

Dépollution des eaux résiduaires

Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement

Guide for ventilation practice n° 19. Wastewater depollution plants and purification plants

Contents :

- scope ;
- reminder of depollution processes ;
- air pollution : chemical hazard (chemical pollutants from raw effluent, from treatment - pollutants from accidental release of hydrocarbons and solvents - exposed work stations - risk assessment) ; biological hazard ;
- preventive approach ;
- pollutant emission control : factors influencing the formation of hydrogen sulphide (composition of initial effluent - physical, chemical and biological parameters - other parameters) ; pollutant emission reduction methods (hydraulic, chemical) ;
- plant ventilation : general information, recommendations for different types of plant (effluent arrival - primary treatment - primary sedimentation basin - transfers - biological treatment - sludge treatment - thickener, digester, sludge storage plant), installation ;
- air treatment prior to release : gas-liquid absorption, adsorption on a solid support, biological treatment ;
- operation, maintenance and periodical checks : general information, plant reception (operating and maintenance manuals - handling and accessibility tests - electrical plant, machines and similar equipment - acoustical protection, plant operation (general information - detection installation) ;
- technical files : capture on skips and sludge presses - primary effluent treatment station - lifting station - sludge dehydration ; air extraction over sludge press - hooded sludge press - centrifuge shop - centrifuge cabin.

Wastewater / Treatment plant / Ventilation

Au sommaire :

- **Domaine d'application ;**
- **Rappel des procédés de dépollution ;**
- **Pollution de l'air : risque chimique (polluants chimiques provenant de l'effluent brut, du traitement - polluants provenant d'un rejet accidentel, hydrocarbures et solvants - postes exposés - évaluation du risque) ; risque biologique ;**
- **Démarche préventive ;**
- **Réduction de l'émission de polluants : facteurs influençant la formation de sulfure d'hydrogène (composition de l'effluent initial - paramètres physiques, chimiques et biologiques - paramètres incidents) ; technique de réduction de l'émission de polluants (traitement hydraulique, chimique) ;**
- **Ventilation des ouvrages : généralités, préconisations par type d'ouvrage (arrivée des effluents - prétraitement - bassin de décantation primaire (simple ou lamellaire) - transferts - traitements biologiques - traitement des boues - concentrateur, digesteur, ouvrage de stockage des boues), réalisation ;**
- **Traitement de l'air avant rejet : absorption gaz-liquide, absorption sur support solide, traitement biologique ;**
- **Exploitation, entretien et vérifications périodiques : généralités, réception des ouvrages (notice de conduite et d'entretien - essais de maintenance, d'accessibilité - installations électriques, machines et équipements similaires - protection acoustique, exploitation des ouvrages (généralités - installation de détection) ;**
- **Dossiers techniques : captage sur benne et presse à boues - local de prétraitement des effluents - poste de relevage - Déshydratation des boues. Extraction au-dessus d'une presse à boue - presse à boue capotée - locale de centrifugation - cabine pour centrifugeuse.**

Traitement des eaux usées / Station d'épuration / Ventilation

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

Il a été préparé 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 et le contrôle et la maintenance des usines de dépollution (principalement des ouvrages fermés) et de leurs annexes telles que les postes de relèvement.

Il a été élaboré 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 à atteindre est le maintien de la salubrité dans les usines de dépollution et les parties annexes.

Des critères de ventilation sont proposés pour faciliter l'atteinte de cet objectif 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'aéro-contaminants émis lors de toutes les opérations de traitements des eaux usées. Elles concernent les usines de dépollution traitant des eaux résiduaires urbaines. Elles concernent également les 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 polluant 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. Les postes de relèvement disséminés sur le réseau collecteur sont des ouvrages concernés par ce guide.

2. RAPPEL DES PROCÉDES DE DEPOLLUTION (fig. 1, 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,
- 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.

Composés soufrés (fig. 3)

Ceux-ci se forment principalement par action de bactéries anaérobies, réduisant les sulfates ou hydrolysant les aci-

des 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
- Ethylmercaptan 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 (cf. tableau I, fig. 3).

Les intoxications aiguës à l' H_2S se caractérisent par des troubles respiratoires, des contractures, des pertes de connaissance puis, après un intervalle, existe 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 gastro-intestinaux. 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].

TABLEAU I
Caractéristiques physiques
du sulfure d'hydrogène

Solubilité à 20 °C sous 1 atm.	3,6 g/l
Lim. inf. d'explosivité	> 4,5 %
Lim. sup. d'explosivité	< 45,5 %
t° d'auto-inflammation	> 250 °C

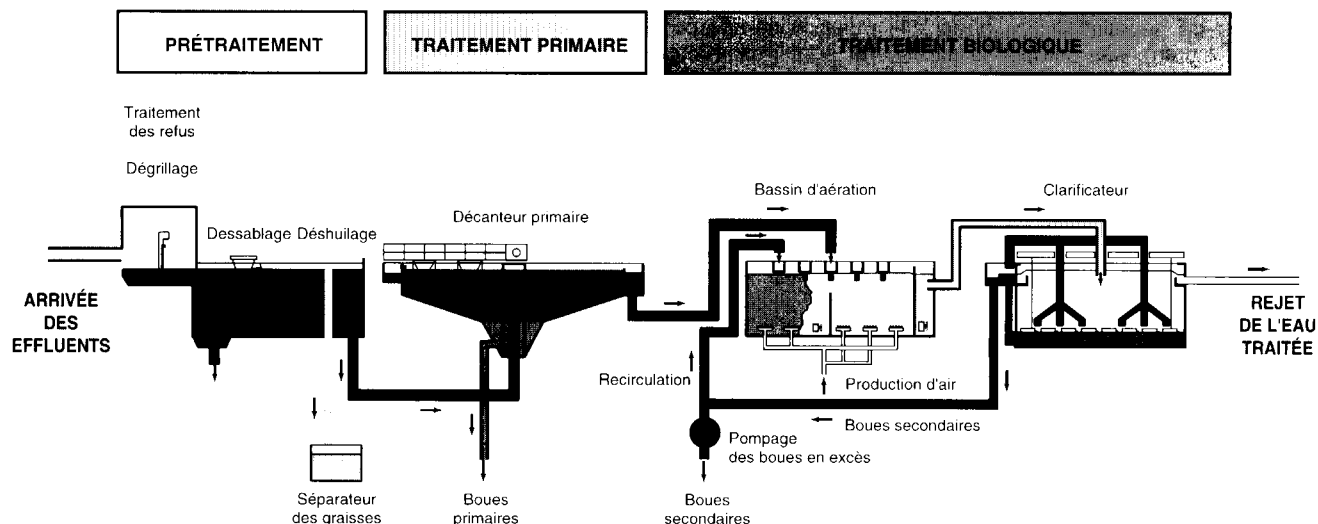


Fig. 1. Schéma d'une installation courante avec traitement par boues activées

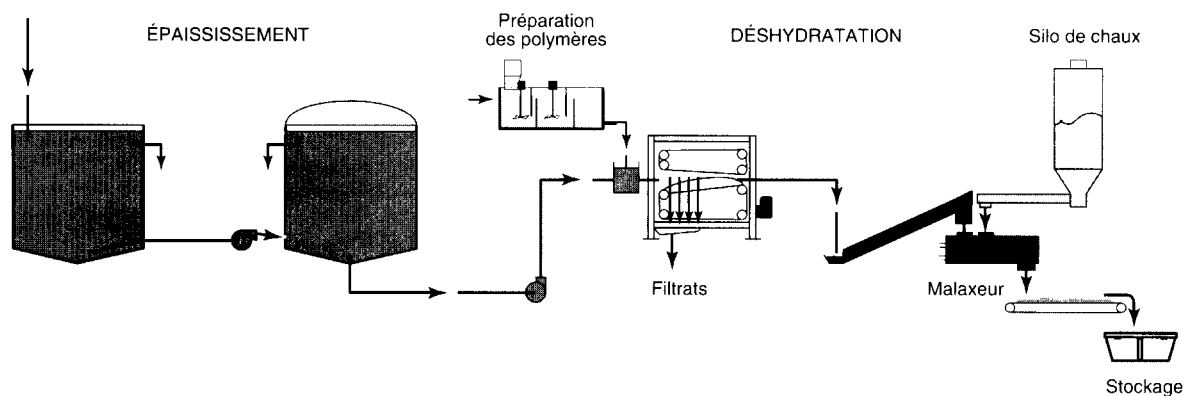


Fig. 2. Schéma d'une installation de traitement des boues

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
– Ethylamine	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$
– Diméthylamine	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$
– Indole	$\text{C}_8\text{H}_6\text{NH}$
– Scatole	$\text{C}_9\text{H}_8\text{NH}$
– Cadavérine	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{NH}_2$

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

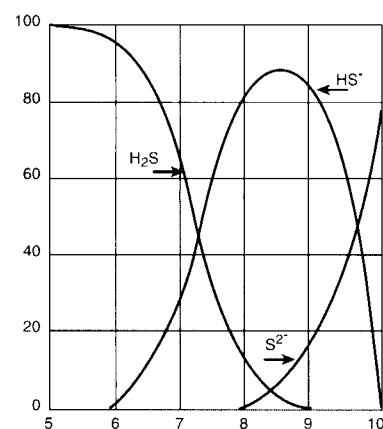


Fig. 3. Pourcentage des différents composés du soufre en fonction du pH

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	HCHO
– Acétaldéhyde	CH ₃ CHO
– Butyraldéhyde	C ₃ H ₇ -CHO
– Isovaléraldéhyde	(CH ₃) ₂ -CH-CH ₂ -CHO
– Acétone	CH ₃ 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	CH ₃ -COOH
– Acide butyrique	C ₃ H ₇ -COOH
– Acide valérique	C ₄ H ₉ -COOH

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, floculants divers). Ils peuvent entraîner des risques spécifiques.

Les risques spécifiques liés à la manipulation de ces produits de traitement 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 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

H₂S 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 : déssableur, dégraisseur.
- Décanteurs primaires et puits à boues.
- Epaisseurs de boues.
- Appareils ou salles de déshydratation des boues (filtre 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'H₂S. Les concentrations les plus importantes en acide et en ammoniac sont généralement observées aux postes où sont traitées les boues :

- Epaisseurs.
- 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. Evaluation 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 moyennes d'exposition sur 8 heures (VME), soit aux valeurs limites d'exposition préconisées pour des temps plus courts, la durée ne devant cependant pas excéder 15 minutes (VLE).

Les valeurs limites d'exposition pour le sulfure d'hydrogène, le méthylmercaptopan et l'ammoniac, qui sont les principaux polluants rencontrés, sont données tableau II.

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, H₂S, ...) 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 :

TABLEAU II
Valeurs limites d'exposition professionnelle

	VME		VLE	
	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
Sulfure d'hydrogène	7	5	14	10
Méthylmercaptopan	1	0,5	–	–
Ammoniac	18	25	36	50

- des virus (enterovirus, adenovirus, rotavirus, etc.) ;
- des bactéries (staphylocoques, Escherischia, spirochètes, etc.) ;
- 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 en fait dans le cadre de ce présent 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. DEMARCHE PREVENTIVE

La démarche préventive à suivre comporte les étapes suivantes [19] :

- Supprimer ou réduire les émissions de polluants. Les méthodes utilisables sont évoquées au chapitre 5.
- Assainir l'atmosphère par l'une des méthodes suivantes (cf. 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.
- 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 vanes 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 porter secours. Il s'affaisse 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'affaisse 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. REDUCTION DE L'EMISSION 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 l'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 matière organique,
- 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

a) 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.

b) 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

a) Potentiel d'oxydoréduction : la production de sulfure d'hydrogène est réduite au-dessus d'un potentiel Redox de moins 200 mV.

b) 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

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

5.1.5. Paramètres incidents

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

b) 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 sépticité.

5.2. Techniques de réduction de l'émission de polluants

5.2.1. Traitement hydraulique

a) 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.

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

c) Elimination 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 lesquels 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 comprimé par m³ d'eau usée contenue dans la conduite de refoulement.

Injection d'oxygène pur

A 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 pompage. La dose théorique est de 2,85 g de peroxyde d'hydrogène par gramme de sulfure d'hydrogène exprimé en S²⁻, 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

Injection de sel de fer ayant pour effet de précipiter les sulfures solubles :

- sulfate ferreux (10 g de sel par g de sulfure),

- chlorure ferrique (9 g de sel par g de sulfure),

- chlorosulfate ferrique (25 à 30 g de sel par g de sulfure),

- sulfate et nitrate ferrique (10 g de sel par g 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 [20]

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.

- Eviter les phénomènes de condensation, de corrosion et, par là, la rendre 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.

- **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^3/h)

A : aire totale des ouvertures (m^2)

V_e : 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 [7].

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

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

Q : débit de ventilation générale (m^3/h) ;

F : débit d'émission de polluant, 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 polluant tolérée dans l'ambiance du local (kg/m^3) ; la valeur à prendre en compte est basée sur la valeur limite (voir § 3.1.5). Il faut prendre la VME lorsqu'elle existe ou la VLE en l'absence de VME ;

C_0 : concentration en polluant dans l'air neuf (en général $C_0 = 0$; 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, de dilution, les concentrations en polluant 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 [7]. 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, actuellement disponibles, permettent de calculer, avant la réalisation d'une installation, les performances des systèmes de ventilation [25]. A 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 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}) :

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

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

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 et 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 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 :

- **Dans les zones à risque de dégagement de gaz toxique et/ou explosif**, on confiner 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.

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, 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 polluant chimique toxique. 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 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)

A 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 ser-

vice 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... et on y associera si possible un captage localisé maintenu en dépression par le réseau d'extraction mécanique.

6.3.5. Traitements biologiques [21]

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 y est peu probable ; aussi pour des ouvrages couverts, une ventilation générale peut suffire.

6.3.6. Traitement 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, on peut avoir également présent le risque bactériologique 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 ven-

tilation devra être capable de mettre en dépression par extraction mécanique les zones non protégées : centrifugeuse ou presse, dispositif de transfert sans capot étanche, filtres à bande, bennes, même s'il est recommandé de prévoir des bennes couvertes.

A 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 toxique et/ou explosif traitées impérativement par des dispositifs de captages localisés (hottes, encoffrements...), assurer une **vitesse minimale de 0,5 m/s** à travers les surfaces libres non capotées.

- Pour les zones peu polluées traitées par ventilation générale (décanteurs primaires...), choisir selon le cas l'une des deux solutions suivantes :

1° lorsque le débit d'émission de polluant 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 m³/h par m² 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 vitesse 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 ab-

sorbante des éventuels équipements additionnels doit être protégée des développements bactériens dans les zones où ceux-ci sont à craindre. Ils doivent alors être protégés, par exemple par une enveloppe étanche (polyuréthane...) pouvant être facilement nettoyée.

7. TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE L'AIR AVANT REJET

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.

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, etc. 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 m³/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.

Traitement biologique

Les polluants à éliminer sont piégés par adsorption sur un support. Ils sont alors dégradés en CO₂, N₂ et H₂O 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 (SO₂, SO₃) et de l'acide sulfurique parfois en quantité importante, nécessitant une protection des ouvrages contre la corrosion.

8. EXPLOITATION, ENTRETIEN ET VERIFICATIONS PERIODIQUES [9 à 11, 28]

Les mesures de prévention technique et en particulier la ventilation, ne peuvent être valablement mis 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 [22 à 24].

8.1. 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.

8.2. Réception des ouvrages

8.2.1. Notice de conduite et d'entretien

La totalité des équipements doit être accompagnée des différentes notices les concernant décrivant 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 qui doivent être indiqués sur le schéma général de l'installation de ventilation [18].

8.2.2. 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.

8.2.3. Installations électriques, machines et équipements similaires [26, 27]

On vérifiera 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 normalisation et, en cas de difficultés, il y a lieu de les faire examiner avant mise en service par un organisme qualifié.

8.3. Protection acoustique [18]

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.

8.4. Exploitation des ouvrages

8.4.1. 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.

8.4.2. Installation de détection

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 pourvue d'une installation de détection à demeure ou si celle-ci est insuf-

fisante, l'utilisation d'un appareil portable est indispensable.

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

9. DOSSIERS TECHNIQUES

Les dossiers techniques, présentent différents dispositifs de ventilation associés éventuellement à des aménagements spécifiques, visant à faciliter les opérations d'exploitation et 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.

Captage sur benne et presse à boues

Description (fig. 1, 2)

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 (fig. 3 et 4).

La benne à boues est surmontée d'une hotte avec retombées en lanières plastiques avec trois points de captage (fig. 5).

Caractéristiques aérauliques

Le débit d'extraction globale est de 10 000 m³/h.

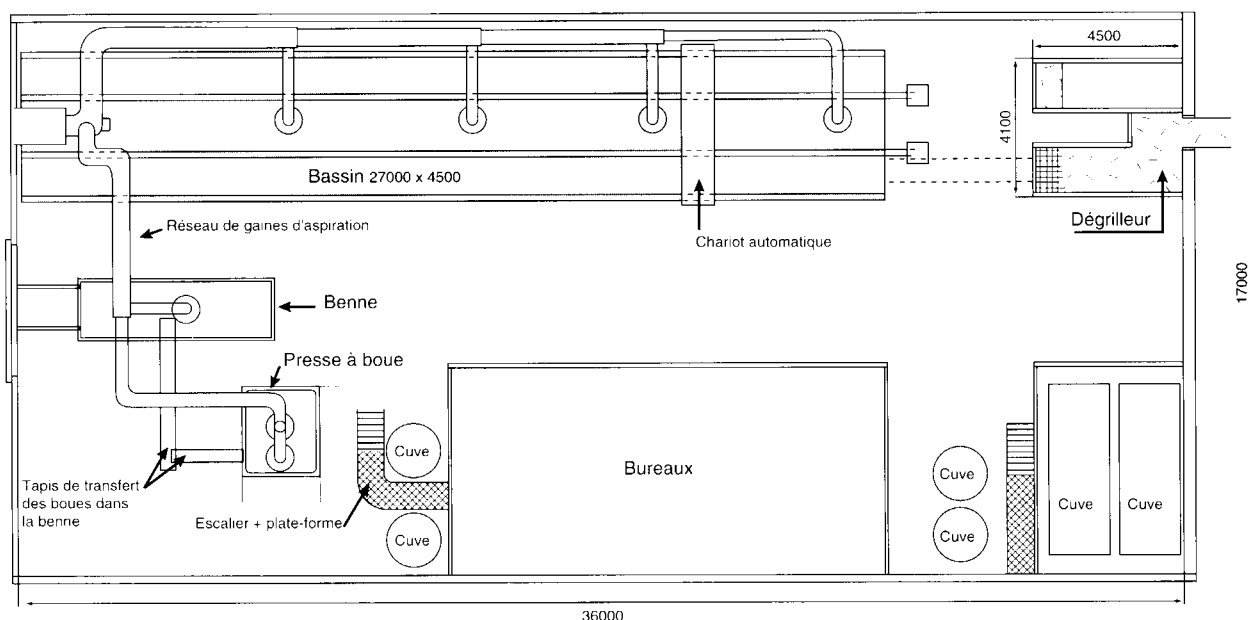
L'efficacité des captages sur la presse à boues et sur la benne est observée visuellement au fumigène.

Mesures chimiques

Se reporter au tableau I.

TABLEAU I

Points de prélèvement	Concentration en sulfure d'hydrogène	
	ppm	mg/m ³
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

Fig. 1. Schéma général de l'installation

Commentaires

Les dispositifs de captages 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 ventiler les tapis de transfert de boues. La collecte des filtrats serait également mis en dépression.

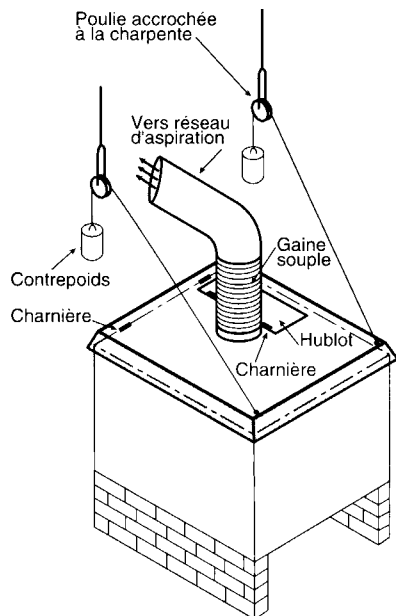


Fig. 3. ▲

Fig. 4. ▼

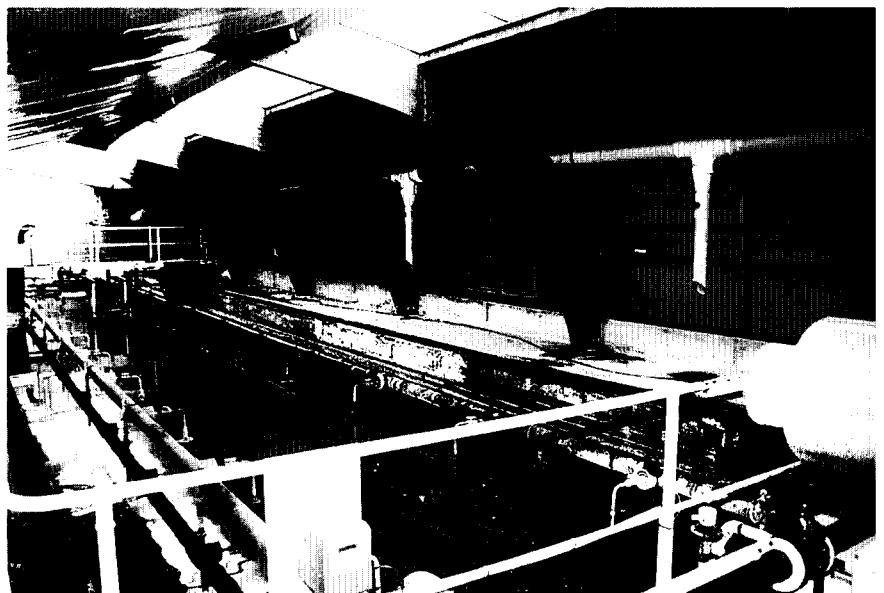
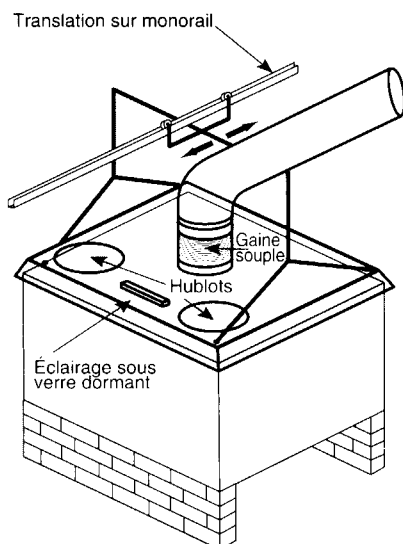
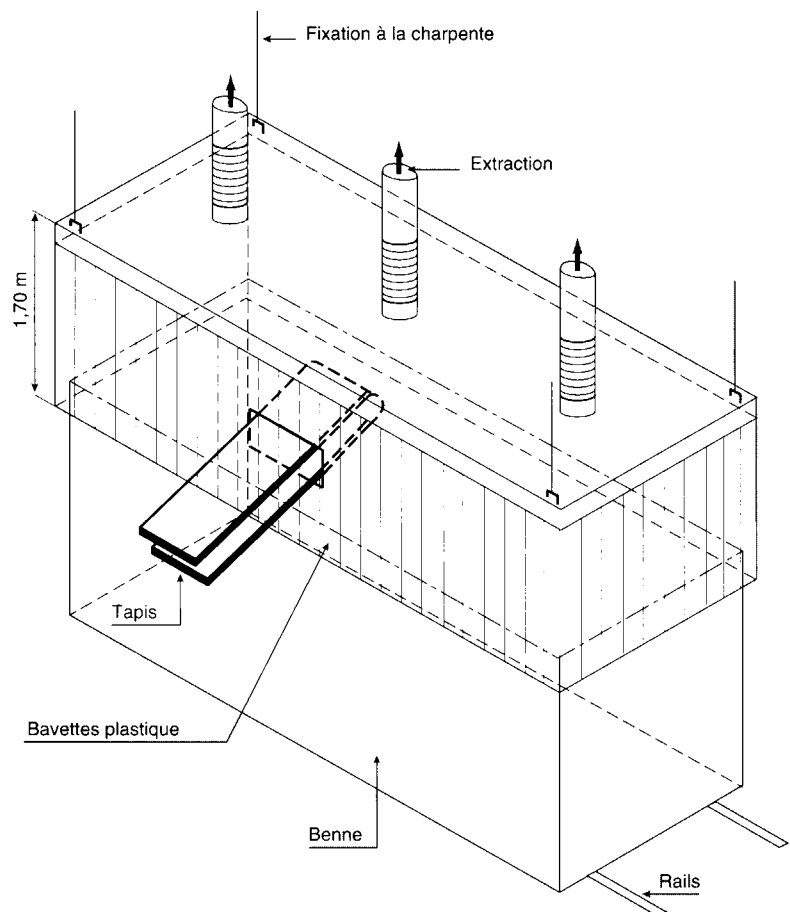


Fig. 2. ▲

Fig. 5. ▼



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 des 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 m³/h (débit maximum).

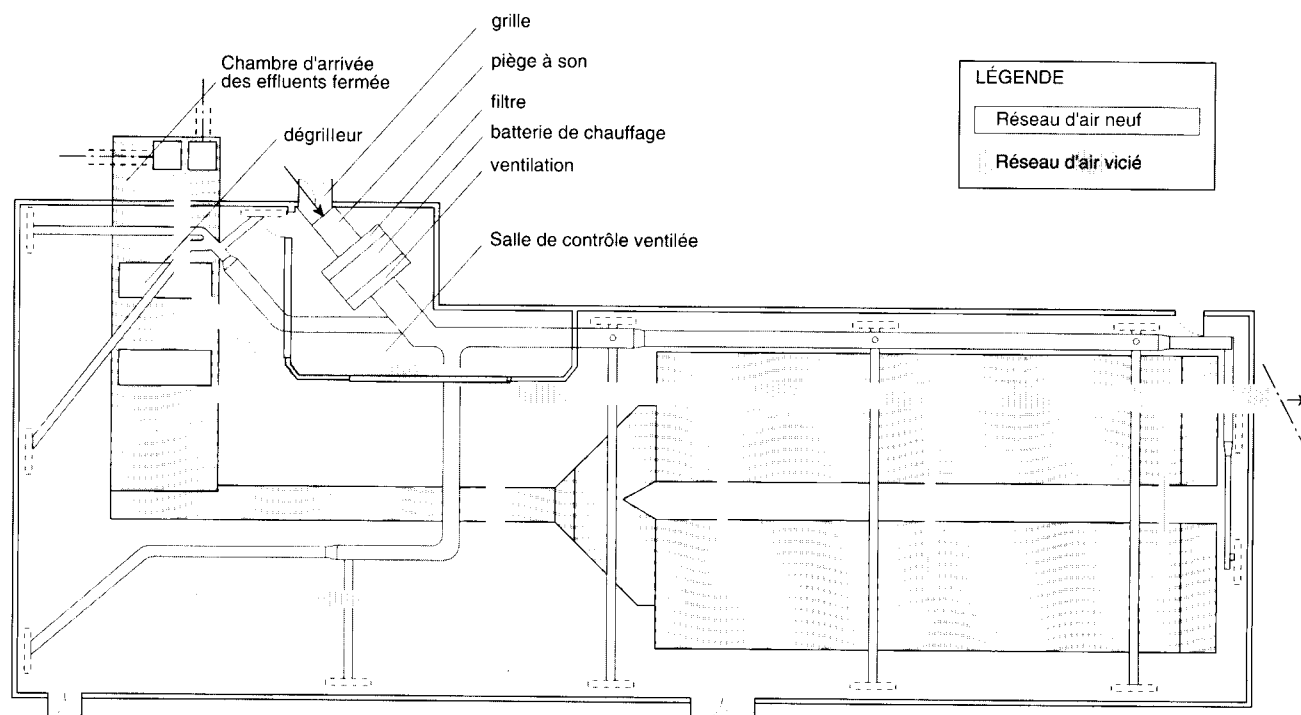
Commentaires

Le réseau situé avant les bassins de dégraissage-dessablage est correcte-

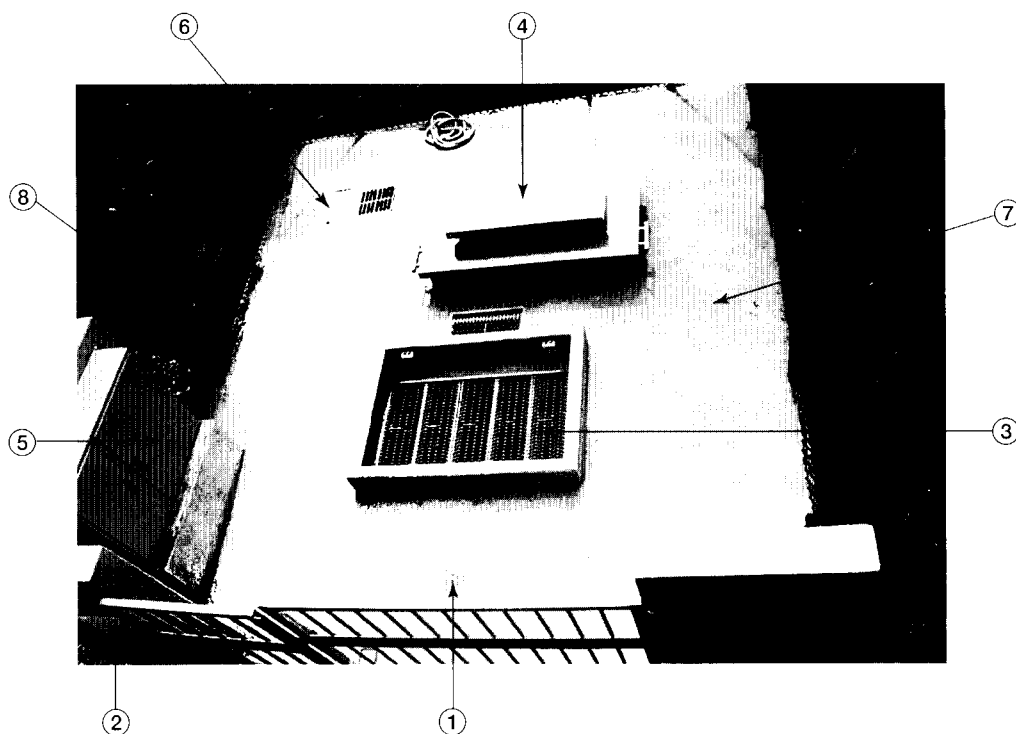
ment capoté. Le dispositif d'aspiration assure une vitesse d'air de 0,5 m/s à l'entrée des ouvertures. Des dispositifs de détection sont mis en place.

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).



Poste de relèvement

**Description**

Il s'agit d'un poste de relèvement capable d'assurer un débit d'effluent de 250 m³/h (correspondant à 5 000 équivalents-habitants) situés 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 m²) 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.

**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 m³/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 m³/h avec batterie de chauffage de 15 kW ;
- une régulation d'asservissement permettant :
 - une ventilation permanente de 2 500 m³/h,
 - une ventilation portée à 5 000 m³/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.

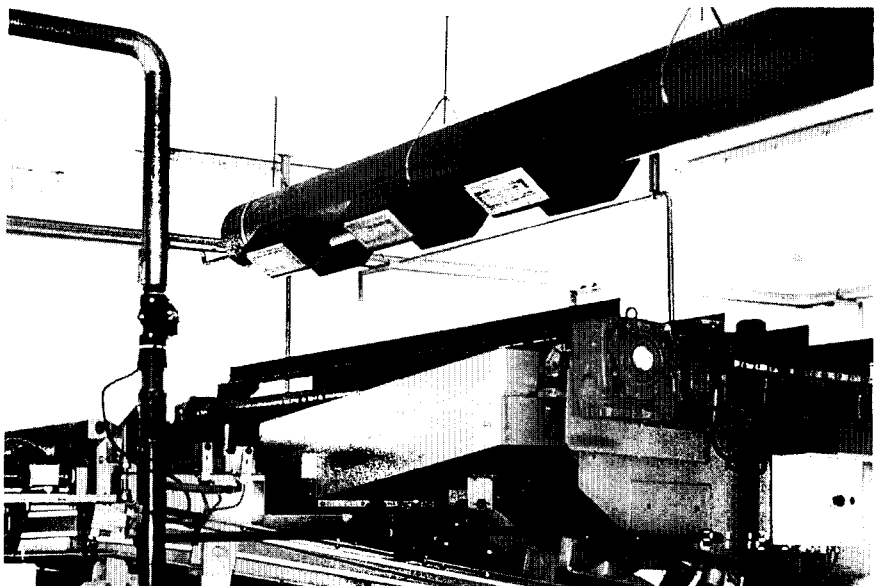
Mesures

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 ; ce qui 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.



Presse à boue capotée

Description

La capacité de l'usine d'assainissement est de 5 000 équivalents-habitants.

La deshydratation 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 m³/h,

– un soufflage par aérotherme de 5 000 m³/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

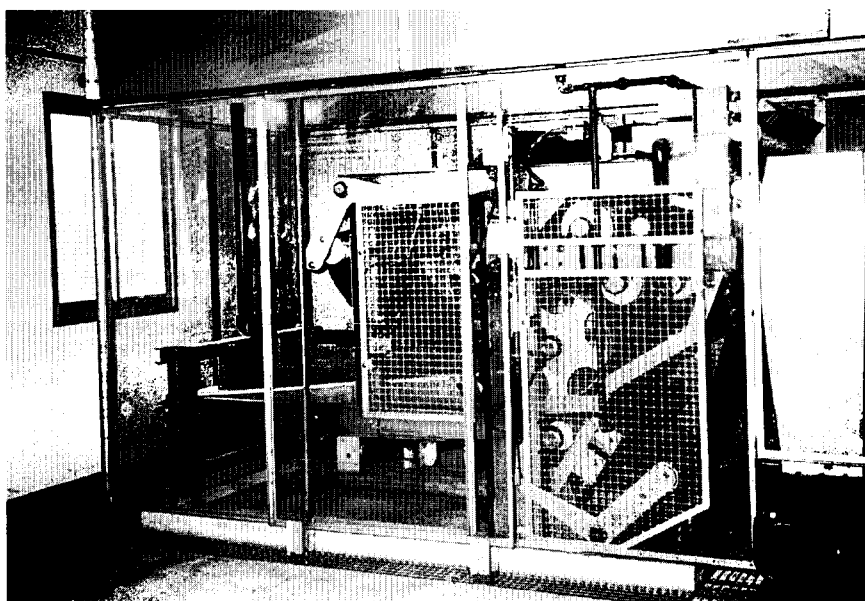
La mise en dépression de la zone de la presse a été mise en évidence par l'observation au fumigène. Elle est jugée satisfaisante malgré le régime turbulent de l'écoulement.

Commentaires

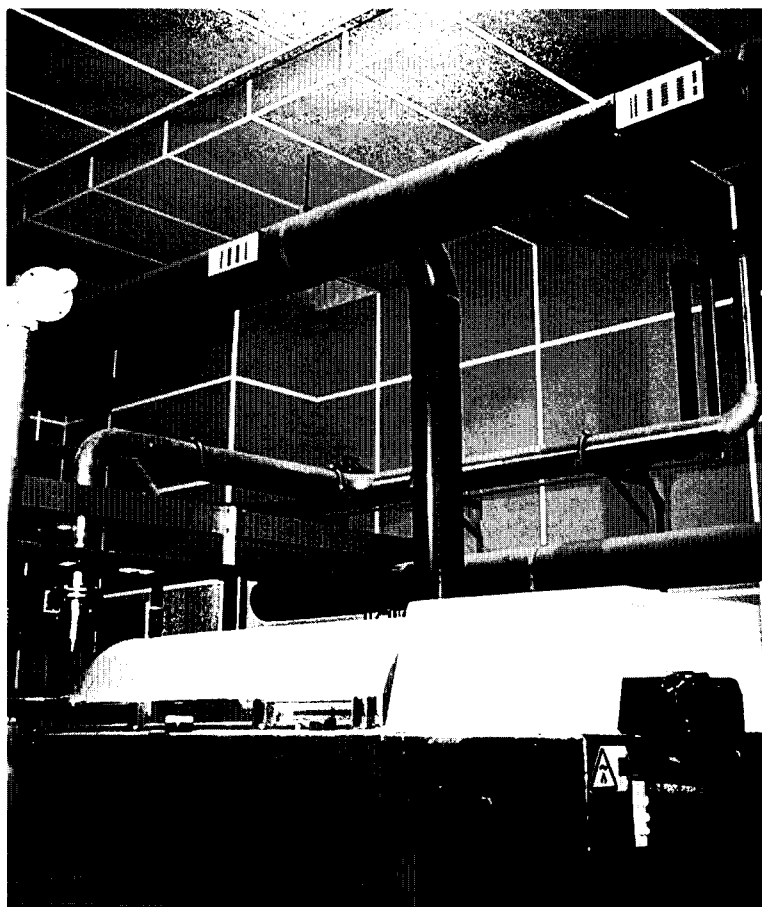
Dans cette installation, l'émission d'aérosols est correctement confinée par la présence des parois vitrées. De plus, la présence du caniveau qui ceinture l'installation permet de récupérer les eaux de ruissellement de la machine et de délimiter ainsi la zone polluée tout en facilitant le nettoyage au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



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 ($7\,000\text{ m}^3/\text{h}$) et extraction ($7\,000\text{ m}^3/\text{h}$).

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 : $5\,000\text{ m}^3/\text{h}$,
- sur la centrifugeuse (au dégazage des jus de centrifugeuse) : $2\,000\text{ m}^3/\text{h}$.

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 décollant 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.

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 m³/h,
- extraction : 2 000 m³/h,
- entrée d'air par le manque d'étanchéité : 900 m³/h.

- Cabine de la centrifugeuse :
 - extraction : 600 m³/h.

- Centrifugeuse :
 - mise en dépression au niveau du retour des jus de centrifugeuse : 900 m³/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.

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 m³/h à 22 500 m³/h. Cette ventilation renforcée est maintenue 15 à 30 min 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 (cf. schéma).

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 gyrophare et klaxon actifs, il y a interdiction d'accès. Dans le cas contraire, pour entrer il faut déverrouiller avec la clef la serrure à gâche électrique ; ce qui 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 gyro-

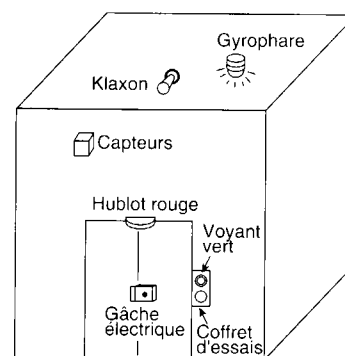
phare, le klaxon et la télétransmission ; mais le hublot rouge et le voyant vert sont toujours actifs.

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, quant à lui, 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 d'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.



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, H₂S...) susceptible de déclencher une explosion.

L'analyse et l'évaluation des risques, préa-

lables à tout travail de maintenance, devra tenir compte de ce phénomène et adapter les procédures d'intervention et 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 équipotentielle et de mises à la terre,
- l'adéquation des matériels électriques,
- l'inertage du stockage, etc.

Bibliographie

1. ROUSSELIN X et coll. – Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel. *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1994, 156, pp. 315-328.
2. HERVE-BAZIN B – Guide d'évaluation de l'exposition au risque toxique sur les lieux de travail par échantillonnage de l'atmosphère. *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1989, 135, pp. 265-288.
3. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1993, 153, (ND 1945, mise à jour déc. 1996).
4. Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1990, 44, pp. 373-385.
5. BOCQUET P., DERVILLE A., SENNELIER Y. – Lutte contre la formation d'hydrogène sulfuré dans les réseaux d'assainissement. *Technicien des Services Municipaux*, 1992, 11 p.
6. Guide pratique de ventilation n° 0. Principes généraux de ventilation. Paris, INRS, 1996, ED 695, 36 p.
7. ACCORSI A., HURE P. - Détecteurs portatifs d'hydrogène sulfuré. Huit appareils au banc d'essais. *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1990, 138, pp. 31-39.
8. Recueil des fiches toxicologiques. Paris, INRS, ED 613.
9. Stations d'épuration. Annexe au cahier des clauses techniques particulières. Juin 1994, CRAM de Bretagne, 31 p.
10. Interventions d'entreprises extérieures. Aide-mémoire pour la prévention des risques – Paris, INRS, ED 757, 28 p.
11. Les réseaux d'assainissement. Hygiène et sécurité des personnels d'exploitation. Paris, INRS, 1987, ED 682, 72 p.
12. Conception des lieux de travail. Paris, INRS, ED 718, 84 p.
13. Guide pratique de ventilation n° 8. Ventilation des espaces confinés. Paris, INRS, ED 703, 10 p.
14. Aération et assainissement des ambiances de travail. Paris, INRS, ED 720, 48 p.
15. L'hydrogène sulfuré – Recommandation CNAM R 220. INRS.
16. Construction et exploitation des stations d'épuration et de leurs annexes – Recommandation CNAM R 213. INRS.
17. Cuves et réservoirs. Prévention des risques présentées lors d'interventions à l'extérieur et à l'intérieur – Recommandation CNAM R 276. INRS.
18. Le bruit en milieu de travail. Paris, INRS, coll. aide mémoire juridique TJ 16, 16 p.
19. Prévention du risque chimique. *Cahiers de notes documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1994, 157, pp. 523-540 et 541-545.
20. Coordination de chantier de bâtiment et de génie civil. Organisation de la coordination. Formation du coordonnateur. *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1995, 159, pp. 273-285.
21. NF X 42-300 – Biotechnologies. Traitement biologique des eaux usées. Guide de bonnes pratiques en station d'épuration. Paris-La Défense, AFNOR, 1990.
22. L'assainissement et la sécurité. Syndicat professionnel des distributeurs d'eau et exploitants de réseaux d'assainissement, 1979, 133 p.
23. 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, 1989, 55 p.
24. Machines et équipements de travail. Mise en conformité. Paris, INRS, ED 770, 28 p.
25. EOL : un logiciel de ventilation prévisionnelle applicable à l'assainissement de l'air des locaux de travail. *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 165, pp. 409-424.
26. Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques. Paris, INRS, ED 723, 142 p.
28. Consignations et déconsignations. Paris, INRS, ED 754, 24 p.