

Démarche de prévention ergo-toxicologique dans une station d'épuration des eaux usées.

Irtyah MERCHAOUI ^(a), Mohamed BOUHLEL ^(b), Ines Rassas ^(c), Henem GARGOURI ^(d).

(a) Service de Médecine de Travail et de Pathologie professionnelle- CHU Fattouma Bourguiba- Monastir- Tunisie.

(b) Département de Médecine de Travail & d'Ergonomie - Faculté de Médecine de Monastir – Université de Monastir- Tunisie.

(c) Laboratoire de recherche de gestion ergonomique des risques professionnels et de l'environnement (GERPE) LR08SP07.

(d) Groupement de Médecine de travail de Mahdia.

تاريخ الإرسال: 2019-06-11 تاريخ القبول: 2019-09-25

Résumé :

Suite à une plainte émanant d'un ouvrier, et liée au dégagement de mauvaises odeurs au niveau de la salle de déshydratation des boues d'une station d'épuration des eaux usées dans une entreprise agroalimentaire, nous avons réalisé cette étude qui a pour objectifs d'étudier les déterminants de la situation de travail, en particulier en ce qui concerne les émanations d'odeurs et de déterminer les mesures techniques ou organisationnelles qui peuvent améliorer la situation de travail. Notre intervention ergonomique est basée sur l'analyse de l'activité, l'entretien avec l'opérateur et la métrologie.

L'observation ouverte des différents déterminants de la situation de travail, a montré que les principaux risques révélés sont le risque chimique, le risque biologique, le bruit, et l'organisation de travail.

Les prélèvements atmosphériques du sulfure d'hydrogène au niveau de la salle ont révélé des valeurs supérieures à la valeur moyenne d'exposition et la valeur limite d'exposition, et sont suffisamment élevées pour être à l'origine de troubles somatiques décrits par l'ouvrier et incitant ainsi à reformuler la demande d'intervention initiale partant de la plainte des mauvaises odeurs à des signes cliniques d'intoxication chronique.

Des actions préventives d'amélioration s'imposent, il s'agit d'améliorer l'aération générale de la salle, naturelle et mécanique, fournir des équipements de protection individuelle et notamment le masque de protection des voies respiratoires et veiller à leur port, sensibiliser les ouvriers sur le risque du sulfure

d'hydrogène, l'organisation du travail et les règles générales d'hygiène.

Les transformations faites au poste de travail sont selon les attentes de l'ouvrier, puisqu'elles ont assurées le confort, la sécurité et la santé.

Les mots clés : prévention ergo-toxicologique, ergo-toxicologique, l'épuration des eaux usées, intervention ergonomique.

1-Introduction

L'ergo toxicologie est une pratique particulière de l'ergonomie qui vise à développer des modèles opérants pour décrire les situations d'exposition à des produits chimiques et expliquer des situations de contamination. Il s'agit de contribuer à la prévention des risques pour la santé des travailleurs exposés à des produits chimiques dans différents secteurs d'activité (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009; J. Vidal et al., 2018). L'assainissement des eaux usées industrielles expose à une certaine étape de leur traitement à des risques chimiques non négligeables. Les eaux usées sont généralement acheminées par les réseaux d'assainissement dans les stations d'épuration où elles subissent un traitement pour les rendre conformes à la réglementation en vigueur sur les rejets dans le milieu extérieur.(Simões & Figueiredo, 2012). Elles sont alors chargées en matières organiques et peuvent générer des odeurs désagréables soit directement par dégagement de composés volatils, ou indirectement suivant un processus biologique de fermentation. Les composés soufrés dont le sulfure d'hydrogène (H₂S), représentent l'émanation la plus fréquente et caractérisent les mauvaises odeurs des stations d'épuration dans 80% à 90% des cas (Sivret & Stuetz, 2012). Les agents de service responsables du bon déroulement des opérations et du fonctionnement des installations d'épuration de l'eau et du traitement des boues dans les stations, sont par conséquent exposés à des dangers potentiels inhérents aux différentes tâches qui leur incombent (A. Vidal, Blanchemain, Verdun-Esquer, Rinaldo, & Brochard, 2012).

La demande de la présente intervention émane d'une entreprise agroalimentaire, qui dispose d'une station d'épuration des eaux usées, suite à une plainte formulée par l'ouvrier chargé du fonctionnement et de l'entretien de la station d'épuration en rapport avec le dégagement de mauvaises odeurs au niveau de la salle de déshydratation des boues. Cette demande a été adressée au médecin de travail de l'entreprise qui l'a transmise au département d'ergonomie de la Faculté de Médecine de Monastir. Il s'agissait surtout d'une problématique de santé au travail.

L'objectif de notre intervention est de :

- Etudier les déterminants de la situation de travail, en particulier en ce qui concerne les émanations d'odeurs.

- Déterminer les mesures techniques ou organisationnelles qui peuvent être prises pour prévenir les risques et améliorer la situation de travail.

2-Méthodologie :

2-1- Présentation de l'entreprise et du procédé d'épuration :

Notre terrain d'intervention est une entreprise dans laquelle notre étude ergonomique a été initiée et spécialisée dans la transformation du lait et de ses dérivés. Créée en Juin 1997, elle a obtenu la certification ISO 22000 – 2005 en 2014 et compte 720 salariés, qui fonctionnent en horaire posté (3x8) pour les ouvriers et en deux plages horaires pour les administratifs (de 8h à 12 h et de 12h 30 à 16h 30). Il existe aussi une plage matinale fixe ce 6h à 14h appliquée exclusivement à l'ouvrier de la station d'épuration.

La station d'épuration (STEP) est composée par deux processus de traitement (Figure.1)

2-1-1- Processus de traitements des eaux usées :

Les eaux à traiter sont issues des produits laitiers et du lavage et de la désinfection des installations ainsi que des vestiaires et du restaurant du personnel.

Se fait en deux étapes : prétraitement et traitement biologique.

2-1-1-1- Prétraitement :

- **Le relevage :** Les eaux issues de l'industrie sont collectées dans un bassin de relevage.
- **Le dégrillage :** permet de retirer de l'eau les déchets insolubles et de taille très variables. On trouve un premier dégrilleur dans le bassin de relevage et un deuxième à l'entrée du bassin d'homogénéisation.
- **Homogénéisation ou égalisation :** Le débit de rejet de laiterie est du type sinusoïdal, avec des à-coups de pointe et des creux de faible débit. Pour cette raison l'homogénéisation est nécessaire pour écrêter le débit vers le bassin biologique et permet également la neutralisation du pH des effluents bruts par simple mélange. Le bassin d'homogénéisation possède un volume de 733m³, avec une superficie de 119 m². Il est équipé d'un système d'aération pour éviter

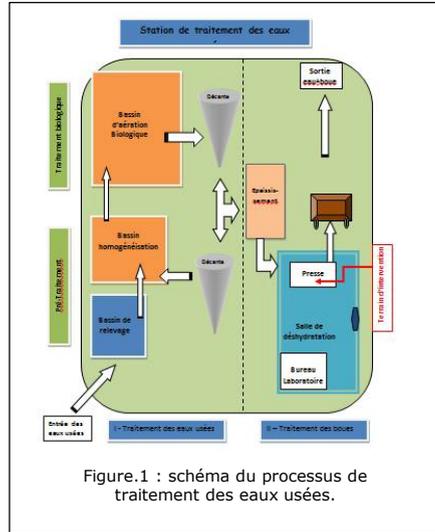


Figure.1 : schéma du processus de traitement des eaux usées.

la fermentation anaérobie et le développement des mauvaises odeurs.

2-1-1-2- Traitement biologique par boues activées :

- **Principe** : Après prétraitement, les eaux usées passent par le traitement biologique qui est l'étape la plus importante de l'épuration.
- Le développement des micro-organismes qui s'agglomèrent aboutit à la formation du floc bactérien. Les matières organiques polluantes vont être captées par ces floes et former des boues activées qui sont brassées assurant ainsi l'épuration des eaux usées dans le bassin.
- Le principe de base consiste à éliminer les matières organiques solubles et les matières en suspension de l'eau usée prétraitée en faisant intervenir les micro-organismes aérobies.

- La décantation

: A ce niveau s'effectue la séparation entre l'eau et les boues contenant les matières solides et les agents biologiques qui décantent au fond du bassin.

(Marleni, Gray, Sharma, Burn, & Muttill, 2015).

Les boues sont en partie recyclées pour ensemercer les bassins de traitement biologique (Naidoo & Olaniran, 2013).

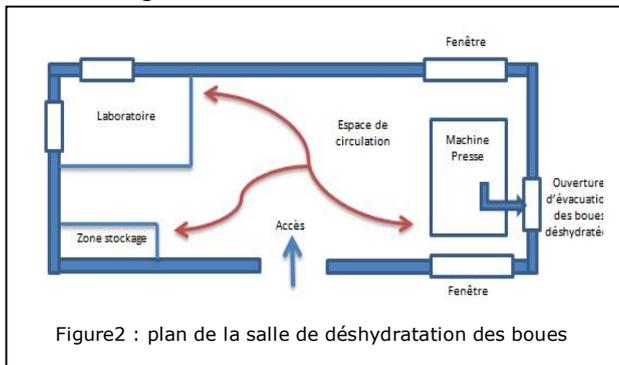


Figure2 : plan de la salle de déshydratation des boues

2-1-2- Filières de traitements des boues:

Le principal objectif du traitement des boues est de réduire le volume pour limiter les quantités à stocker et de les stabiliser pour améliorer les caractéristiques physiques et arrêter la fermentation. Ce traitement se fait en deux étapes principales : l'épaississement et la déshydratation.

2-1-3- L'épaississement :

L'épaississement se fait par voie gravitaire partant d'une boue liquide pour obtenir une boue solide ou semi-liquide beaucoup plus concentrée de volume nettement faible. L'épaississeur s'étale sur un volume de 188 m³. Le temps de séjour moyen dans l'épaississeur est de 25 h.

2-1-4- La déshydratation :

Cette étape se fait mécaniquement par une presse à bande. Elle a pour objectif l'obtention d'un résidu malléable et de moindre volume à

partir de boue liquide épaissie. Elle se déroule dans la salle de déshydratation des boues qui se situe dans le complexe de la station d'épuration (Figure.2). Il s'agit d'une salle est assez spacieuse (5x10 m), non encombrée et comprend à gauche un laboratoire et à droite la machine à presse à bande qui présente des canalisations d'entrée de la boue épaisse provenant de l'épaississeur. Les boues déshydratées vont être rejetées à travers un ouvrant, sur une remorque d'un tracteur pour élimination vers une lagune ou récupérées pour éventuelle utilisation au niveau du bassin de traitement aérobique. L'eau rejetée sera versée dans des canalisations pour une éventuelle élimination vers «l'oued ».

2-2- Méthodologie de l'intervention ergonomique:

La phase d'observation ouverte de la situation de travail, des mesurages ainsi que des interventions correctives se sont étalées du mois d'Octobre 2017 au mois de Mars 2018.

2-2-1- Phase d'observation ouverte:

L'analyse de l'activité de travail s'est appuyée sur les observations ouvertes de la situation de travail en général. Ces observations ont donné lieu à différents relevés sur papier et à des prises de vue photographiques.

L'objectif d'une telle approche est d'observer et de comprendre les effets d'une activité particulière, déployée par une personne donnée, avec ses caractéristiques physiologiques et psychologiques propres, à un moment particulier, dans un contexte matériel, social et organisationnel particulier (Simonet, Caroly, & Clot, 2011).

Le temps de la visite et de l'observation du travail sur les lieux même de son exécution, doit permettre d'identifier d'une part les tâches des agents, et d'autre part leur activité. La tâche peut se définir comme tout ce qui est imposé à l'opérateur par des instances qui lui sont extérieures. Par exemple : les locaux, l'environnement physique du poste de travail, le matériel, les outils qu'il est chargé de mettre en œuvre, les instructions qu'il doit suivre, les objectifs qui lui sont plus ou moins assignés, les contrôles dont il fait l'objet....

L'activité peut se définir comme la mobilisation de la personne humaine pour réaliser les tâches. Il s'agit de la mise en œuvre des fonctions physiologiques et psychologiques, par une personne particulière, à un moment particulier. La compréhension des caractéristiques de l'activité permet d'élucider, d'une part, certains des effets du travail sur la santé de ceux qui l'exécutent, et d'autre part, certaines caractéristiques du résultat du travail (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

Au final, l'observation permettra de comparer le travail prescrit au travail réel.

Toutes les dimensions du travail ne sont cependant pas appréhendables par la simple observation et il sera également indispensable de recueillir les explications de l'agent.

2-2-2- Une phase d'entretien ouvert:

Certains aspects du travail ne sont pas forcément observables au moment/pendant la durée de l'observation (incidents, périodes

chargées, variations temporelles....) ; de même que le sens de certaines actions, les raisonnements, ou certaines dimensions de la pénibilité du travail ne sont pas compréhensibles si on ne peut bénéficier du discours du travailleur lui-même (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

Un entretien ouvert a été mené dans l'infirmerie de l'entreprise avec l'ouvrier concerné durant le temps du travail pendant environ 20 minutes, avec des questions ouvertes formulées de façon à ne pas orienter les propos, mais avec relance possible. Cet entretien a permis ; d'une part, le recueil des informations intéressant les déterminants de l'ouvrier ; (âge, ancienneté, qualification, formation, compétence, état physique...), et ses effets sur l'ouvrier (sécurité, fatigue, stress, nuisance au travail, accident de travail...), et d'autre part, l'organisation du travail dont la durée du travail, les horaires, les cadences, les procédures, les consignes, et les relations psychosociales. Cet entretien nous a permis de mettre en évidence des signes fonctionnels d'exposition aux produits chimiques dégagés décrit par l'ouvrier, incitant à reformuler la demande d'intervention initiale partant de la plainte liée au dégagement des mauvaises odeurs, à une intoxication chronique aux produits dégagés.

Un deuxième entretien a été mené au cours de la visite des lieux de travail, avec le chef du secteur, le responsable de sécurité, le responsable ressource humaine, et le Directeur de l'usine, dans le but d'apporter une contribution supplémentaire à la compréhension du déroulement du travail. Le chef de secteur qui maîtrise parfaitement le champ d'intervention technique et matériel, nous a permis de comprendre le déroulement des différentes étapes de l'épuration, les procédures et l'organisation du travail.

La responsable des ressources humaines nous a mis l'accent sur le problème de retards de l'ouvrier, permettant ainsi de reformuler la demande et de l'orienter vers à une intoxication éventuelle aux produits dégagés.

L'entretien avec le responsable de sécurité a permis de relever la disponibilité des moyens de protection et les actions de prévention préalables. Le Directeur a s'est engagé à assurer les moyens de prévention nécessaires, à discuter les actions d'améliorations proposées, et à mettre en application.

2-2-3- Une phase de mesurage environnemental:

Parallèlement, nous avons pratiqué des mesurages atmosphériques permettant d'identifier les substances responsables des mauvaises odeurs (H2S et ammoniac).

2-2-3-1- Matériel de prélèvement :

Les prélèvements de l'air ambiant pour le mesurage de l'H2S et de l'ammoniac, ont été effectués à l'aide d'une pompe « RAE Systems » à tubes colorimétriques.

2-2-3-2 Zones de prélèvement :

2-2-3-3- Nature des gaz :

- **Prélèvements du H2S :** Quatre prélèvements atmosphériques ont été réalisés pour le sulfure d'hydrogène, dont un prélèvement au niveau du bassin d'homogénéisation et trois autres dans

la salle de déshydratation (un à l'entrée de la salle, un à la zone de contrôle près de la machine, et l'autre à l'intérieur même de la machine). Le prélèvement à l'intérieur même de la presse sera indicatif de la concentration de H₂S émise par la machine.

• **Prélèvements de l'ammoniac** : Deux prélèvements ont été réalisés pour l'ammoniac ; l'un au niveau du bassin d'homogénéisation et l'autre près de la machine à presse.

Ces mesurages instantanés ont été réalisés à température ambiante de 24°C environ, en présence de l'ouvrier, du responsable de sécurité et du chef département.

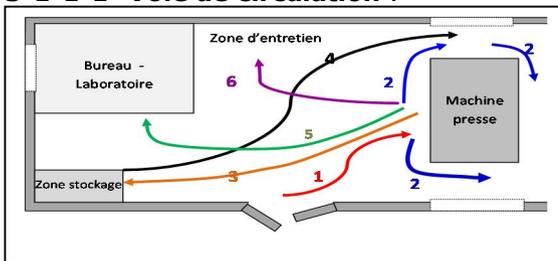
3-Résultats :

3-1- Analyse de l'activité :

Une approche globale de la situation de travail reposant sur le recueil des éléments d'observation ouverte a été entreprise. Elle a permis d'observer directement l'activité et le comportement de l'ouvrier dans son environnement de travail.

3-1-1- Espaces de travail et zones de circulation :

3-1-1-1- Voie de circulation :



- 1 : Premier contrôle visuel de la presse ; 2 : Suivi du fonctionnement de la presse ; 3 : Préparation du floculant ; 4 : Déversement du floculant ; 5 : Passage au labo pour analyse ; 6 : Travaux d'entretien mineur.

Figure3. Flux de circulation de l'ouvrier selon la tâche à exécuter

Elles étaient dégagées et sans obstacle (espace machine, bureau de laboratoire et zone de stockage). L'accès aux zones de travail près de la presse était facile avec un couloir de circulation péri-machine d'environ 1 à 1,5 m et un bon état du parterre. (Figure3)

3-1-1-2- Espaces de rangement : Les produits chimiques utilisés pour la floculation des boues sont rangés dans une zone de stockage dédiée à cet effet. Etant spacieuse, l'ouvrier ne trouve pas de problème de circulation dans cette salle.

3-1-2- Sécurité dans la salle :

Le H₂S étant un gaz extrêmement inflammable, une grande attention a été focalisée sur l'installation électrique et aux moyens de lutte contre l'incendie. En effet, l'installation électrique était mise à la terre avec des différentiels, et elle était sous le contrôle régulier d'un organisme agréé.

Les extincteurs à poudre et au dioxyde de carbone sont disponibles, contrôlés régulièrement, à portée de l'utilisateur formé à propos du mode d'utilisation.

Cependant certains écarts des consignes de sécurité ont été notés, à savoir :

- L'absence de signal d'alarme.
- L'absence d'une signalisation de l'interdiction de fumer.
- L'absence d'une signalisation de l'interdiction de travaux de soudure à proximité.
- Pas de port des équipements de protection individuelle lors des opérations d'entretien et de contrôle de la presse.
- Pas d'affichage de l'obligation du port des équipements de protection individuelle.
- Absence de signalisation du danger de dégagement de gaz très toxique et mortel.
- Pas de restriction d'accès aux étrangers.
- Absence d'affichage de l'étiquette de H2S avec les phrases de risque et les consignes de prudence.

3-1-3- Eclairage:

Se base sur la lumière du jour pénétrant à travers les fenêtres vitrées et la porte toujours ouverte, il est suffisant et adapté aux besoins des travaux effectués (tableau1).

3-1-4- Bruit :

Un bruit continu émis par la machine de presse à bande, gênant pour l'audibilité des conversations et objectif à la mesure, a été constaté (tableau1).

3-1-5- Ambiance thermique :

Aucune sensation d'inconfort thermique au niveau de la salle n'a été rapportée ni constatée par les mesurages (tableau1).

	Bruit	Lumière	Température	Humidité
Entrée	82 dB	1400 Lux	32°C	67 %
Bureau	70 dB	1200 Lux	30 °C	57 %
Hall d'entrée	80 dB	1000 Lux	32 °C	60 %
Déshydratation	87 dB	1200 Lux	32 °C	71 %
Extérieur	78 dB	Ensoleillé 4000 Lux	36 °C	53 %

Tableau 1 : tableau récapitulatif des mesures d'ambiance dans la salle de traitement des boues

Une température élevée multiplie l'activité des micro-organismes et augmente la décomposition de matières organiques d'où une augmentation de la formation et du dégagement de H2S, ce qui explique la différence des mauvaises odeurs en été et en hiver qui a été mentionnée par l'ouvrier au cours de l'entretien.

Sachant qu'un courant d'air existe entre la porte et les fenêtres ouvertes tout le temps ; évitant la condensation du gaz et facilitant l'échappement des odeurs désagréables de H2S vers l'extérieur.

3-1-6 Risque biologique :

L'ouvrier est exposé au niveau de la station d'épuration comme au niveau de la salle de presse, à des agents biologiques présents dans les eaux usées, les boues, sur les surfaces et dans l'air. Malgré ce risque évident, aucun moyen de protection individuelle (gants, masque, Lunette, bottes et vêtement imperméable) n'est porté malgré leur disponibilité.

3-1-7- Risque chimique :

3-1-7-1- Risque chimique général :

Dès l'entrée de la salle, l'odeur caractéristique d'œuf pourri témoignant de la présence du gaz sulfure d'hydrogène émis par la presse, est constatée. Par ailleurs, plusieurs autres constats ont été faits suite à l'observation ouverte de la situation de travail

- Aucun système d'aspiration à la source ou capotage de la presse permettant le rejet de l'air pollué à l'extérieur n'est prévu.

- Absence d'une ventilation générale mécanique assurant le renouvellement d'air pour une ambiance de travail saine

- Aération exclusivement assurée par une ventilation naturelle basée sur des fenêtres haut-situées et une porte donnant directement à l'extérieur. Ils sont à l'origine d'un courant d'air au niveau de la salle assurant un renouvellement d'air en permanence. (Figure 4)

Cependant, les fenêtres haut-situées, n'assurent pas l'élimination du gaz étant donné que le H₂S est un gaz plus lourd que l'air (densité : 1,19) et se trouve généralement en bas. (Photo N°1)

3-1-7-2- Risque chimique et activité de travail :

Lors de la phase d'observation de l'activité de l'opérateur, plusieurs situations à haut risque d'exposition au sulfure d'hydrogène ont été constatées :

- Lors des opérations de vérification visuelle pour assurer le bon fonctionnement de la presse.
- Lors de l'opération de versement du floculent assurant la floculation des boues.
- Lors de l'opération de vérification du cheminement de la boue et du fonctionnement de la presse, l'opérateur se positionne sur une échelle pour un meilleur contrôle visuel et se heurte directement avec les zones d'émission du gaz.

- Lors des interventions techniques sur la machine auxquelles procède l'ouvrier en cas de dysfonctionnement au niveau de la presse (bande

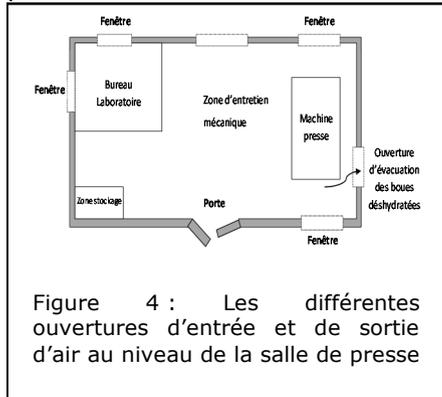


Figure 4 : Les différentes ouvertures d'entrée et de sortie d'air au niveau de la salle de presse



Photo 1 : Fenêtres haut situées de la salle de

irrégulière, nettoyage de la brosse gicleur, quantité de la boue augmente ou diminue anormalement...).

- Lors de la phase de nettoyage de la presse par jet d'eau en fin de cycle.

3-1-8- Gestes et postures :

Parfois le travail impose le maintien prolongé d'une posture contraignante debout penché en avant, le rachis en torsion et les épaules surélevées en abduction sans appui et pour régler le fonctionnement de la machine ou en alimentant la presse par le floculant des boues (port de charges d'un poids variant de 20 à 25 Kg).

3-2- Entretien :

3-2-1- Entretien avec l'opérateur :

L'opérateur est un ouvrier âgé de 40 ans, ayant une ancienneté de 9 ans au poste d'entretien et de contrôle individuel de la station d'épuration des eaux usées de l'entreprise selon un horaire fixe matinal sous le patronage du chef de département énergétique. Son histoire médicale ne rapporte pas d'antécédents particuliers mais sa principale plainte est l'inconfort liée aux mauvaises odeurs de gaz H₂S au niveau de la salle de déshydratation. Secondairement, il se plaint de troubles de sommeil avec impossibilité de se lever tôt, des céphalées et des brûlures oculaires rythmées par l'exposition au H₂S. Ceci occasionne une gêne au réveil matinal à l'origine de retards fréquents au travail pour lesquels il a été verbalisé.

Il maîtrise parfaitement les processus du traitement biologique des boues activées et l'organisation conséquente de travail.

Son poste de travail permet une certaine latitude décisionnelle et lui fait assumer une certaine responsabilité. Une certaine autonomie lui permet de quitter son poste et prendre une courte pause sans perturber le travail. En revanche, l'exigence de l'intervention urgente et immédiate peut parfois induire l'ouvrier dans une situation de débordement.

L'environnement psycho social est caractérisé par une satisfaction au travail puisqu'il est titulaire, et par de bonne relation avec la hiérarchie qui est basée sur le respect et la confiance.

3-2-2- Entretien avec les autres opérateurs :

L'entretien avec le directeur a été axé sur la technicité, les procédés de travail et l'environnement du travail, celui avec le responsable des ressources humaines a objectivé une plainte à cause des retards de l'ouvrier.

Le responsable de sécurité a objectivé une conscience vis-à-vis du problème de prévention malgré la disponibilité des moyens de protection.

3-4- Analyse des tâches :

L'opérateur est chargé de contrôler la machine presse pour s'assurer de la fluidité des boues évacuées et de l'absence d'obstacle à cette évacuation. Ce contrôle implique des fois d'immiscer la tête à l'intérieur de la machine.

Cette tâche implique de prendre une courte pause pour s'aérer à l'extérieur car les émanations de mauvaises odeurs est très irritante.

L'activité de l'opérateur implique aussi de procéder de façon pluriquotidienne à des prélèvements de boue pour analyse dans le local du laboratoire dans la salle.

En cas de dysfonctionnement, l'opérateur est appelé à intervenir sur certaines pièces mécaniques de la machine dans l'espace qui y est dédié au milieu de la salle après avoir cherché dans le local de stockage le matériel d'entretien nécessaire. Le rangement du matériel est systématique après chaque intervention pour assurer la liberté de circulation dans le local.



Photo 2/3 : installation de fenêtres et d'extracteur bas situés

A noter qu'en cas de panne, qui ne doit pas durer dans le temps pour assurer la fluidité de l'évacuation des boues, l'opérateur peut être débordé sans pour autant avoir la possibilité d'avoir recours à une tierce personne.

3-5- Evaluation environnementale:

Six mesurages atmosphériques ont été réalisés pour les principaux polluants responsables des mauvaises odeurs (le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac) (Tableau 2)

Zone de prélèvement	H ₂ S	NH ₃
Bassin d'homogénéisation	3 ppm	0 ppm
Entrée de la salle	20 ppm	-
Près de la presse	25 ppm	0 ppm
A l'intérieur de la presse	120 ppm	-

Tableau 2. Résultats des prélèvements atmosphériques des H₂S et NH₃ effectués

3-5-1- Mesurage atmosphérique de H₂S :

Les résultats des prélèvements de H₂S ont révélé des valeurs de concentration faible au niveau du bassin d'homogénéisation à ciel ouvert et élevée au niveau de la salle de presse. Ces valeurs ont dépassé la valeur moyenne d'exposition (VME) sur 8h et la valeur limite d'exposition sur 15mn(VLE)(Travail & Travail, 2019).

La valeur de H₂S relevée à l'intérieur même de la presse est indicative de la concentration de H₂S à l'intérieur de la machine et ne reflète pas l'exposition au poste de travail.

3-5-2- Mesurage atmosphérique de l'ammoniac :

Aucune trace de d'ammoniac n'a été objectivée au niveau du bassin d'homogénéisation, ni au niveau de la salle de déshydratation des boues.

4-Intervention ergonomique de correction :

Au terme de notre intervention, en se basant sur l'analyse de l'activité, des actions de prévention ont été prescrites et réalisées :

4-1- Forcer l'aération générale naturelle : par la création de fenêtres bas situées de part et d'autres de la machine de déshydratation, amenant l'air frais neuf. La sortie d'air pollué a été assurée par l'installation d'un extracteur d'air bas inséré (Photos 2 et 3).

4-2- Création d'une séparation avec isolation de la machine de presse : par des panneaux sandwich avec une partie vitrée pour pouvoir assurer le contrôle visuel de loin en toute sécurité.

La création de cette séparation a permis non seulement de limiter le risque de contact avec les émanations de polluants chimiques et biologiques mais aussi de diminuer le niveau sonore.

Elle a par ailleurs servi à la création d'un nouvel espace de travail: un hall, avec une atmosphère de travail saine assurant l'accès

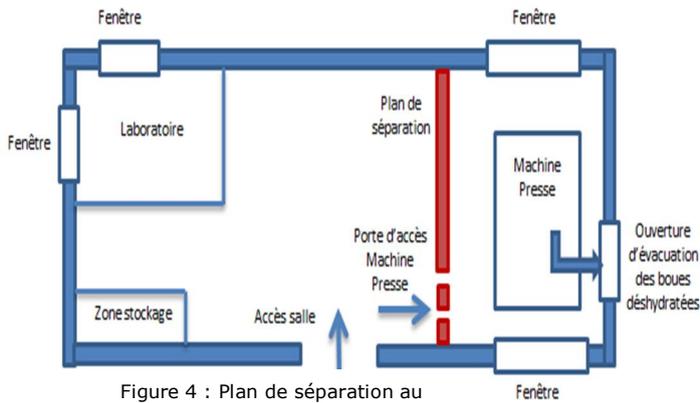


Figure 4 : Plan de séparation au niveau de la salle de déshydratation

au bureau et parfois l'exécution de travaux d'entretien en toute sécurité loin des aléas des odeurs désagréables.

4-3- Restriction du temps d'exposition du salarié dans la salle de presse. L'organisation actuelle de travail réduit ce temps d'exposition au strict nécessaire. (figure 4, Photo 4)

4-4- Fourniture des équipements de protection individuelle et sensibilisation à la nécessité de leur port ; Il s'agit d'un masque respiratoire filtrant à cartouche type B pour gaz et vapeur inorganique de couleur gris ABEK2P3 ainsi que des lunettes de protection enveloppantes ou écran facial, une tenue de travail imperméable en cas de nettoyage prolongé, des gants adaptés au risque



Photo 4 : Séparation entre la presse et le reste de la salle

chimique, biologique et mécanique et de chaussures et bottes antidérapantes.

4-5- Affichage de sécurité : il a englobé les messages de signalisations du risque H2S de façon lisible et simple; étiquetage, phrase de risque et consignes de prudence. Des messages d'interdiction de toute source de flamme, (interdit de fumer, interdit de souder..), étant donné le risque d'inflammabilité du H2S ont été affichés.

4-6- Formation et information du personnel sur :

4-6-1- Les risques encourus lors de ces activités, sur les mesures de protection collectives et individuelles (rôle du confinement, de la ventilation, des EPI) ainsi que sur les consignes de sécurité dès l'entrée à la salle.

4-6-2- Les mesures d'hygiène à appliquer.

4-6-3- Les mesures organisationnelles à respecter :

- La durée maximale d'exposition au H2S lors des opérations de contrôle ou d'entretien de la machine presse ont été limitées à 15 minutes (VLE).
- Proscription de tout travail d'intervention dans la machine presse sans aviser préalablement les supérieurs pour y éviter le travail isolé.
- Actions sur les procédés d'extraction de boue en limitant le temps de séjour des boues dans les épaisseurs à 24 heures.

4-7- Traitement des odeurs par des :

4-7-1- Procédés chimiques :

- Les neutralisants qui modifient les propriétés chimique du milieu et limite la production du gaz.
- Les oxydants.
- Les adsorbants des odeurs, exemple le charbon actif...
- Le sulfate ferreux...(Choi, Lee, Shin, & Kim, 2012 ;Oviedo, Johnson, & Shipley, 2012).

4-7-2- Autres méthodes appliquées dès la conception: application de bio-filtres, bio-laveurs, bioréacteurs.... (Sivret & Stuetz, 2012) ;(Talaiekhosani, Bagheri, Goli, & Talaei Khoozani, 2016).

5- Feed-back de l'intervention :

Cette phase est très importante aux yeux de l'ouvrier, le valorise et crédibilise sa plainte et les promesses de solution de l'administration. Après les



Photo 5 et 6 : Affichage des consignes de sécurité

transformations prescrites et réalisées, un sentiment net de différence et de confort est rapporté par l'ouvrier.

Le mesurage atmosphérique de H2S a été contrôlé après les aménagements. Les valeurs retrouvées figurent sur le tableau suivant :

Lieu de prélèvement	H2S avant intervention	H2S après intervention
A l'entrée de la salle	20 ppm	0 ppm
Près de la machine	25 ppm	7 ppm
A l'intérieur de la machine	120 ppm	Non fait

Tableau 2. Valeurs de H2S avant et après intervention

Ces valeurs restent toujours supérieurs à la VME ce qui impose le port obligatoire du masque respiratoire durant l'intervention.

5-Conclusion :

Les eaux usées sont chargées de matières organiques et peuvent générer des odeurs désagréables, suivant un processus biologique de fermentation. Les composés soufrés dégagés dont le sulfure d'hydrogène (H2S), sont les plus fréquents et caractérisent les mauvaises odeurs des stations d'épuration.

L'approche globale de la situation de travail, basée sur l'analyse de l'activité, l'entretien avec l'opérateur et la métrologie de l'exposition a permis l'étude des déterminants de la situation de travail en ce qui concerne les émanations d'odeurs et de déterminer les mesures techniques ou organisationnelles qui peuvent être prises pour prévenir les risques et améliorer la situation de travail.

Au terme de notre intervention, des actions de prévention ont été renforcées et après les transformations prescrites et réalisées, un sentiment net de différence et de confort a été rapporté et le mesurage atmosphérique de H2S a baissé de 25 ppm à 07 ppm. Ces valeurs restent toujours supérieurs à la VME ce qui impose le port obligatoire du masque respiratoire durant l'intervention de l'opérateur.

6-Références bibliographiques :

- 1- Choi, I., Lee, H., Shin, J., & Kim, H. (2012) Evaluation of the effectiveness of five odor reducing agents for sewer system odors using an on-line total reduced sulfur analyzer. *Sensors* (Basel, Switzerland), 12(12), 16892–16906. <https://doi.org/10.3390/s121216892>.
- 2- Marleni, N., Gray, S., Sharma, A., Burn, S., & Muttill, N. (2015) Impact of water management practice scenarios on wastewater flow and contaminant concentration. *Journal of Environmental Management*, 151, 461–471. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.010>.
- 3- Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (2009) Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique. L'apport de l'ergotoxicologie. *Activités*, 06(6–1). <https://doi.org/10.4000/activites.2086>.
- 4- Naidoo, S., & Olaniran, A. O. (2013) Treated wastewater effluent as a source of microbial pollution of surface water resources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(1), 249–270. <https://doi.org/10.3390/ijerph110100249>.

- 5- Oviedo, E. R., Johnson, D., & Shipley, H. (2012) Evaluation of hydrogen sulphide concentration and control in a sewer system. *Environmental Technology*, 33(10-12), 1207-1215. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.618932>.
- 6- Simões, R. R., & Figueiredo, V. G. C. (2012) The overload at work and outside of work: The case of woman operators of blistering. *Work* (Reading, Mass.), 41 Suppl 1, 698-702. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0228-698>.
- 7- Simonet, P., Caroly, S., & Clot, Y. (2011) Méthodes d'observation de l'activité de travail et prévention durable des TMS: Action et discussion interdisciplinaire entre clinique de l'activité et ergonomie. Retrieved from <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00715614>.
- 8- Sivret, E., & Stuetz, R. M. (2012) Sewer odour abatement monitoring—An Australian survey. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 66(8), 1716-1721. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.376>.
- 9- Talaiekhosani, A., Bagheri, M., Goli, A., & Talaie Khoozani, M. R. (2016) An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems. *Journal of Environmental Management*, 170, 186-206. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.021>.
- 10- Travail, M. du, & Travail, M. du. (2019, August 15) Hydrogène sulfuré. Retrieved August 16, 2019, from Ministère du Travail website: <https://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques-pour-la-sante-au-travail/autres-dangers-et-risques/article/hydrogene-sulfure>.
- 11- Vidal, A., Blanchemain, J.-F., Verdun-Esquer, C., Rinaldo, M., & Brochard, P. (2012) Les effets respiratoires d'une exposition chronique et subaiguë à l'hydrogène sulfuré: Rapport de cas de salariés de stations d'épuration des eaux usées. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 73(5), 799-805. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2012.07.002>.
- 12- Vidal, J., Sellin, M., Ducret, M.-C., Hoffmann, N., Leblanc, S., & Cros, A. (2018) Comment l'approche ergotoxicologique éclaire l'instruction d'une maladie professionnelle. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 79(3), 420-421. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2018.03.476>.
- 13- Barbosa, V. L., Dufol, D., Callan, J. L., Sneath, R., & Stuetz, R. M. (2004) Hydrogen sulphide removal by activated sludge diffusion. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 50(4), 199-205.
- 14- Barjenbruch, M. (2003) Prevention of odour emergence in sewage networks. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 47(7-8), 357-363.
- 15- Blazy, V., de Guardia, A., Benoist, J. C., Daumoin, M., Lemasle, M., Wolbert, D., & Barrington, S. (2014) Odorous gaseous emissions as influence by process condition for the forced aeration composting of pig slaughterhouse sludge. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 34(7), 1125-1138. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.012>.
- 16- Chaari, A., Bahloul, M., Chelly, H., Sahnoun, M., & Bouaziz, M. (2010) Défaillance cardiaque et neurologique secondaire à une intoxication accidentelle par l'hydrogène sulfuré: À propos d'un cas. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 29(4), 304-307. <https://doi.org/10.1016/j.annfar.2010.01.015>.

- 17-Chen, J. L., Ortiz, R., Steele, T. W. J., & Stuckey, D. C. (2014) Toxicants inhibiting anaerobic digestion: A review. *Biotechnology Advances*, 32(8), 1523–1534. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.005>.
- 18-Choi, I., Lee, H., Shin, J., & Kim, H. (2012) Evaluation of the effectiveness of five odor reducing agents for sewer system odors using an on-line total reduced sulfur analyzer. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 12(12), 16892–16906. <https://doi.org/10.3390/s121216892>.
- 19-Dossiers CHSCT: La prévention des risques professionnels des agents d'assainissement et de traitement des eaux usées. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from http://www.official-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/risque-chimique/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=69&dossier=201.
- 20-International Labour Organization. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from <https://www.ilo.org/global/lang-en/index.htm>.
- 21-JUDON, N., HELLA, F., PASQUEREAU, P., & Garrigou, A. (2015) Towards an Integrated Prevention of Chemical Risk of Dermal Exposure to Bitumen in Road Workers: Development of a Methodology Based on Ergotoxicology. *Perspectives Interdisciplinaires Sur Le Travail et La Santé*, 17(2). Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01256717>.
- 22-Marleni, N., Gray, S., Sharma, A., Burn, S., & Muttill, N. (2015) Impact of water management practice scenarios on wastewater flow and contaminant concentration. *Journal of Environmental Management*, 151, 461–471. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.010>.
- 23-Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (2009) Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique. L'apport de l'ergotoxicologie. *Activités*, 06(6–1). <https://doi.org/10.4000/activites.2086>.
- 24-Naidoo, S., & Olaniran, A. O. (2013) Treated wastewater effluent as a source of microbial pollution of surface water resources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(1), 249–270. <https://doi.org/10.3390/ijerph110100249>
- 25-Num_14. (n.d.-b). Retrieved June 10, 2019, from http://www.fndae.fr/documentation/numero_13.html.
- 26-Oviedo, E. R., Johnson, D., & Shipley, H. (2012) Evaluation of hydrogen sulphide concentration and control in a sewer system. *Environmental Technology*, 33(10–12), 1207–1215. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.618932>.
- 27-Postes de relèvement sur les réseaux d'assainissement—Brochure—INRS. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206076>.
- 28-Simões, R. R., & Figueiredo, V. G. C. (2012) The overload at work and outside of work: The case of woman operators of blistering. *Work (Reading, Mass.)*, 41 Suppl 1, 698–702. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0228-698>.
- 29-Simonet, P., Caroly, S., & Clot, Y. (2011) Méthodes d'observation de l'activité de travail et prévention durable des TMS: Action et discussion interdisciplinaire entre clinique de l'activité et ergonomie. Retrieved from <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00715614>.
- 30-Sivret, E., & Stuetz, R. M. (2012) Sewer odour abatement monitoring—An Australian survey. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 66(8), 1716–1721. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.376>.
- 31-SSTFP -- Santé—Sécurité au Travail dans les Fonctions Publiques. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from <http://www.intefp-sstfp.travail.gouv.fr/>
- 32-Station d'épuration des eaux usées—Brochure—INRS. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206152>.
- 33-Sulfure d'hydrogène (FT 32). Généralités—Fiche toxicologique—INRS. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from

- http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_32.
- 34-Talaiekhazani, A., Bagheri, M., Goli, A., & Talaei Khoozani, M. R. (2016) An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems. *Journal of Environmental Management*, 170, 186–206. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.021>.
- 35-Travail, M.& Travail, M du. (2019, August 15) Hydrogène sulfuré. Retrieved August 16, 2019, from Ministère du Travail website: <https://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques-pour-la-sante-au-travail/autres-dangers-et-risques/article/hydrogene-sulfure>.
- 36-Université Toulouse III - Paul Sabatier—Intoxication accidentelle grave à l’hydrogène sulfuré: Un cas pédiatrique de survie. (n.d.). Retrieved June 10, 2019, from <https://hal-univ-tlse3.archives-ouvertes.fr/hal-02050355v1>
- 37-Vidal, A., Blanchemain, J.-F., Verdun-Esquer, C., Rinaldo, M., & Brochard, P. (2012). Les effets respiratoires d’une exposition chronique et subaiguë à l’hydrogène sulfuré: Rapport de cas de salariés de stations d’épuration des eaux usées. *Archives des Maladies Professionnelles et de l’Environnement*, 73(5), 799–805. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2012.07.002>.
- 38-Vidal, J., Sellin, M., Ducret, M.-C., Hoffmann, N., Leblanc, S., & Cros, A. (2018) Comment l’approche ergotoxicologique éclaire l’instruction d’une maladie professionnelle. *Archives des Maladies Professionnelles et de l’Environnement*, 79(3), 420–421. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2018.03.476>.