque le débit d'émission de polluants est connu, appliquer dans ce cas la formule rappelée au § 6.1 ;

- 2° lorsque le débit d'émission n'est pas connu, prendre un débit d'extraction de 30 m<sup>3</sup>/h par m<sup>2</sup> de plan d'eau.

L'introduction d'air doit se faire dans la zone d'évolution des personnes en maintenant une vitesse d'air d'au moins 0,2 m/s. Il convient pour cela d'optimiser la diffusion du soufflage d'air.

Les débits de soufflage et d'extraction seront ajustés de façon à maintenir une légère dépression dans le local ventilé.

Les ventilateurs de soufflage et d'extraction doivent être mutuellement asservis.

Il est parfois souhaitable de réaliser une ventilation à deux vitesses (ou vi-

tesse variable) pour tenir compte, par exemple, des variations stables d'utilisation des installations (température estivale élevée, mise en route périodique, lieux touristiques...) ou d'une émission importante qui peut, en particulier, se produire en cas de dysfonctionnement prolongé entraînant un temps de séjour de l'effluent anormal.

Ceci permet d'avoir en toutes circonstances un débit de ventilation en petite vitesse et, lors de la mise en marche par exemple d'un procédé polluant, de doubler le débit de ventilation sur la zone polluée en passant en grande vitesse. On veillera cependant à temporiser le retour en petite vitesse, après arrêt de fonctionnement du procédé polluant.

Les équipements de ventilation génèrent des nuisances sonores qui peuvent être importantes. Il convient donc de sélectionner les appareils les plus silencieux possibles en les surdimensionnant au besoin pour éviter l'installation de pièges à son ou de revêtements phoniques. La matière absorbante des éventuels équipements additionnels doit être protégée des développements bactériens dans les zones où ceux-ci sont à craindre. Les équipements doivent alors être protégés, par exemple par une enveloppe étanche (polyuréthane...) pouvant être facilement nettoyée.

## 7. Techniques de traitement de l'air avant rejet

### 7.1. Absorption gaz-liquide

Les polluants sont éliminés par lavage de l'air à contre-courant. Il est possible de ne réaliser qu'une simple dissolution de ceux-ci, mais généralement il est fait appel à des solutions réactives pour les neutraliser :

- solutions acides (acide sulfurique) pour les polluants gazeux azotés (ammoniac, amines) ;

- solutions oxydantes pour les polluants soufrés réduits (sulfure d'hydrogène, mercaptans) ;
- solutions basiques (soude caustique) pour les polluants soufrés ou organiques autres que les composés azotés (aldéhydes, acides, cétones) ;
- solutions réductrices (thiosulfate de sodium) pour les traces de composés oxydants résiduels.

## 7.2. Adsorption sur support solide

Les polluants gazeux sont retenus à l'interface solide-gaz. Les principaux adsorbants utilisés sont le charbon actif, les résines synthétiques... En présence de sulfure d'hydrogène ou d'ammoniac, il est nécessaire d'utiliser un charbon imprégné respectivement d'un aldéhyde ou d'un acide organique.

Après saturation, le charbon est régénéré thermiquement.

Ce procédé est réservé aux faibles débits (1 000 à 2 000 m<sup>3</sup>/h), mais il est possible de limiter le traitement aux gaz issus d'une partie de la station, par exemple la zone des épaisseurs à boues.

## 7.3. Traitement biologique

Les polluants à éliminer sont piégés par adsorption sur un support. Ils sont alors dégradés en CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O par des bactéries que l'on fait se développer à l'intérieur de ce support grâce à un complément nutritif. Il peut se former également des oxydes de soufre (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>) et de l'acide sulfurique parfois en quantité importante, nécessitant une protection des ouvrages contre la corrosion.

## 8. Essais de garantie

Il est fortement recommandé de prévoir dans les cahiers des clauses

techniques particulières (CCTP), les essais de garantie concernant les performances de la ventilation et les concentrations maximales tolérables en polluants dans les locaux. L'existence de telles garanties est particulièrement importante pour l'exploitant de l'usine de dépollution qui a la responsabilité de garantir la santé et la sécurité des personnes travaillant ou intervenant sur le site.

Pour que le CCTP puisse inclure une obligation de résultat, pour les concentrations maximales tolérables en polluants dans les locaux, il est important que le constructeur de l'usine reçoive du maître d'ouvrage toutes les informations nécessaires (débit d'eau, charge en matière organique de celle-ci...) et ait la maîtrise de la conception des systèmes de ventilation et du choix des débits d'air qui seront mis en œuvre.

L'annexe 3 fournit une aide à la rédaction des CCTP des essais de garantie à l'attention de tous les acteurs de la filière du traitement des eaux résiduaires (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, exploitants...).

## 9. Exploitation, entretien et vérifications périodiques [9 à 11, 24]

Les mesures de prévention technique, et en particulier la ventilation, ne peuvent être valablement mises en œuvre que si leur efficacité est périodiquement vérifiée et si elles sont associées à des bonnes pratiques d'exploitation.

Il est donc important de rappeler les règles générales à suivre et de se reporter à la documentation existante [20 à 22].

### 9.1. Généralités [16, 17]

L'étude des contraintes et spécificités d'exploitation est un des éléments

essentiels à prendre en compte dès la conception de ces ouvrages [12].

La réception des ouvrages, qui doit être réalisée lors de la mise en service, permet de vérifier la validité des mesures définies sur plan. Elle doit donner lieu à des documents écrits.

## 9.2. Réception des ouvrages

### 9.2.1. Notice de conduite et d'entretien

Tous les équipements doivent être accompagnés des différentes notices les concernant. Elles décrivent les opérations d'entretien et de maintenance, et les préconisations de conduite d'utilisation garantissant le fonctionnement prévu par le constructeur.

Pour certains équipements, la réglementation définit le contenu minimum de ces notices. C'est le cas des installations de ventilation pour lesquelles il y a lieu de connaître, en particulier, les débits d'air prévus. Ceux-ci doivent être indiqués sur le schéma général de l'installation de ventilation (*voir § 8*).

### 9.2.2. Essais de manutention, d'accessibilité

Il est nécessaire, à la réception, de vérifier :

- la correcte accessibilité des installations nécessitant un entretien,
- la possibilité de manutentionner les nombreux équipements parfois installés dans des endroits d'accès difficile.

### 9.2.3. Installations électriques, machines et équipements similaires [23]

On contrôlera, avec l'organisme vérificateur, la compatibilité entre le matériel électrique installé et l'utilisation des locaux, du fait principalement du risque d'explosion et de la présence d'eau.

Les machines et équipements de travail devront respecter la réglementation et la normalisation et, en cas de difficultés, il y a lieu de les faire

examiner avant mise en service par un organisme qualifié.

### 9.3. Protection acoustique [13]

Certains équipements (production et utilisation d'air comprimé, moteurs thermiques, pompes...) génèrent une nuisance sonore importante soit vis-à-vis de l'environnement, du voisinage, soit vis-à-vis des postes de travail situés à proximité, qu'il faut diminuer pour au moins respecter les exigences réglementaires.

Lors de la réception des locaux, il y a lieu de mesurer les niveaux sonores existants, de vérifier la correcte prise en compte des principes énoncés ci-avant et d'établir les procédures d'intervention en conséquence.

Dans les locaux techniques, où le personnel n'a pas à séjourner, il peut être admis de fournir des protections individuelles, sachant que la meilleure protection consiste, quand cela est possible, à arrêter le fonctionnement des appareils bruyants pendant la présence occasionnelle des salariés.

## 9.4. Exploitation des ouvrages

### 9.4.1. Généralités

La prévention des risques majeurs (risque infectieux, risque d'asphyxie, risque de chute, risque électrique, risque d'explosion) ne peut s'effectuer efficacement qu'en associant des règles d'exploitation strictes aux dispositions constructives et aux équipements mis en place (dispositifs de ventilation en particulier).

Les zones à haut risque seront isolées par conception (accès réservé) et équipées d'un dispositif de captage à la source des polluants. Leur accès s'effectuera en suivant des procédures particulières.

Les zones d'évolution des salariés seront traitées par insufflation d'air neuf. Ces zones seront normalement accessibles.

Les opérations de conduite ou de contrôle se font depuis les zones d'évolution (nécessité d'y reporter les voyants, commandes...) selon des procédures écrites.

### 9.4.2. Installation de détection (voir annexe 1)

Compte tenu du risque important dû à la présence possible de sulfure d'hydrogène, on prévoira une détection fixe pour au moins les trois zones les plus critiques (arrivée des effluents, dégrilleur, déshydratation des boues).

Le dépassement du seuil retenu déclenchera une alarme sonore et lumineuse à l'entrée du local avec report éventuel à distance en salle de contrôle et au-delà. Il devra interdire l'accès à la zone concernée par un asservissement condamnant l'ouverture de la porte depuis l'extérieur.

En cas d'absence de salarié sur le site, pour éviter les inconvénients d'un déclenchement de l'alarme pour le voisinage (et pour le personnel d'astreinte), la mise en service de cet équipement pourra être subordonnée à la présence des salariés sur le site en l'asservissant à l'ouverture d'une porte par exemple, sous réserve que ce passage soit rendu obligatoire matériellement.

Lorsque des travaux de maintenance nécessitent d'intervenir dans une zone non pourvu d'une installation de détection à demeure ou si celle-ci est insuffisante, l'utilisation d'un appareil portable est indispensable.

Il convient d'assurer également la vérification périodique des détecteurs.

# Annexe 1

## Appareils de détection

Dans les ouvrages d'assainissement fermés, il est nécessaire de prévoir une installation de détection des gaz pouvant présenter un risque majeur pour les intervenants.

Cette détection concerne :

- le sulfure d'hydrogène,
- le risque d'explosion (lié à la présence de méthane ou au déversement d'hydrocarbures).

### Nota

La liste où de telles zones sont à craindre doit être établie dès la conception et validée périodiquement. Ceci est nécessaire en particulier pour évaluer *a priori* les risques, mais aussi pour vérifier la bonne sélection des matériels électriques présents.

## Exemples de réalisation

### 1. Détection associée à une ventilation particulière

L'usine de dépollution est équipée d'un dispositif de détection à l'arrivée de la station (relevage). De plus, des détecteurs sont également mis en place aux postes de relevage sur le réseau.

En cas de détection du risque d'explosion, l'installation de ventilation générale est arrêtée et une ventilation particulière, adaptée à ce risque, se met en route. Cette installation à demeure, reliée à des capteurs fixes, doit déclencher certaines actions : alarmes, arrêt ou mise en route de la ventilation, contrôle d'accès.

En cas d'alarme, l'alimentation électrique sur la zone d'entrée de l'usine est arrêtée ainsi que sur les postes de relevage sur réseau. Le débit

d'extraction passe de 11 000 m<sup>3</sup>/h à 22 500 m<sup>3</sup>/h. Cette ventilation renforcée est maintenue 15 à 30 minutes après disparition du risque. La remise en route est effectuée après vérification de la disparition du risque.

Les installations de sûreté limitées à l'arrivée de l'usine ont l'avantage d'une part, de contrôler l'arrivée des effluents dangereux et d'autre part, d'éviter d'avoir à équiper l'ensemble de l'ouvrage en matériels adaptés au risque d'explosion.

### 2. Détection associée à des procédures d'accès particulières

Il s'agit d'un local de confinement équipé (figure 1).

### Nota

Tout le matériel de sûreté est de type utilisable en atmosphère explosive.

Ce local de confinement est équipé d'un détecteur de méthane et d'un détecteur de sulfure d'hydrogène.

L'opérateur appelé à y pénétrer doit être impérativement équipé d'un détecteur

portable. L'accès dans ce local se fait de la façon suivante :

#### Avant de pénétrer

Il faut tester le fonctionnement du gyrophare, du klaxon et des voyants (rouge et vert). Si le voyant rouge est allumé et/ou le gyrophare et le klaxon sont actifs, il y a interdiction d'accès. Dans le cas contraire, pour entrer il faut déverrouiller avec la clef la serrure à gâche électrique. Ceci met en service le gyrophare et le klaxon et active la télésurveillance de l'atmosphère et le contrôle par un poste central à distance.

#### Avant de sortir

Il faut refermer la serrure à clef, ce qui met hors service le gyrophare, le klaxon et la télétransmission ; mais le hublot rouge et le voyant vert sont toujours actifs.

En présence d'un dégagement suspecté (sulfure d'hydrogène ou méthane), dès que le seuil fixé est atteint, l'alerte est déclenchée et les signalisations lumineuse et sonore sont activées.

Pour les dégagements de méthane, un deuxième seuil déclenche l'arrêt des installations électriques de la zone concernée et met en route les installations utilisables en atmosphère explosive prévues à cet effet, jusqu'au retour à une situation durablement normale.

La ventilation mécanique, qui est généralement associée à la détection, n'a pas été détaillée dans cet exemple et n'est pas non plus représentée sur le schéma.

Ce type d'équipement peut également être installé dans les locaux où le risque de dégagement de sulfure d'hydrogène est suspecté, tels que ceux abritant les décanteurs lamellaires et les salles de bennes à boues.

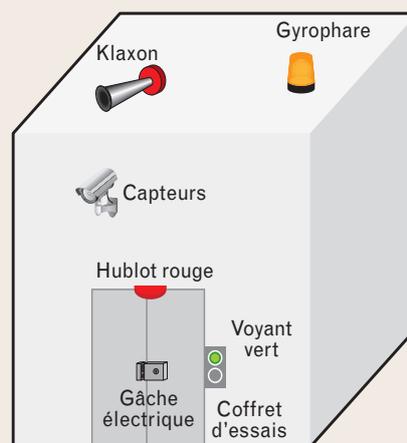


Figure 1. Schéma de l'installation

# Annexe 2

## Stockage des boues et risque d'explosion

Du fait de conditions particulières (temps de séjour, ensoleillement...), le stockage des boues peut être le siège d'une fermentation biologique qui s'accompagne d'un dégagement de gaz (méthane, H<sub>2</sub>S...) susceptible de déclencher une explosion.

L'analyse et l'évaluation des risques, préalables à tout travail de maintenance, devra tenir compte de ce phénomène et adapter les procédures d'intervention et les moyens techniques à mettre en œuvre.

Cette réflexion examinera principalement :

- la ventilation du stockage ;
- les moyens de détection du risque incendie/explosion ;
- les sources possibles d'inflammation ;
- les procédures de permis de feu ;
- la présence de liaisons équipotentielles et de mises à la terre ;
- l'adéquation des matériels électriques ;
- l'inertage du stockage...

## Annexe 3

# Essais de garantie des usines de dépollution des eaux résiduaires urbaines : aide à la rédaction des CCTP pour les mesures de concentration des polluants dans l'air des locaux de travail et des paramètres de ventilation

Les espaces confinés au sens de la brochure ED 6026 [25] sont exclus du périmètre de cette annexe.

La présente annexe a pour objectif de fournir des repères à intégrer dans les cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) pour les essais de garantie des stations de traitement des eaux résiduaires, afin de mieux apprécier les performances des installations de traitement de l'air des locaux de travail, eu égard à la santé des travailleurs.

### Essais de garantie pour vérifier les exigences du CCTP relatives à la qualité de l'air

Avant tout mesurage, une inspection devra être réalisée par le constructeur afin de déterminer si les règles de conception et d'installation des équipements de prévention des risques sont respectées (ex. sens de rotation des ventilateurs, présence des filtres spécifiques dans les cabines d'engins, niveaux de surpression des cabines, éloignement des prises d'air neuf et, par rapport aux rejets, accessibilité aux points de mesurage des paramètres de ventilation...).

#### 1. Concentration en polluants gazeux et particuliers dans les locaux

L'objectif recommandé est de maintenir les concentrations ambiantes des principaux agents chimiques dangereux dans les locaux en dessous des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

L'essai de garantie proposé permet d'estimer, en première approche, si l'exposition des salariés ayant à intervenir au cours de leur journée de travail dans un ou plusieurs locaux de l'installation restera en dessous des VLEP.

Il est également rappelé qu'une telle exigence dans le CCTP ne fait pas obstacle à la responsabilité de l'exploitant à l'égard de la santé et de la sécurité des travailleurs qu'il emploie.

#### 1.1. Stratégie de mesurage

La stratégie de mesurage précise les locaux concernés, le nombre et la localisation des points de prélèvement d'ambiance (variable en fonction de la dimension, de la configuration spatiale des locaux et de l'implantation des équipements) ainsi que la nature des polluants à mesurer pour chacun des locaux concernés.

Elle dépend des spécificités de l'usine et des habitudes de l'exploitant. Elle sera établie par le rédacteur du CCTP des essais de garantie (sous l'autorité du maître d'ouvrage), en concertation avec le constructeur et, si possible, avec l'exploitant des ouvrages concernés.

La stratégie de mesurage prend en compte la variabilité des situations opérationnelles courantes (telles que le débatissage d'un filtre presse, le nettoyage d'un dégrilleur, le lavage des locaux et des équipements...), de façon à évaluer le mieux possible les concentrations des polluants gazeux et particuliers dans l'air des locaux de travail. Il est rappelé que la concentration des polluants dans les locaux peut varier d'une façon importante d'un jour à l'autre en fonction de l'activité et des conditions ambiantes (température, vent...). Des mesurages effectués sur une seule journée ne permettront pas de garantir le non dépassement des seuils fixés en toutes circonstances de fonctionnement normal de l'usine.

Les prélèvements d'ambiance sont effectués à hauteur des voies respiratoires et pendant le fonctionnement normal des installations.

Pour pouvoir être comparées aux VLEP-8h, chaque prélèvement sera effectué sur une durée d'au moins 6 heures. Pour les mesures destinées à être comparées à des VLCT, au moins 2 prélèvements de 15 minutes seront réalisés durant les phases de travail les plus polluantes.

Les locaux concernés sont les locaux de travail à pollution spécifique. Il s'agit notamment :

- du prétraitement des effluents (dégrillage, dessablage, dégraissage) ;
- du prétraitement des sables et des matières de curage ;
- du prétraitement des sous-produits (traitement des graisses, prétraitement des refus de dégrillage) ;
- du traitement des boues (dans le cas des serres solaires les points de prélèvement se situent dans la cabine de la chargeuse) ;
- du stockage (boues, réactifs...) ;
- de la salle de désodorisation ;
- du laboratoire d'analyse.

Sur une usine de dépollution des eaux résiduaires, les polluants gazeux et particuliers principalement visés par les mesures sont :

- les composés soufrés : hydrogène sulfuré, méthylmercaptan ;
- les composés azotés : ammoniac ;
- la chaux ;
- les poussières (notamment en cas de séchage thermique...).

Avant le début des prélèvements, une réunion préparatoire est organisée à l'initiative du rédacteur du CCTP des essais de garantie dans le but de finaliser la stratégie de mesurage en concertation avec le prestataire des essais de garantie, le constructeur et l'exploitant de la station d'épuration.

## 1.2. Analyse des résultats

L'analyse des résultats a pour objectif de vérifier que les résultats des mesures sont inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) en vigueur. Celles-ci sont définies dans le code du travail (articles R. 4412-149 et R. 4412-150 et circulaires pour les VLEP non réglementaires). Le guide INRS ED 984 [3] disponible sur le site de l'INRS rassemble toutes les VLEP en vigueur en France.

Les VLEP des principaux agents chimiques présents en dépollution des eaux résiduaires, ainsi que les méthodes analytiques permettant de contrôler leur respect, sont données à

titre indicatif dans le tableau suivant. Ces informations devront être mises à jour en fonction des évolutions de la réglementation et de la technique.

## 2. Vérification de la performance de la ventilation

### 2.1. Les protocoles de mesures

Ces mesures ont pour objectif de vérifier la conformité de l'installation par rapport aux spécifications du marché de travaux, en particulier aux valeurs de références figurant dans le dossier d'installation établi par le constructeur (tel que défini dans le guide pratique de ventilation n° 10 [26] et l'aide mémoire juridique TJ 5 [14]).

Avant de démarrer les essais de garantie sur l'installation de ventilation, le prestataire retenu devra soumettre pour accord au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre le protocole et les méthodes des mesures envisagés.

### 2.2. Les paramètres à contrôler sur les dispositifs de captage localisé

Sur chaque dispositif de captage, le prestataire des essais de garantie effectuera :

- Des tests au fumigène de façon à vérifier que les flux d'air sont dirigés de la source vers les extractions sans passer dans le voisinage des voies respiratoires des opérateurs.

TABLEAU I

Polluants	Numéro Cas	Fiche toxicologique	Valeurs limites en vigueur <sup>(1)</sup>			Support de prélèvement	Méthode d'analyse	Référence méthode
			Réglementaire	VLEP-8h (mg/m <sup>3</sup> )	VLCT (mg/m <sup>3</sup> )			
Hydrogène sulfuré	7783-06-4	FT 32	réglementaire contraignante	7	14	Support imprégné d'acétate de cadmium	colorimétrie	METROPOL fiche 014
						Sac	GC – détecteur catharométrique	-
Méthylmercaptan	74-93-1	FT 190	indicative non réglementaire	1	-	Sac	GC – détecteur catharométrique	-
Ammoniac	7664-41-7	FT 16	réglementaire contraignante	7	14	filtre imprégné d'acide sulfurique	CI ou électrode spécifique ou électrophorèse capillaire	METROPOL fiche 013
Poussières inhalables sans effet spécifique	-	-	réglementaire (art 4222-10)	10	-	Filtre en quartz ou verre	gravimétrie	METROPOL fiche 002
Chaux vive (oxyde de calcium)	1305-78-8	néant	indicative non réglementaire	2	-	Filtre en quartz ou verre	gravimétrie	METROPOL fiche 002
Chaux éteinte (hydroxyde de calcium)	1305-62-0	néant	indicative non réglementaire	5	-	Filtre en quartz ou verre	gravimétrie	METROPOL fiche 002

(1) À la date de l'édition du document. Valeurs à mettre à jour en fonction des évolutions réglementaires

## LÉGENDE

### Réglementation

Réglementaire contraignante : valeurs limites réglementaires contraignantes (article R. 4412-149 du code du travail).

Réglementaire indicative : valeurs limites réglementaires indicatives (arrêté modifié du 30/06/2004).

Indicative non réglementaire : valeurs limites fixées par circulaire.

Réglementaire (article R. 4222-10) : valeurs limites réglementaires pour les poussières réputées sans effet spécifique.

### Méthode d'analyse

HPLC : chromatographie liquide haute performance

GC : chromatographie en phase gazeuse

CI : chromatographie ionique

FID : détecteur ionisation de flamme

MS : détecteur spectrométrie de masse

Ces méthodes sont indiquées à titre indicatif. D'autres méthodes peuvent être utilisées mais il est vivement déconseillé d'utiliser des méthodes par colorimétrie directe ou par prélèvement passif.

- Des mesures de vitesse d'air au droit des ouvertures ou dans la zone d'émission des polluants afin de vérifier qu'elles sont supérieures à 0,50 m/s.
- Des mesures de vitesse d'air dans les conduits d'extraction afin de pouvoir calculer les débits de ventilation mis en œuvre.
- Des mesures de pression statique en des points caractéristiques de l'installation définis dans le dossier des valeurs de référence. Ainsi l'exploitant pourra suivre dans le temps l'évolution des performances (contrôles annuels réglementaires) de l'installation.

### **2.3. Les paramètres à contrôler sur l'installation de ventilation générale**

Le prestataire des essais de garantie effectuera sur l'installation générale de ventilation :

- Pour chaque local, la mesure du débit total d'air extrait et d'air neuf (cas de compensation mécanique).
- La vérification de l'homogénéité des débits d'air soufflé et extrait de chaque branche du réseau d'air. Dans le cas de branches de grande longueur comportant plusieurs bouches d'air dans un même local, les mesures seront faites en au moins 3 points répartis sur la longueur de la branche.
- Le contrôle de l'éloignement des points de prise d'air neuf par rapport aux points de rejet d'air pollué (à l'extérieur du local).
- Des mesures de pression statique en des points caractéristiques de l'installation définis dans le dossier des valeurs de référence. Ainsi l'exploitant pourra suivre dans le temps l'évolution des performances de l'installation (contrôles annuels réglementaires).

Il conviendra également de réaliser la vérification de la centrale de traitement de l'air (débit, état des filtres). Les mesures seront effectuées aux mêmes points que ceux utilisés par l'installateur de l'équipement de ventilation lors de ses vérifications, portes fermées et selon les dispositions prévues dans la norme ISO 10780 [27]. Il est judicieux de numéroter ces points directement au niveau des orifices prévus sur les gaines et sur un schéma afin d'avoir les mêmes références.

Pour les locaux fortement pollués il sera vérifié, par des tests aux fumigènes, que l'air vicié ne migre pas vers les locaux moins pollués. Des méthodes alternatives pourront être utilisées (telles que la mesure avec un manomètre différentiel).

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel*. INRS, Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et sécurité du travail, ND 2221, 2005.
- [2] *Stratégie d'évaluation de l'exposition et comparaison aux valeurs limites*. Fiche MétroPol A1. Base de données METROPOL sur site web [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr).
- [3] *Valeurs limites d'exposition professionnelles aux agents chimiques en France*. INRS, coll. « Aide mémoire technique », ED 984, 19 p., 2012.
- [4] *Station d'épuration des eaux usées. Prévention des risques biologiques*. ED 6152, 2013.
- [5] Bocquet P, Derville A, Sennelier Y – *Lutte contre la formation d'hydrogène sulfuré dans les réseaux d'assainissement*. Technicien des Services Municipaux, 11 p., 1992.
- [6] *Principes généraux de ventilation*. INRS, coll. « Guide pratique de ventilation ». ED 695, 36 p., 1996.
- [7] *Détecteurs portables de gaz et de vapeurs. Guide de bonnes pratiques pour le choix, l'utilisation et la vérification*. ED 6088, 2011
- [8] *Fiches toxicologiques*. Disponibles sur le site internet : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)
- [9] *Stations d'épuration*. Annexe au cahier des clauses techniques particulières. Juin 1994, CRAM de Bretagne, 31 p.
- [10] *Interventions d'entreprises extérieures*. INRS, coll. « Aide mémoire technique », ED 941, 84 p., 2011.
- [11] *Conception des usines d'épuration des eaux résiduaires*. INRS, ED 968, 67 p., 2009.
- [12] *Conception des lieux de travail*. INRS, ED 950, 84 p.
- [13] *Ventilation des espaces confinés*. INRS, coll. « Guide pratique de ventilation ». ED 703, 14 p., 2010.
- [14] *Aération et assainissement des lieux de travail*. INRS, coll. « Aide mémoire juridique », T J 5, 36 p., 2007.
- [15] *Risques d'intoxication présentés par l'hydrogène sulfuré*. Recommandation de la CNAMTS R 420, 2005.
- [16] *Prévention des risques en station de traitement biologique des eaux usées*. Recommandation de la CNAMTS R 455, 2011.
- [17] *Cuves et réservoirs. Interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des équipements fixes utilisés pour contenir ou véhiculer des produits gazeux, liquides ou solides*. Recommandation de la CNAMTS R 435, 2008.
- [18] *Le bruit en milieu de travail*. INRS, coll. « Aide mémoire juridique », T J 16, 26 p., 2007.
- [19] NF X 42-300 - Biotechnologies. Traitement biologique des eaux usées. Guide de bonnes pratiques en station d'épuration. Paris-La Défense, AFNOR, 1990.
- [20] *L'assainissement et la sécurité*. Syndicat professionnel des distributeurs d'eau et exploitants de réseaux d'assainissement, 133 p., 1979.
- [21] *Hygiène et sécurité dans les stations d'épuration des collectivités locales*. Cahier technique n° 25. Paris, Ministère de l'environnement, Direction de la prévention des pollutions et des risques, 55 p., 1989.
- [22] *EOL : un logiciel de ventilation prévisionnelle applicable à l'assainissement de l'air des locaux de travail*. INRS, Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et sécurité du travail, 165, pp. 409-424, 1996.
- [23] *Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques*. INRS, ED 723, 208 p., 2003.
- [24] *Consignations et déconsignations*. INRS, ED 6109, 2014.
- [25] *Interventions en espaces confinés dans les ouvrages d'assainissement. Obligations de sécurité*. ED 6026, 2010.
- [26] *Le dossier d'installation de ventilation*. coll. « Guide pratique de ventilation », ED 6008, 2007.
- [27] Norme ISO 10780 *Émissions de sources fixes - mesure de la vitesse et du débit-volume des courants gazeux dans les conduites*. AFNOR, 1994

# Dossiers techniques

Les dossiers techniques présentent différents dispositifs de ventilation associés éventuellement à des aménagements spécifiques, visant à faciliter les opérations d'exploitation et à réduire la fréquence des interventions. Ils correspondent à des situations industrielles réelles. Toutefois, il convient de prendre en compte les remarques suivantes :

- les solutions techniques adoptées n'ont pas toujours été optimisées ;
- la ventilation doit toujours être adaptée à chaque cas particulier ;
- l'ensemble des dossiers techniques ne constitue pas une série exhaustive de toutes les réalisations possibles. De plus, ils ne correspondent qu'à une solution partielle.

<b>Dossier technique 1</b>	Captage sur benne et presse à boues	<b>24</b>
<b>Dossier technique 2</b>	Local de prétraitement des effluents	<b>26</b>
<b>Dossier technique 3</b>	Poste de relèvement	<b>27</b>
<b>Dossier technique 4</b>	Déshydratation des boues Extraction au-dessus d'une presse à boues	<b>28</b>
<b>Dossier technique 5</b>	Presse à boue capotée	<b>29</b>
<b>Dossier technique 6</b>	Local de centrifugation	<b>30</b>
<b>Dossier technique 7</b>	Cabine pour centrifugeuse	<b>31</b>

# Dossier technique 1

## Captage sur benne et presse à boues

### Description (figure 1)

Cette usine de dépollution est située en bord de mer. Le traitement assuré correspond à 15 000 équivalents-habitants en hiver et 40 000 en été.

L'ensemble de l'installation est situé dans un bâtiment de 36 m x 17 m.

Celui-ci renferme un dégrilleur, un bassin de décantation de 27 m x 4,5 m et une installation de traitement des boues composée de deux presses et d'une benne.

Le dégrillage est isolé et ventilé mécaniquement. Il en est de même du bassin de décantation dans lequel l'air de compensation est introduit. Le traitement des boues est effectué dans une zone spécifique. Les deux presses à boues et la benne de stockage sont capotées et ventilées. L'air extrait est raccordé à un dispositif de désodorisation. Pour la presse à boues, la partie supérieure est fermée et est raccordée au réseau d'extraction (figures 2 et 3).

TABLEAU I

Points de prélèvement	Concentration en sulfure d'hydrogène	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Sur passerelle, presse à boues n° 1	5,9	8,3
Sur passerelle, presse à boues n° 2	2,1	3,0
Au-dessus du container à boues	2,9	4,1

La benne à boues est surmontée d'une hotte avec retombées en lanières plastiques avec trois points de captage (figure 4).

### Caractéristiques aérauliques

Le débit d'extraction globale est de 10 000 m<sup>3</sup>/h. L'efficacité des captages sur la presse à boues et sur la benne est observée visuellement au fumigène.

### Mesures chimiques

Se reporter au *tableau I*.

### Commentaires

Les dispositifs de captage sur la presse à boues et la benne enveloppent complètement la zone d'émission des polluants. Cette disposition permet de ne mettre en œuvre qu'un faible débit.

Il est envisagé de capoter et de ventiler les tapis de transfert de boues. La collecte des filtrats serait également mise en dépression.

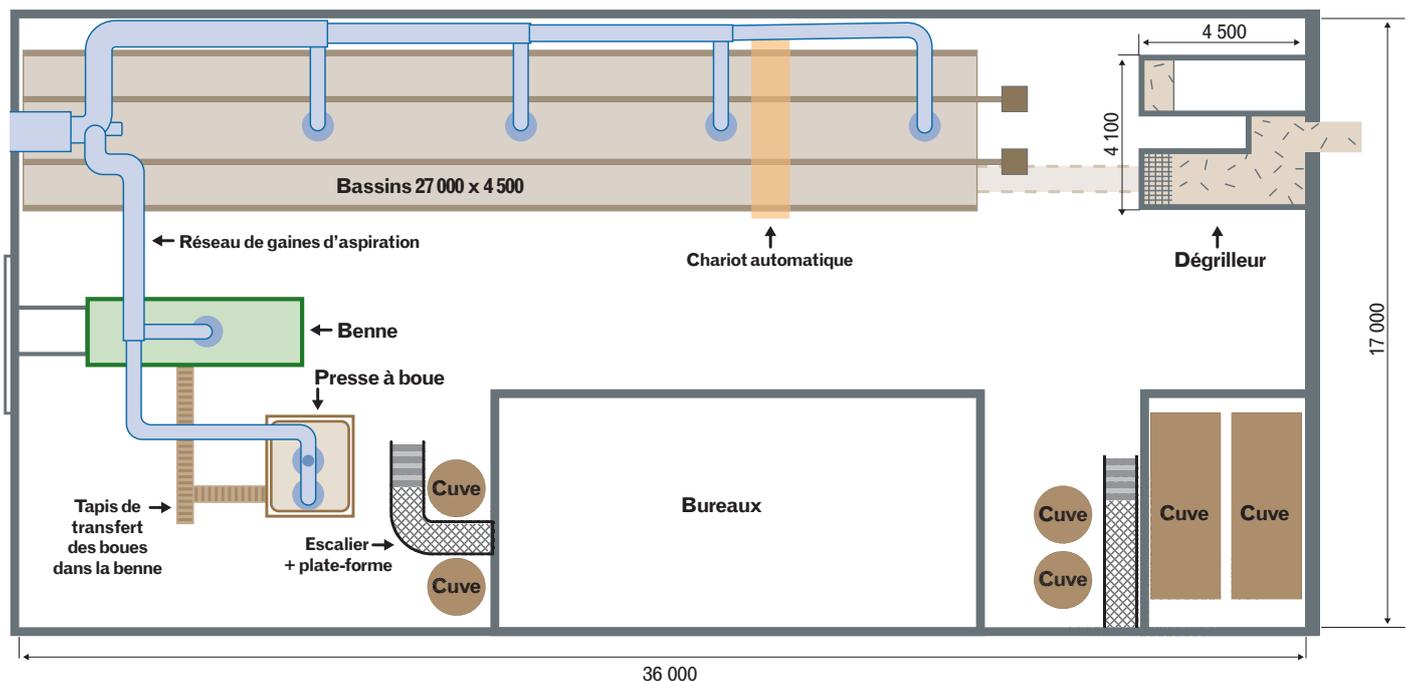


Figure 1. Schéma général de l'installation

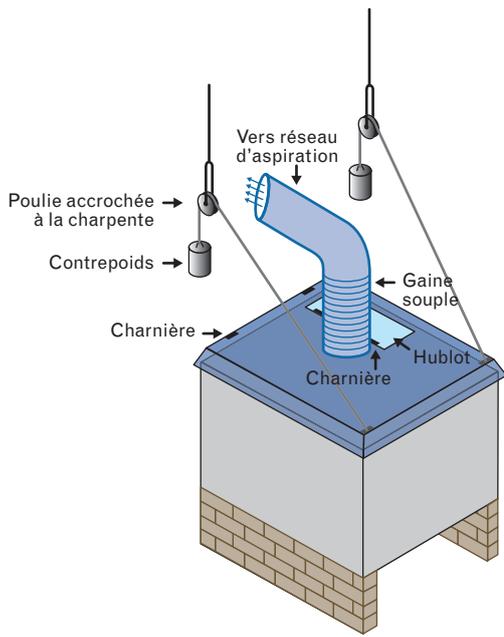


Figure 2. Presse à boues

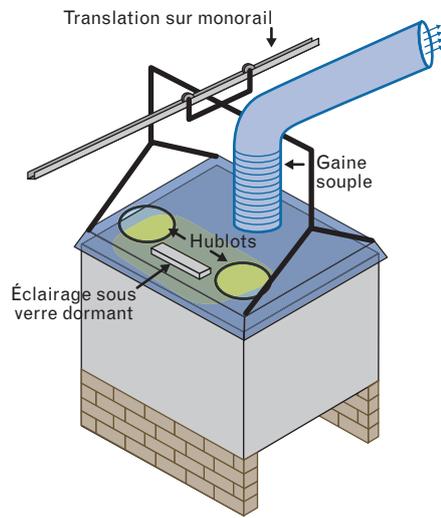


Figure 3. Presse à boues

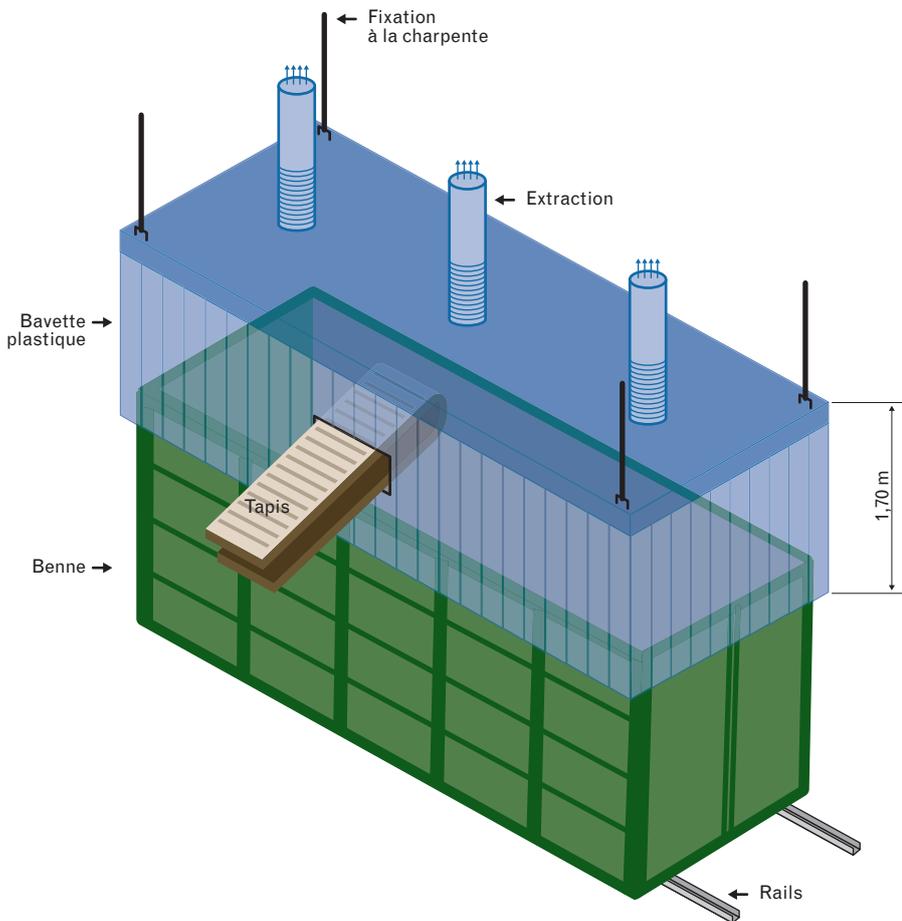


Figure 4. Benne à boues

# Dossier technique 2

## Local de prétraitement des effluents

### Description

C'est une station de 122 000 équivalents-habitants.

L'arrivée des effluents s'effectue dans une chambre fermée et ventilée. Tous les chenaux sont couverts et munis d'un système d'aspiration.

Un explosimètre est installé dans un poste de relevage à trois kilomètres de l'usine d'épuration.

Pour éliminer les nuisances au passage de l'effluent sur les deux dispositifs de dégrillage et les deux ensembles parallèles de dessablage-dégraissage, un apport d'air neuf s'effectue en périphérie, à hauteur d'homme, l'air vicié étant capté au plafond.

En hiver, l'air neuf est réchauffé. Les refus de dégrillage sont évacués vers une benne par une vis sans fin capotée.

### Caractéristiques aérauliques

Le débit d'extraction et le débit d'introduction d'air neuf sont chacun de 26 000 m<sup>3</sup>/h (débit maximum).

### Commentaires

Le réseau situé avant les bassins de dégraissage-dessablage est correctement capoté. Le dispositif d'aspiration assure une vitesse d'air de

0,5 m/s à l'entrée des ouvertures. Des dispositifs de détection sont mis en place.

Cependant, il aurait été souhaitable de rendre la salle de commande totalement indépendante avec une entrée donnant sur l'extérieur.

Sa ventilation devrait se faire par introduction d'air neuf en maintenant une légère surpression par rapport au local pollué. Il convient de veiller à ce que ce local soit totalement isolé du local de prétraitement (ne pas oublier en particulier le calfeutrement des passages de câbles).

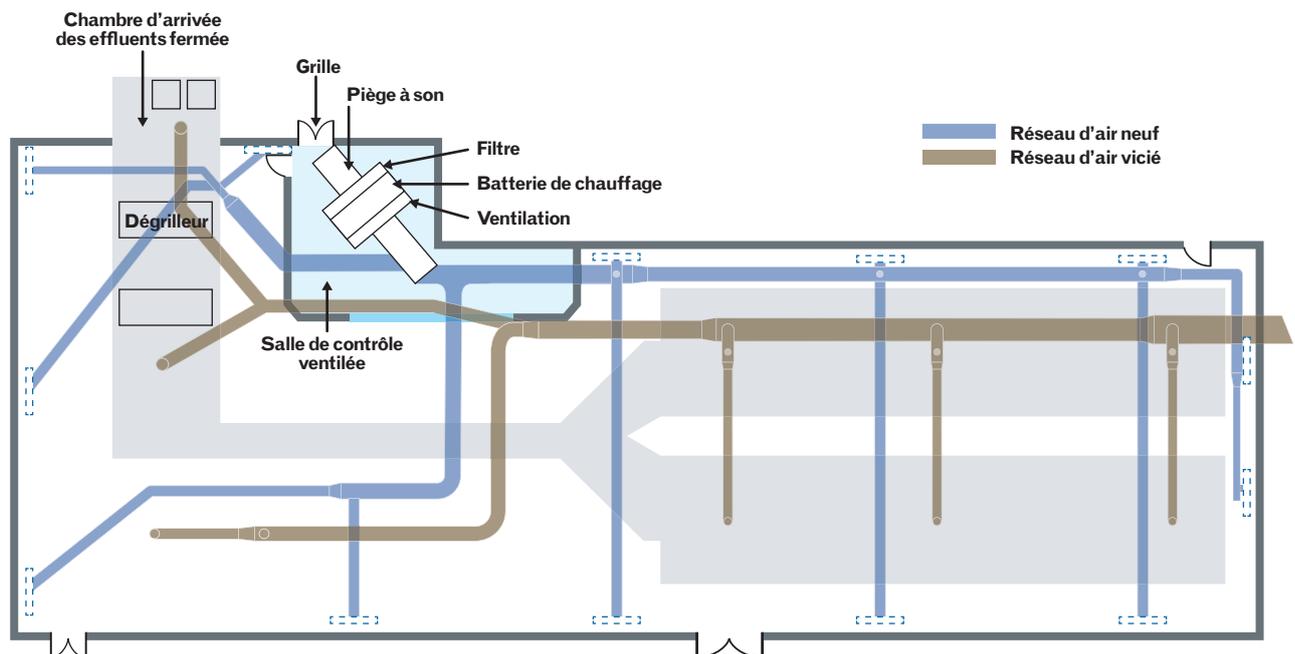


Figure 1. Schéma général de l'installation

# Dossier technique 3

## Poste de relèvement

### Description

Il s'agit d'un poste de relèvement capable d'assurer un débit d'effluent de 250 m<sup>3</sup>/h (correspondant à 5 000 équivalents-habitants) situé sur un réseau d'assainissement. Le même type de poste peut exister également en usine de dépollution.

Ce poste comprend les éléments suivants :

- 1 - vanne d'isolement du puits ;
- 2 - coffret EDF placé à l'extérieur ;
- 3 - puits des effluents ventilé ;
- 4 - chambre à vanne séparée ;
- 5 - armoire électrique en zone protégée ;
- 6 - poste de lavage ;
- 7 - aire bétonnée ;
- 8 - clôture.

Le puits des effluents est fermé par des éléments de caillebotis de moins de 30 cm de largeur. Les boîtiers de raccordement et les capteurs de niveaux sont facilement accessibles.

### Caractéristiques aérauliques

La chambre à vanne, dont la profondeur est de 1,80 m, est ventilée naturellement.

Un conduit (diamètre : 400 mm) assure la ventilation basse. Le capot de fermeture est équipé de grilles (0,80 m<sup>2</sup>) assurant la ventilation haute.

### Mesures chimiques

La concentration en sulfure d'hydrogène est inférieure au seuil de détection.

### Commentaires

Il s'agit d'un ouvrage ouvert qui permet l'évacuation permanente des émissions éventuelles grâce à la ventilation naturelle.

La conception de l'ensemble du poste permet de limiter les interventions en espace confiné.

Différents aménagements complémentaires assurent une exploitation en sécurité de ce poste :

- armoire électrique en zone protégée ;
- chaînes de levage ;
- sol bétonné d'entretien aisé ;
- poste de lavage du matériel et de l'aire bétonnée ;
- clôture.

Pour les chambres à vannes de profondeur importante (à partir de 2 m) une ventilation mécanique est nécessaire. Pour les ouvrages implantés en zones très urbanisées, une extraction mécanique reliée à un dispositif de désodorisation peut être nécessaire pour ventiler le puits des effluents.

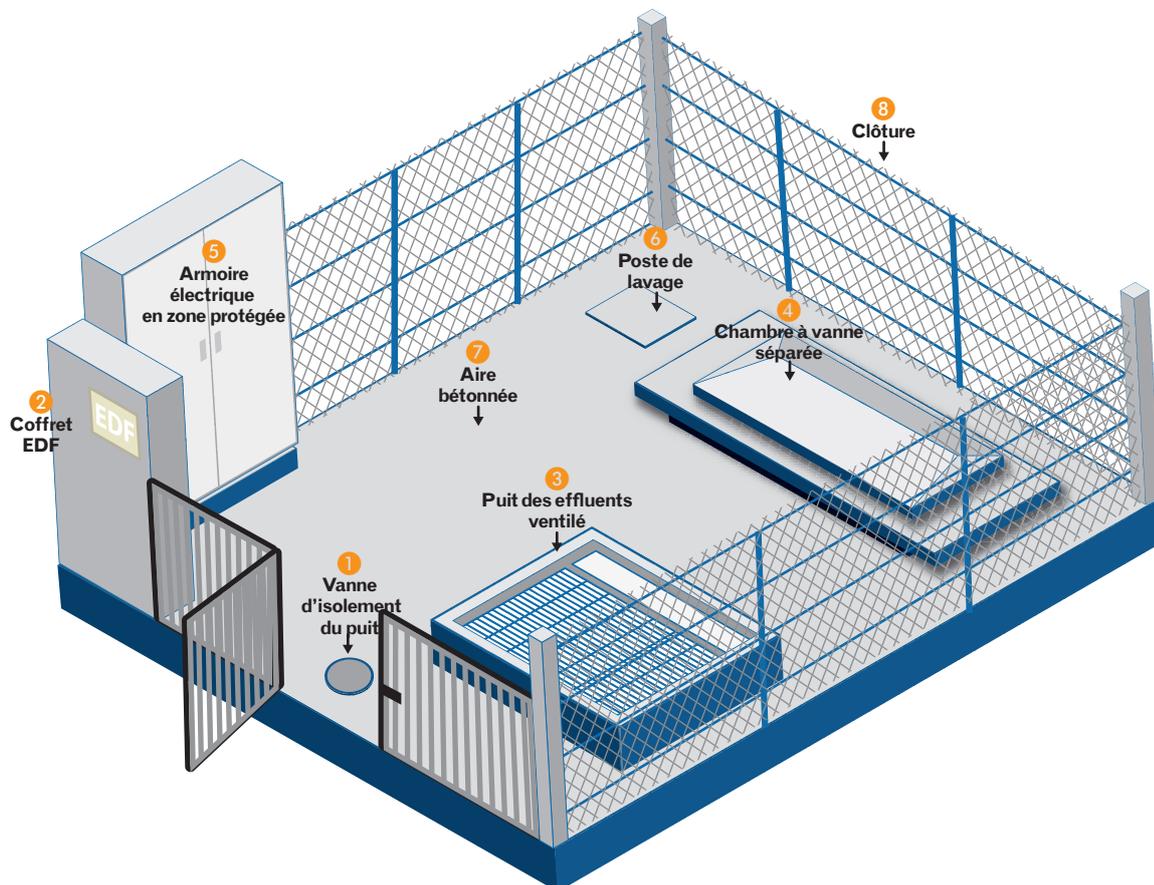


Figure 1. Schéma général de l'installation

# Dossier technique 4

## Déshydratation des boues

### Extraction au-dessus d'une presse à boues

#### Description

Cette presse est installée dans une usine de dépollution de 16 000 équivalents-habitants.

L'encombrement de la presse est de 5 m x 2,50 m au sol pour une hauteur de 2,50 m. Elle est équipée de divers capotages qui limitent l'émission d'aérosols.

#### Caractéristiques aérauliques

L'installation de ventilation comprend :

- Une extraction d'air avec :
  - des bouches situées au-dessus de la presse ;
  - un réseau de gaines ;
  - un ventilateur centrifuge simple ouïe à deux vitesses. Le débit en grande vitesse est de 5 000 m<sup>3</sup>/h ;
  - un rejet à l'extérieur (sans traitement).
- Une introduction d'air de compensation par mise en dépression vis-à-vis des locaux adjacents.
- Une amenée mécanique d'air par aérotherme de 2 500 m<sup>3</sup>/h avec batterie de chauffage de 15 kW.
- Une régulation d'asservissement permettant :
  - une ventilation permanente de 2 500 m<sup>3</sup>/h ;

- une ventilation portée à 5 000 m<sup>3</sup>/h lors du fonctionnement de la presse ;
- une temporisation retardant le passage du fonctionnement de la grande vitesse à la petite vitesse, lors de l'arrêt de la presse ;
- une possibilité de déclenchement manuel du fonctionnement en grande vitesse.

#### Mesures

Les essais au fumigène montrent que la ventilation est efficace, principalement pendant le fonctionnement de la presse (grande vitesse).

Dans la zone de circulation, la vitesse d'air ne peut être mesurée d'une manière significative, compte tenu du régime turbulent.

#### Commentaires

Cette presse est conçue pour émettre le minimum d'aérosols ou de projection dans son environnement immédiat ; ceci permet, pour une même efficacité, de limiter le débit d'extraction sans faire appel à un encoffrement. Ce choix entraîne indirectement une amélioration des conditions de confort en maintenant une hygrométrie satisfaisante dans l'atmosphère ambiante.

# Dossier technique 5

## Presse à boue capotée

### Description

La capacité de l'usine d'assainissement est de 5 000 équivalents-habitants. La déshydratation des boues s'effectue par presse à bande, dont l'encombrement est de 4 m x 2 m au sol pour 2,20 m de haut. La presse est équipée d'une hotte en acier inoxydable complétée par des parois vitrées mobiles.

Un caniveau de récupération des eaux de ruissellement la ceinture complètement.

### Caractéristiques aérauliques

La ventilation comprend :

- une extraction par tourelle directement au-dessus de la presse de 5 500 m<sup>3</sup>/h ;
- un soufflage par aérotherme de 5 000 m<sup>3</sup>/h avec batterie de 24 kW et filtre de 65 % d'efficacité au test gravimétrique.

L'extracteur peut fonctionner suivant deux vitesses. Les asservissements installés assurent le fonctionnement permanent en petite vitesse et la mise en route de la grande vitesse lors du fonctionnement de la presse avec une temporisation retardant le retour en petite vitesse lors de l'arrêt de la presse.

Les vitesses ont été vérifiées à travers les surfaces libres :

- ouvertures résiduelles (toutes les parois fermées) :
  - grande vitesse : 0,60 à 0,70 m/s,
  - petite vitesse : 0,40 à 0,50 m/s ;

- ouverture laissée libre par une paroi mobile ouverte :

- paroi opposée au soufflage :
  - grande vitesse : 0,15 m/s,
  - petite vitesse : 0,10 m/s ;
- paroi face au soufflage :
  - grande vitesse : 1 m/s,
  - petite vitesse : 0,70 m/s.

### Mesures

La mise en dépression de la zone de la presse a été mise en évidence par l'observation au fumigène. Elle est jugée satisfaisante malgré le régime turbulent de l'écoulement.

### Commentaires

Dans cette installation, l'émission d'aérosols est correctement confinée par la présence des parois vitrées. De plus, le caniveau qui ceinture l'installation permet de récupérer les eaux de ruissellement de la machine et de délimiter ainsi la zone polluée tout en facilitant le nettoyage au jet.

Compte tenu de la taille de la station, le débit d'extraction est important mais l'ensemble est très efficace. L'extraction des polluants est performante même lorsque la porte mobile est ouverte, ce qui permet d'intervenir sur la presse en cas de nécessité.

On notera la présence de grillage complémentaire de protection qui autorise le nettoyage en marche de la presse.

# Dossier technique 6

## Local de centrifugation

### Description

La capacité de l'usine d'assainissement est de 35 000 équivalents-habitants.

Une centrifugeuse est installée à l'intérieur d'un local spécifique. Son encombrement est de 3,50 m x 3 m pour 2 m de haut.

### Caractéristiques aérauliques

Le local est traité par l'installation de ventilation générale de l'usine. L'air extrait est désodorisé.

L'installation comprend dans le local une ventilation générale avec soufflage (7 000 m<sup>3</sup>/h) et extraction (7 000 m<sup>3</sup>/h).

La température de l'air au soufflage est régulée à l'aide d'une batterie de chauffage électrique.

L'extraction est réalisée à deux niveaux :

- dans l'ambiance : 5 000 m<sup>3</sup>/h ;
- sur la centrifugeuse (au dégazage des jus de centrifugeuse) : 2 000 m<sup>3</sup>/h.

La température est régulée du fait de la présence d'une batterie électrique sur le réseau général.

### Mesures

Les observations au fumigène montre que le fonctionnement de la ventilation est satisfaisant.

### Commentaires

Cette installation, conçue dès l'origine pour assurer une maîtrise satisfaisante des risques professionnels, se caractérise par les points suivants :

- choix d'une centrifugeuse découlant en particulier de l'absence de pollution massive ;
- local spécifique réservé à la centrifugeuse (les bennes à boues sont dans un autre local) ;
- ventilation adaptée à la conception ;
- traitement acoustique performant des murs et du plafond du local.

# Dossier technique 7

## Cabine pour centrifugeuse

### Description

La capacité de l'usine d'assainissement est de 25 000 équivalents-habitants.

Une centrifugeuse est installée à l'intérieur d'une cabine insonorisante. Son encombrement est de 3 m x 3,50 m au sol pour une hauteur de 2,60 m.

### Caractéristiques aérauliques

La cabine insonorisante permet à la fois de limiter la nuisance sonore et d'améliorer le captage à débit réduit des polluants résiduels (sulfure d'hydrogène) pouvant se dégager au niveau de la sortie des boues.

La régulation installée assure le fonctionnement en permanence de cette ventilation par extraction.

### Débit de ventilation

- Local de déshydratation :
  - soufflage: 2 600 m<sup>3</sup>/h,
  - extraction : 2 000 m<sup>3</sup>/h,
  - entrée d'air par manque d'étanchéité : 900 m<sup>3</sup>/h.
- Cabine de la centrifugeuse :
  - extraction : 600 m<sup>3</sup>/h.
- Centrifugeuse :
  - mise en dépression au niveau du retour des jus de centrifugeuse : 900 m<sup>3</sup>/h.

### Mesures

Les prélèvements ont fournis les résultats suivants en ce qui concerne la concentration en sulfure d'hydrogène :

- intérieur de la cabine : < 5 ppm ;

- sortie des boues au niveau de la vis : 15 à 25 ppm ;
- ambiance du local : < 2 ppm.

### Commentaires

Le choix d'une centrifugeuse permet de réduire considérablement les nuisances chimiques et bactériologiques. Pour ce type de centrifugeuse, la nuisance sonore a amené à prévoir une protection acoustique, ce qui a entraîné la réalisation de la ventilation de ce volume clos.

Le concepteur aurait pu choisir, comme dans le dossier n° 6, de clore hermétiquement le gavage des boues et de traiter phoniquement les parois du local, ce qui aurait donné un résultat équivalent.