

**BURKINA FASO**

\*\*\*\*\*

**UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU**



**UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SCIENCES DE LA SANTE  
(UFR/SDS)**

\*\*\*\*\*

**TROISIEME CYCLE SPECIALISE ET DOCTORAL EN PHARMACIE  
OPTION TOXICOLOGIE APPLIQUEE**

**Année universitaire : 2010 – 2011**

**Risque chimique toxique en entreprise : cas de la Société  
Nouvelle Huilerie et Savonnerie (SN-CITEC) de la ville de  
Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)**

*Présenté et soutenu publiquement le 27/12/2011*

*Par :*

**Joëlle Nicole GUISSOU**

**(Docteur en pharmacie)**

*Pour l'obtention du*

**Diplôme d'Etudes Approfondies en Toxicologie appliquée**

**JURY**

**Directeur de Mémoire**

Pr. Ag. Touridomon Issa SOME

**Co-directeur**

Dr. Moustapha OUEDRAOGO

**Président** Pr. Ag. Théophile Lincoln TAPSOBA

**Membres** Pr. Ag. Touridomon Issa SOME

Dr. Makoum Adama TOE

Dr. Vincent OUEDRAOGO

# **DEDICACES ET REMERCIEMENTS**

## DEDICACES

*«Seigneur mon Dieu, je te louerai de tout mon cœur, je t'apporterai mon hommage pour toujours».*

### **A ma mère**

L'arbre que tu as fait grandir commence à porter des fruits. Que Dieu t'accorde longue vie afin que tu puisses bénéficier de son ombre et de ses fruits. Merci pour tous les efforts consentis. Que Dieu te bénisse.

### **A mon père**

Tes conseils et encouragements continuent à bercer ma vie. Tu es et tu seras indispensable tout au long de ma vie. J'espère faire ta fierté. Merci. Puisse Dieu te garder longtemps auprès de nous.

### **A mon frère Sonny Isaac et sa famille (Sarah et Anaïs)**

Malgré la distance votre soutien est inestimable. Vous restez un réconfort pour moi. Ce travail est le votre. Que Dieu nous garde toujours uni et que vous puissiez compter sur moi comme je compte sur vous. Merci à vous.

### **A Isdine LAOUROU**

Les mots me manquent pour exprimer ce que je ressens pour toi. Les difficultés de la vie nous fortifient tous les jours et ne font que nous rapprocher. Merci pour ta patience et ta compréhension. Que Dieu nous guide et nous assiste toujours afin que nous puissions voir l'aboutissement de nos projets. Vois là l'amour que je te porte.

**A mes amis et aînés** : Zan, Carine, Arielle, Molo, Youle, Jumelle, Dassi, Dr. Thierry PALENFO, Dr. Aymar TINDREBEOGO et Dr. Haigenda DA HENSALA et leur fille Shona, DR. Ahmed ZOMBRA et sa famille (Elalie et Dilmah).

**Aux familles** : BELEM, GUISSOU, LAOUROU, KONE.

**A mes tuteurs de BOBO DIOULASSO (Herman, Julienne et Yannis)**

Sans vous ce travail n'aurait pu exister. Vous m'avez accueillie et adoptée sans réserve. Je vous en remercie. Que Dieu fortifie nos liens et qu'il nous garde toujours ensemble. Qu'il vous bénisse.

**A ma promotion de DEA.**

**Aux enseignants du DEA.**

**A tous mes enseignants du primaire, secondaire et supérieur.**

## **REMERCIEMENTS:**

Je tiens à remercier sincèrement :

**La Commission Universitaire pour le Développement (CUD)** pour l'appui financier dont j'ai pu bénéficier.

**La Société Nouvelle Huilerie et Savonnerie SN-CITEC ;**

Le Directeur du laboratoire du contrôle de qualité de la SN-CITEC : **M. KASSAMBA ;**

Le Directeur Adjoint du contrôle de qualité SN-CITEC : **M. TALL ;**

**Les ouvriers de la SN-CITEC ;**

**Le laboratoire de Chimie Analytique, de Bromatologie et Toxicologie de l'UFR/SDS ;**

**Le laboratoire de Pharmacologie et de toxicologie de l'UFR/SDS ;**

**Le Dr. Moustapha OUEDRAOGO ;**

**Tantie BOUDA et sa famille ;**

**Mes aînés :** Dr. Dimitri MEDA, Dr. Souleymane FOFANA, Dr. Emile OUEDRAOGO, Dr. Charles SOMBIE, Dr. Abdoul Karim SAKIRA, Dr. Judicaël SOME.

**A NOS MAITRES ET JUGES**

## **A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DU JURY**

**Professeur Agrégé Théophile Lincoln TAPSOBA**

- **Maître de Conférences Agrégé de Biophysique et Médecine Nucléaire à l'UFR\SDS**
- **Président de l'ordre des médecins**

Honorable maître, nous tenons à vous remercier pour l'immense honneur que vous nous faites en acceptant de présider et de juger ce travail, malgré vos multiples occupations. Trouvez l'expression de notre respectueuse considération, et de notre profonde gratitude.

## **A NOTRE MAITRE ET DIRECTEUR DE MEMOIRE**

**Professeur Agrégé Touridomon Issa SOME**

- **Maître de Conférences Agrégé en chimie analytique et Bromatologie à l'UFR/SDS**

Honorable maître, nous sommes sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de diriger ce travail. Votre brillant esprit de chercheur, votre rigueur scientifique et votre amour du travail bien fait, font de vous un grand maître de notre faculté. Veuillez trouver ici cher Maître, l'expression de notre plus grand respect.

## **A NOTRE MAITRE ET MEMBRE DU JURY**

**Docteur Adama Makoum TOE**

- **Maître de Recherche en Toxicologie Ecotoxicologie à l'IRSS/DRO**

Cher maître c'est un privilège pour nous de vous avoir dans ce jury malgré vos multiples occupations. Vos connaissances scientifiques et votre ardeur au travail forcent l'admiration de tous. Trouvez ici l'expression de notre gratitude et notre profond respect.

## **A NOTRE MAITRE ET MEMBRE DU JURY**

**Docteur Vincent OUEDRAOGO**

- **Maître-assistant en Médecine du Travail à l'UFR/SDS**

Nous sommes sensibles à l'honneur que vous nous faites en siégeant dans le jury de notre mémoire. Votre disponibilité nous donne l'occasion de profiter de vos connaissances. Veuillez trouver ici l'expression de notre plus grand respect.

## **A NOTRE MAITRE ET CO-DIRECTEUR DE MEMOIRE**

**Docteur Moustapha OUEDRAOGO**

- **Maître-assistant en toxicologie à l'UFR/SDS**

Nous avons bénéficié d'un encadrement rigoureux et d'une disponibilité dans l'élaboration de ce travail. A aucun moment vous n'avez ménagé d'efforts pour nous faciliter la tâche. Vous avez été sensibles et compréhensifs. Nous n'oublierons jamais vos gestes de bonté et de sympathie. Nous vous souhaitons beaucoup de réussite aussi bien sur le plan familial que professionnel. Que Dieu vous garde et vous bénisse.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

ACGIH	: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADN	: Acide Désoxyribonucléique
AFNOR	: Association Française de Normalisation
AIPST	: Association Interprofessionnelle pour la Prévention et la Santé au Travail (France)
ATSDR	: Toxicological Profile Information Sheet Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BLV	: Biological monitoring and biological limit values
CEPE	: Certificat d'Etudes Primaires Elémentaires
CH <sub>4</sub>	: Méthane
CIS	: Centre International d'Informations de Sécurité et d'Hygiène du Travail
CO	: Monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	: Dioxyde de carbone
DIB	: Déchets Industriels Banals
DIS	: Déchets industriels spéciaux
DTQD	: Déchets toxiques en quantités dispersées
EEL	: Emergency Exposure Limits
H <sub>2</sub>	: Dihydrogène
INRS	: Institut National de Recherche en Sécurité (France)
ISO	: International Organization for Standardization
MAC	: Maximum Allowable Concentration
N <sub>2</sub>	: Azote
NaOH	: Hydroxyde de sodium
NOAEL	: No Observed Adverse Effect Level
ONEA	: Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (Burkina Faso)
pH	: potentiel Hydrogène
SHSB	: Société des Huiles et Savons du Burkina
SHSHV	: Société des Huiles et Savons de la Haute Volta
SN-CITEC	: Société Nouvelle du Comptoir des Industries Textiles Cotonnières
SONABEL	: Société Nationale d'Electricité Du Burkina
STEL	: Short Term Exposure Limit
TLV	: Threshold Limit Value

TLV-C : Threshold Limit Value-Ceiling  
TWA : Time Weighted Average

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Evaluation de la relation « exposition-risque » et ses applications	6
Figure 2 : Schéma du principe de la méthanisation	28
Figure 3 : Répartition des ouvriers selon l'âge (n=30)	40
Figure 4 : Répartition des ouvriers scolarisés en fonction de leur niveau (n=26)	41
Figure 5: Répartition des ouvriers en fonction de leur formation professionnelle (n= 30)	41
Figure 6: Stock d'acide phosphorique	42
Figure 7: Aspect de la graine délintée	44
Figure 8 : Répartition des ouvriers d'après leur avis sur la dangerosité des déchets industriels (n=30)	45
Figure 9 : Répartition des ouvriers selon leurs attitudes face à la protection (n=30)	46
Figure 10: Fûts de déchets à la sortie de l'atelier d'expandage	47
Figure 11 : Bassin de rétention des eaux usées	49
Figure 12 : Masque attribué aux ouvriers de la savonnerie pour leur protection	52
Figure 13 : Ouvrier poussant la soude sous forme solide pour sa fonte	52

## **LISTE DE TABLEAUX**

Tableau I : Cycle de production de l'huilerie de la SN-CITEC	36
Tableau II: Cycle de production de la savonnerie de la SN-CITEC	37
Tableau III: Différentes analyses effectuées sur les produits solides	38
Tableau IV: Différentes analyses effectuées sur l'eau et les produits liquides	38
Tableau V: Données toxicologiques des produits utilisés à la SN-CITEC	43
Tableau VI: Différents facteurs de risques rencontrés par les ouvriers	44
Tableau VII: Récapitulatif des équipements de protection des ouvriers	50
Tableau VIII: Impact sanitaire des facteurs de risque sur les ouvriers	54

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION : ENONCE DU PROBLEME</b>	<b>2</b>
<b>PREMIERE PARTIE : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>5</b>
<b>I. RISQUE CHIMIQUE EN ENTREPRISE</b>	<b>5</b>
1. Définition	5
2. Evaluation du risque chimique	5
2.1. Première méthode : Paramètres d'exposition de la surveillance de l'environnement	7
2.2. Deuxième approche : Surveillance biologique de l'exposition	9
2.2.1. Objectifs et avantages de la surveillance biologique de l'exposition	10
2.2.2. Principaux tests actuellement utilisés pour la surveillance biologique de l'exposition aux toxiques industriels	10
2.3. Troisième approche : Surveillance de la santé	12
3. Gestion du risque	13
3.1. Mesures techniques	13
3.1.1. Mesures collectives	14
3.1.2. Equipement de protection individuelle	15
3.1.3. Mesures spécifiques	19
3.2. Mesures médicales	19
3.3. Prévention légale	20
3.3.1. Responsabilité pénale et responsabilité civile	20
<b>II. DECHETS INDUSTRIELS</b>	<b>22</b>
1. Définitions	22
2. Aspects toxicologiques	23
3. Traitement des déchets	23
3.1. Incinération	23
3.2. La co-incinération	24
3.4. Procédés thermiques de dégradation des déchets	24
3.5. Procédés biologiques de dégradation des déchets	26
<b>I. OBJECTIFS</b>	<b>31</b>
1. Objectif général	31
2. Objectifs spécifiques	31
<b>II. METHODOLOGIE</b>	<b>31</b>
1. Cadre de l'étude	31
1.1. Identification de l'entreprise	31
1.2. Différents ateliers de la SN-CITEC	32
2. Période et type d'étude	32
3. Population d'étude	33
4. Echantillonnage	33
4.1. Critère d'inclusion	33
4.2. Critère de non inclusion	33
5. Matériel et méthode de l'étude	33
5.1. Matériel de l'étude	33
5.2. Méthode de l'étude	33

5.3.Variables de l'étude	33
6.Traitement des données	33
7.Ethique et déontologie	34
<b>III. RESULTATS</b>	<b>35</b>
1.Description du cycle de production de la SN-CITEC	35
1.1.Cycle de production huilerie et savonnerie	35
1.2.Contrôle de qualité	37
1.3.Autres structures de la SN-CITEC	39
2.Caractéristiques sociodémographiques	40
2.1. Age et sexe	40
2.2. Niveau de scolarité	40
2.3. Formation professionnelle	41
2.4. Ancienneté dans le service	41
3. Données sur l'environnement de travail	42
3.1. Liste des produits chimiques utilisés au sein de la SN-CITEC et forme	42
3.2. Données toxicologiques des produits chimiques	42
3.3. Facteurs de risques toxiques rencontrés par les ouvriers	43
4. Connaissances attitudes et pratique sur le risque chimique toxique	45
4.1. Connaissances des ouvriers	45
4.1.1. Connaissances des ouvriers sur le risque chimique toxique	45
4.1.2. Connaissances des ouvriers sur les déchets industriels	45
4.2. Attitudes des ouvriers face au risque chimique toxique	46
4.3. Pratique face au risque chimique toxique	47
4.3.1. Organisation de la gestion des déchets	47
4.3.2. Atelier de traitement des effluents	47
5. Equipements de protection et gestion du risque	49
5.1. Equipements de protection	49
5.2. Formations sur le risque toxique	52
5.3. Aptitude au poste de travail	53
5.4. Impact sanitaire des facteurs de risque sur les ouvriers	53
<b>IV. Discussion</b>	<b>55</b>
1. Caractéristiques socio-démographiques	55
2. Données toxicologiques sur l'environnement de travail	55
2.1. Produits chimiques rencontrés au sein de la SN-CITEC	55
2.2. Données toxicologiques des produits chimiques rencontrés au sein de la SN-CITEC	55
2.3. Facteurs de risques rencontrés par les ouvriers	56
3. Connaissances, attitude et pratique sur le risque chimique toxique	56
3.1. Connaissances des ouvriers	56
3.1.1. Connaissances des ouvriers sur le risque chimique toxique	56
3.1.2. Connaissances des ouvriers sur les déchets industriels	57
3.2. Attitudes des ouvriers face au risque chimique toxique	57
3.3. Pratiques face au risque chimique toxique	59
4. Equipements de protection et Gestion du risque	59
4.1. Equipements de protection	59
4.2. Formation sur le risque toxique	60
4.3. Aptitude au poste de travail	60
4.4. Surveillance de la santé	61

<b>CONCLUSION</b>	<b>63</b>
<b>RECOMMANDATIONS</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>67</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>73</b>

## **INTRODUCTION : ENONCE DU PROBLEME**

L'explosion démographique et l'urbanisation accélérée de nos pays ont entraîné avec elles un développement industriel qui va sans cesse croissant. Cette expansion de l'industrie et l'intrusion de la technologie chimique dans presque toutes les branches de l'économie et dans la vie quotidienne pourraient être à l'origine de dommages sur la santé et l'environnement nécessitant des études toxicologiques appropriées sur le risque toxique [1].

La toxicologie est l'étude des effets défavorables des substances chimiques sur les organismes vivants. En milieu industriel, l'effet toxique dépend de la composition de l'air des locaux de travail, de la nature et des propriétés physico-chimiques de la substance incriminée, de ses conditions d'utilisation et de la sensibilité individuelle. C'est l'ensemble de ces phénomènes qui conduit à la notion de risque. Le risque est défini comme la probabilité avec laquelle un effet toxique surviendra suivant les conditions d'emploi d'une substance [2].

La toxicologie industrielle vise à déterminer un seuil d'innocuité et nécessite pour cela des études détaillées destinées à mettre en évidence des modifications et des altérations de toute nature [3]. La toxicologie industrielle est le domaine de la toxicologie qui s'intéresse particulièrement aux corps chimiques utilisés dans l'industrie. Vu le développement de la chimie industrielle, elle représente un domaine très important de la toxicologie. Elle traite de l'identification, de l'analyse, du mécanisme d'action, du métabolisme et des interactions des corps chimiques industriels, du diagnostic des intoxications, du traitement et de la prévention de ses effets toxiques qu'ils peuvent engendrer [2].

L'industrie est indexée comme la principale responsable de la dégradation des écosystèmes dans plusieurs milieux, incitant chaque pays à prendre en compte la dimension environnementale dans leurs activités de production. Dans les pays en développement comme le Burkina Faso, des entreprises industrielles s'installent de plus en plus malgré les récessions économiques. Ces entreprises doivent répondre à des cahiers de charge pour prévenir les nuisances sur la santé et l'environnement. En effet, si l'industrialisation est un facteur essentiel de croissance économique dans les pays en développement, les pratiques industrielles peuvent aussi avoir de sévères conséquences regrettables sur la santé et l'environnement à cause du risque chimique, du rejet de polluants atmosphériques et aquatiques et du traitement des

déchets dangereux. Ces pays sont en général moins attentifs à la protection de l'individu, de l'environnement et les normes environnementales sont souvent inadéquates [4].

Le problème de pollution industrielle est plus compliqué dans les pays en développement que dans les pays industriels, à cause des obstacles d'ordre économique qui y existent. Les pays en développement ne possèdent pas les ressources nécessaires pour lutter contre la pollution comme le font les pays développés. De plus, la pollution peut coûter très cher à une société en développement en termes de santé et de déchets [5]. Selon une étude réalisée en 1995, la production annuelle des déchets de la ville de Ouagadougou était estimée à 200 000 tonnes [6]. Ce qui fait de la gestion des déchets l'une des questions sanitaires et environnementales les plus préoccupantes.

Les études scientifiques sur l'impact sanitaire et environnemental des entreprises industrielles sont rares. Lorsque ces études existent, elles ne sont que des études prospectives. Le but de notre travail de recherche est d'évaluer le risque chimique toxique en entreprise.

#### Objectif général :

Evaluer le risque chimique toxique à la SN-CITEC située dans la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso?

#### Objectifs spécifiques:

- Décrire le système de production à la SN-CITEC ;
- Dresser le profil des produits chimiques utilisés dans l'unité industrielle;
- Décrire la typologie des déchets générés par l'unité industrielle;
- Identifier les facteurs de risque chimique toxique dans l'unité industrielle ;
- Analyser la gestion du risque chimique et le système de gestion des déchets dans l'unité industrielle.

**PREMIERE PARTIE :**  
**RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES**

# PREMIERE PARTIE : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

## I. RISQUE CHIMIQUE EN ENTREPRISE

### 1. Définition

Le risque chimique est défini comme la probabilité avec laquelle un effet toxique surviendra suivant les conditions d'emploi d'une substance chimique. Le risque chimique est apprécié en considérant les éléments suivants :

- La toxicité intrinsèque de la substance chimique (propriétés inhérentes d'une substance à engendrer des effets délétères) ;
- Les relations doses-réponse/effet (contact avec des concentrations toxiques) ;
- Les conditions d'exposition à la substance chimique [2].

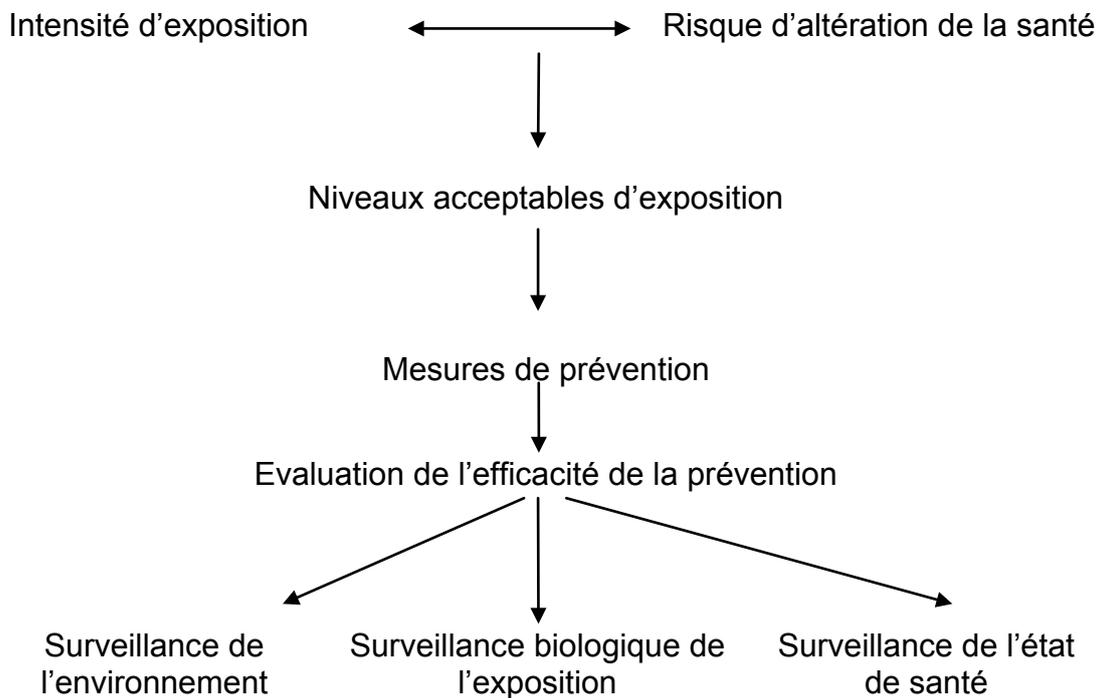
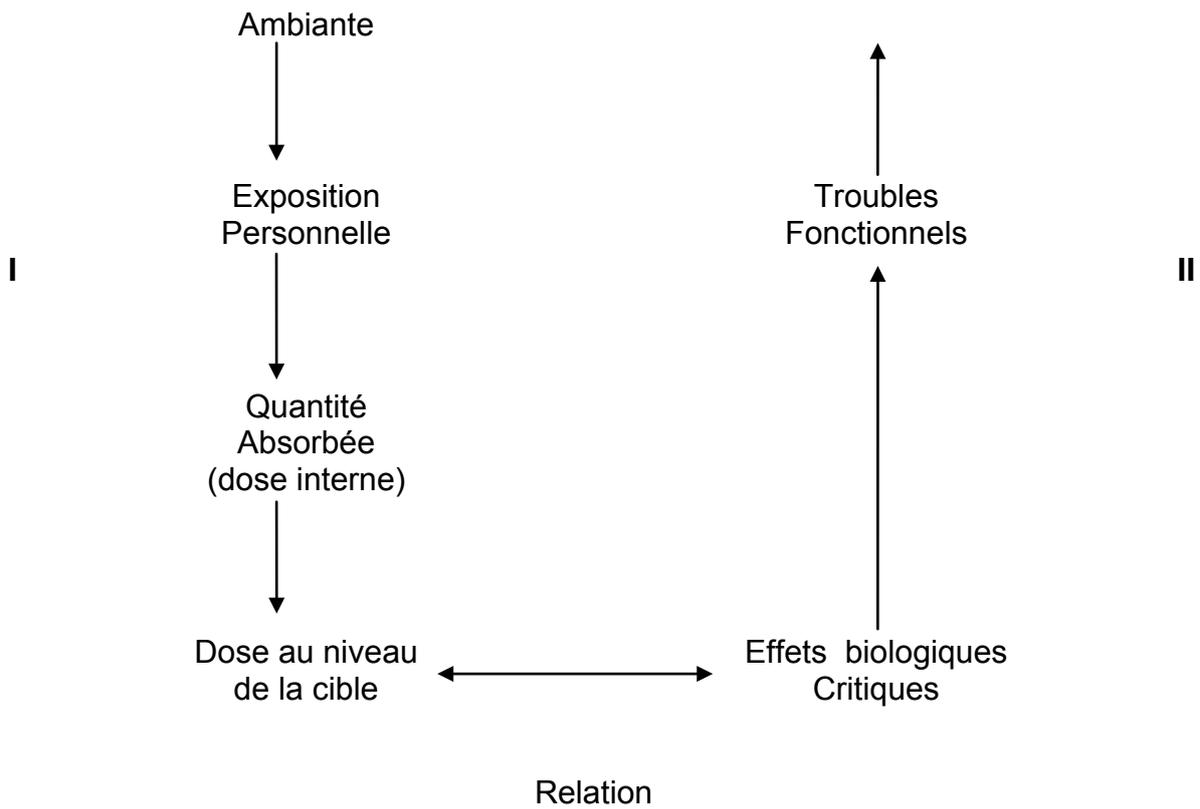
Selon l'Association Interprofessionnelle pour la Prévention et la Santé au Travail (A.I.P.S.T.) en France, le risque chimique en entreprise est l'exposition des salariés à des agents chimiques dangereux pouvant occasionner des dommages pour la santé. Sont classés agents chimiques dangereux, les agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction ainsi que tout produit ou substance chimique présentant une probabilité d'apparition de risque. Cette définition prend également en compte les agents générés par une activité, tels que les poussières de bois, les fumées de soudage, les échappements de moteurs [7].

### 2. Evaluation du risque chimique

L'évaluation du risque chimique fait appel à 3 méthodes de surveillance complémentaires : surveillance de l'environnement, surveillance biologique de l'exposition et surveillance de l'état de santé. Ces méthodes découlent des connaissances sur le métabolisme des substances chimiques et de leur mécanisme d'action (figure 1).

Exposition

Maladies



I : Métabolisme des xénobiotiques

II : Mécanisme d'action des xénobiotiques

**Figure 1:** Evaluation de la relation « exposition-risque » et ses applications[2]

## **2.1. Première méthode : Paramètres d'exposition de la surveillance de l'environnement**

La surveillance de l'environnement tend à évaluer l'exposition externe des sujets. L'estimation du risque s'effectue à l'échelle d'un groupe de travailleurs, ou à l'échelle individuelle. L'existence possible d'un risque est appréciée en se référant à des paramètres. La surveillance de l'environnement comporte le dosage et l'analyse de l'air.

Le dosage de l'air vise essentiellement à déterminer si la concentration atmosphérique de la substance considérée est inférieure à celle jugée acceptable sur la base des connaissances scientifiques actuelles. Des études toxicologiques ont permis de déterminer des valeurs critiques de dose. L'un des premiers paramètres à être connu fut la dose seuil au-dessous de laquelle aucun effet toxique n'est observé (no observed adverse effect level = NOAEL) dans les relations dose-effet [8]. Par la suite d'autres valeurs moyennes de substances chimiques à ne pas dépasser ont pu être fixées.

C'est ainsi qu'on a défini les concentrations admissibles moyennes ou threshold limit values (TLV). La TLV prend des définitions différentes en fonction de la terminologie associée. Les concentrations moyennes de substances chimiques dans l'air ambiant qui sont applicables pour une exposition répétée – 8 heures/jour, 5 jours/ semaine pendant toute une vie professionnelle et ne produisant pas d'effets nocifs chez la majorité de travailleurs sont définies comme la Threshold Limit values-Time-Weighted Average (TLV-TWA) [9-11].

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a recommandé que la fluctuation de la dose tolérée ne dépasse pas 3 fois la valeur de la TLV-TWA pendant plus de 30 minutes au cours d'une journée de travail. L'ACGIH a également proposé des concentrations tolérables pour des expositions de courte durée (15min), le Threshold limit value-short term exposure limit (TLV-STEL).

Ils ont estimé qu'une exposition de 15 minutes au maximum à ces concentrations n'entraîne pas d'irritations intolérables de dommages tissulaires irréversibles ou un état de narcose pouvant favoriser les accidents. Pas plus de 4 expositions par jour ne devraient être tolérées et ce, pour autant que chaque exposition soit espacée d'un intervalle d'au moins une heure.

Pour certaines substances (en particulier les gaz très irritants et les substances dont l'action toxique est rapide), l'ACGIH a proposé une valeur plafond qui ne peut jamais

être dépassée : la Threshold Limit Value-Ceiling (TLV-C) ou Maximum Allowable Concentration (MAC). Il est à noter que d'autres organismes ont également proposé pour un certain nombre de toxiques des concentrations admissibles d'exposition pour des situations d'urgence Emergency Exposure Limits (EEL). Il s'agit de concentrations maximales qui peuvent être tolérées exceptionnellement (accidents) pendant une période de temps très brève et n'entraînant pas d'effets nocifs majeurs. Les limites d'exposition d'urgence ont été élaborées pour les propellants. Les propellants sont des gaz utilisés dans les aérosols qui forcent la sortie des liquides en fines gouttelettes. Les TLV-STEL sont des concentrations maximales. Il ne faut pas les confondre avec les concentrations moyennes ou les concentrations maximales admissibles pour des situations d'urgence [12].

Cependant, les TLV-TWA ou les concentrations maximales permises ne représentent pas nécessairement des concentrations démunies de tout risque pour la santé ; il est évidemment espéré que la majorité des travailleurs puissent être exposés de façon répétée à la TLV ou la MAC d'une substance sans présenter d'altération de la santé. Il reste cependant possible que cette concentration soit encore suffisante pour engendrer une maladie professionnelle chez quelques sujets hypersensibles ou pour aggraver une maladie chez les sujets déjà handicapés.

La confrontation des résultats d'analyse de l'air ambiant aux postes de travail avec les TLV dans le but d'apprécier si les conditions de travail sont salubres (c'est-à-dire ne soumettent pas les travailleurs à un risque inacceptable) n'a d'intérêt réel que si les polluants analysés pénètrent dans l'organisme par la voie pulmonaire. De plus avec cette voie d'absorption, il est difficile d'obtenir par l'analyse de l'air seule, une estimation valable du degré d'exposition des travailleurs. D'abord, la concentration atmosphérique d'une substance chimique dans un atelier ne reste pas constante ni dans le temps ni dans l'espace. Ensuite, le travailleur reste rarement pendant toute la période de travail au même endroit ; il peut être responsable de plusieurs postes de travail. Ainsi durant la journée, il occupe plusieurs postes présentant des contaminations différentes. Enfin, il faut reconnaître que cette approche ne tient pas compte des variations biologiques d'un individu à un autre ainsi que pour le même individu [13].

Les valeurs admissibles moyennes ne sont pas applicables juste à l'air mais à d'autres types d'expositions. La voie cutanée joue également un rôle ou représente une voie d'entrée prédominante. Il est alors clair que l'analyse de l'air ne sera pas un

reflet valable du degré d'exposition. Les substances susceptibles d'être absorbées par la peau sont aussi identifiées, indiquant alors que le respect de la TLV n'exclut pas nécessairement une exposition excessive.

La détermination de la concentration d'un corps chimique dans l'air ne peut fournir qu'une approximation très grossière du degré d'exposition des travailleurs et donc du risque pour la santé. Des tests biologiques ont donc été développés permettant de préciser pour chaque sujet exposé la quantité de substances toxiques qu'il a absorbées [2].

## **2.2. Deuxième approche : Surveillance biologique de l'exposition**

Une fois absorbée et présente dans la circulation, la substance se distribue dans différents compartiments de l'organisme. Elle peut être éliminée inchangée dans l'urine ou dans l'air expiré. La majorité des substances organiques est en partie biotransformée en dérivés plus hydrosolubles et plus aisément éliminés par les voies urinaire et biliaire que la substance initiale. Celle-ci ou ses métabolites peuvent se fixer de manière réversible ou irréversible sur les supports biologiques d'action. Lorsque cette fixation s'effectue sur des récepteurs, elle engendre des effets biologiques toxiques. Ces effets à un stade précoce ne causent que des lésions infracliniques mais à un stade plus avancé de l'intoxication, elles engendrent des perturbations fonctionnelles et des destructions de structure.

La surveillance biologique de l'exposition est basée sur une estimation de l'exposition interne de l'organisme (dose interne). Cette évaluation est normalement faite sur une base individuelle. La dose interne est généralement estimée par la mesure de la substance ou de ses métabolites dans divers milieux biologiques ou par la mesure d'effets biologiques non toxiques corrélés à la dose interne. On peut aussi apprécier directement la quantité de toxique fixé aux sites d'action critique avant la survenue de répercussions pathologiques. La surveillance biologique de l'exposition est généralement réservée aux substances qui pénètrent dans la circulation et exercent des effets systémiques [14]. L'existence possible d'un risque d'exposition excessive est appréciée par référence à une concentration biologique permmissible [15].

### **2.2.1. Objectifs et avantages de la surveillance biologique de l'exposition**

La surveillance biologique de l'exposition vise à déterminer la dose interne d'une substance chimique. La dose interne couvre différents concepts. Il peut signifier la quantité de substance récemment absorbée ou la quantité totale de substance stockée dans un ou plusieurs compartiments ou dans tout l'organisme (ceci concerne les toxiques cumulatifs). Il peut encore signifier la quantité de substance ou de ses métabolites actifs fixés aux sites d'action critique.

En ce qui concerne les substances qui doivent pénétrer dans l'organisme pour exercer leurs effets toxiques, la surveillance biologique fournit une meilleure évaluation du risque pour la santé : un paramètre biologique reflétant la dose interne est nécessairement en relation plus directe avec les effets biologiques toxiques que l'on veut prévenir. De plus, la surveillance biologique permet de prendre en considération toutes les sources d'exposition. Elle intègre également l'exposition par toutes les voies. La surveillance biologique présente aussi l'avantage d'être utilisable pour tester l'efficacité de diverses mesures préventives.

Pour des raisons pratiques évidentes, la substance biologique sélectionnée doit être suffisamment stable pour permettre un stockage des échantillons pendant un certain laps de temps et elle doit être analysée par une technique qui n'est pas trop élaborée [2].

### **2.2.2. Principaux tests actuellement utilisés pour la surveillance biologique de l'exposition aux toxiques industriels**

Les tests peuvent être groupés en 3 catégories.

#### **➤ Détermination des substances ou de leurs métabolites dans les milieux biologiques**

La majorité des tests actuellement utilisés pour la surveillance biologique de l'exposition aux toxiques industriels est basée sur la détermination des substances elles-mêmes ou de leurs métabolites dans les milieux biologiques. Les milieux biologiques les plus souvent analysés sont l'urine, le sang et l'air alvéolaire. On distingue 2 groupes de tests.

- **Tests sélectifs**

La plupart des tests actuellement utilisés en médecine de travail appartient à ce groupe. Les substances auxquelles les travailleurs sont exposés sont dosés

directement dans les milieux biologiques lorsqu'il s'agit de corps peu ou non biotransformés. Lorsque l'exposition est trop faible pour qu'une quantité suffisante de métabolite soit produite ou lorsque des problèmes de spécificité l'exigent ; la détermination de la substance inchangée peut en effet constituer une analyse plus spécifique que celle d'un métabolite parfois commun à plusieurs substances.

L'exposition à des substances rapidement métabolisées dans l'organisme est habituellement évaluée par la mesure des métabolites urinaires spécifiques. Lorsque l'échantillon d'urine est recueilli au moment opportun, la concentration du métabolite urinaire est généralement moins influencée par l'exposition très récente que celle de la substance mère dans le sang ou l'air alvéolaire.

- **Tests non sélectifs**

Ces tests proposés comme indicateurs non spécifiques de l'exposition à certains groupes de substances chimiques sont de moins en moins utilisés dans la surveillance biologique. Quelques tests non sélectifs :

- Détermination des corps diazoïques dans l'urine (dépistage d'une exposition aux amines aromatiques) ;

- Dosage des thioéthers urinaires. Dépistage de l'exposition aux substances électrophiles et donc indirectement aux substances génotoxiques et cancérigènes. Cependant, l'excrétion des thioéthers peut être augmentée suite à l'exposition à des substances non génotoxiques ou non cancérigènes. Le tabac est un facteur d'interférence à ce test [16].

- Détermination du pouvoir mutagène dans les urines. Une augmentation du pouvoir mutagène des urines a été décelée parmi divers groupes de travailleurs de l'industrie. La fumée de tabac représente un facteur d'interférence.

- **Mesure d'un effet biologique non toxique corrélé avec la dose interne**

Un effet biologique est défini comme toute modification biochimique, fonctionnelle ou morphologique détectable résultant de la réaction de l'organisme avec une substance étrangère. Des tests, basés sur la mesure d'effets non toxiques, permettent dans certains cas, d'estimer de manière indirecte la quantité de produit actif déjà fixé sur les sites d'action critiques. De tels tests supposent la connaissance du mécanisme d'action de la substance considérée [2].

- **Estimation de la quantité de produit actif fixé sur les supports biologiques critiques**

Les tests appartenant à cette catégorie tentent d'estimer directement la quantité de toxique qui a interagi avec les principaux supports biologiques. Ainsi le risque pour la santé est apprécié d'une manière beaucoup plus précise. La réalisation de ces tests suppose généralement une accessibilité aisée de ces cibles.

Comme exemple on peut citer la détermination de la méthémoglobine en cas d'exposition aux agents méthémoglobinisants. Ces dernières années, des techniques ont été développées pour mesurer la quantité de diverses substances génotoxiques fixée sur l'ADN des lymphocytes ou des protéines circulantes, ceci dans l'espoir d'évaluer indirectement la quantité de ces substances fixée sur l'ADN des cellules cibles [17]. Ces techniques prometteuses doivent encore être validées avant de proposer leur application pratique [18-19].

La surveillance biologique présente peu d'applications pratiques. D'importants développements s'imposent pour élargir l'éventail des substances chimiques se prêtant à ce type de surveillance. Les voies de recherche pouvant être utilisées sont les suivantes : mécanisme d'action des produits industriels, interaction entre substances actives et molécules cibles, niveaux biologiques acceptables, identification des paramètres, quantité de toxiques cumulatifs stockés dans divers compartiments de l'organisme et l'amélioration de la validité des tests.

### **2.3. Troisième approche : Surveillance de la santé**

Le dépistage des effets toxiques (ou surveillance de la santé) évalue l'état de santé des individus dans le but d'identifier ceux qui présentent déjà des manifestations d'intoxication mais susceptibles à un stade précoce où elles sont encore réversibles. La détection d'un effet biologique toxique indique que l'exposition est ou a été excessive. Un tel paramètre fait partie du programme de dépistage précoce d'altération de la santé (surveillance de la santé). La recherche de lésions biochimiques ou physiologiques précoces est effectuée si possible à un stade où les lésions sont encore réversibles [2].

Il faut faire la distinction entre dépistage des effets toxiques (surveillance de la santé) et surveillance biologique de l'exposition qui vise à dépister les situations d'exposition insalubre [14,20]. La surveillance de la santé est une méthode qui constitue une approche de surveillance complémentaire aux précédentes.

Ces divers programmes de surveillance sont souvent appliqués conjointement. Ils sont complémentaires. En effet de nombreuses substances exercent non seulement des effets systémiques mais aussi des effets locaux. Il faut cependant souligner que le programme de surveillance de la santé ne doit pas être confondu avec le diagnostic de maladies professionnelles, leur survenue signant l'échec des programmes précités.

### **3. Gestion du risque**

Les risques sont réduits à leur minimum par :

- la conception et l'organisation des méthodes de travail ;
- l'utilisation d'un matériel adéquat pour toutes les opérations impliquant des agents chimiques ;
- la réduction du nombre de travailleurs exposés ou susceptibles de l'être ;
- la diminution de la durée et de l'intensité de l'exposition ;
- mise en place de mesures d'hygiène appropriées ;
- la baisse de la quantité d'agents chimiques présents sur le lieu de travail concerné ;
- l'adoption et l'application des procédures de travail adéquates.

La prévention des intoxications professionnelles résulte de l'application de mesures techniques et médicales.

#### **3.1. Mesures techniques**

Ces mesures doivent de préférence être envisagées dès la conception de nouvelles installations plutôt qu'après leur mise en service. Le médecin soulignera les produits et opérations susceptibles de présenter un danger.

Certes, au stade de la conception, certains problèmes d'hygiène peuvent encore passer inaperçus ou les solutions proposées se révéler insuffisantes. Aussi, pendant les premières années suivant la mise en service d'une nouvelle installation, est-il nécessaire de surveiller très étroitement les nouveaux postes de travail. Il faut s'assurer de l'efficacité des méthodes techniques de travail. Le médecin examinera régulièrement les travailleurs exposés aux produits reconnus toxiques ou dont la toxicité est encore peu ou mal précisée. Il pratiquera régulièrement les divers examens complémentaires recommandés pour la détection d'une exposition potentiellement dangereuse et la recherche des effets toxiques précoces. Le médecin se familiarisera en outre avec les exigences physiques et mentales des postes de travail, ce qui facilitera l'orientation des travailleurs à l'embauche.

Des visites régulières des postes de travail, des vestiaires, des réfectoires font aussi partie des missions du médecin de travail mais aussi du responsable de la sécurité et de l'hygiène. Avec le contrôle médical des travailleurs, elles ont pour but de vérifier l'efficacité des méthodes de prévention, le respect des règles d'hygiène, d'établir un bilan régulier des risques professionnels existants et du nombre de travailleurs exposés. En plus de cette tâche, le responsable de la sécurité et de l'hygiène constatera si les conditions d'utilisation de produits chimiques risquent d'entraîner une exposition excessive des travailleurs et proposera les méthodes de contrôle adéquates.

Les mesures techniques de prévention sont divisées en 2 groupes : les méthodes de prévention collective et les équipements de protection individuelle [21].

### **3.1.1. Mesures collectives**

#### **➤ Substitution d'un produit dangereux par un autre moins toxique**

La méthode la plus efficace pour éliminer un risque professionnel est le remplacement d'une substance reconnue comme dangereuse par une autre moins toxique et jouissant des mêmes avantages techniques. Il importe cependant de ne pas se contenter de substituer à une substance dangereuse une autre dont la toxicité est encore mal précisée et qui à longue échéance peut constituer un risque plus important que la première.

#### **➤ Modification des procédés de fabrication**

On s'efforcera de modifier les procédés de fabrication de façon à éviter la manipulation ou la libération d'un corps toxique (procédé automatique de manutention, travail en vase clos). Cependant, il ne faut pas perdre de vue que malgré l'automatisation, le personnel d'entretien continuera bien souvent à être exposé à diverses substances dangereuses.

#### **➤ Ventilation des locaux de travail**

##### **• Ventilation générale :**

Elle permet de diluer les contaminants ou d'apporter de l'air à teneur normale en O<sub>2</sub> dans un espace qui risque d'en être dépourvu (espace clos). Il faut savoir que même l'atmosphère de réservoirs métalliques propres qui ont été fermés pendant un certain temps peut présenter un déficit en oxygène par suite de sa consommation par l'oxydation du métal.

- **Ventilation locale :**

Il s'agit de systèmes d'aspiration qui permettent de capturer les toxiques à la source ( poussières, fumées, vapeurs, gaz ). Son installation doit être laissée aux soins des techniciens expérimentés. Il faut souligner l'importance de telles mesures en cas de travail dans un espace confiné. Une fois installés, il convient de vérifier l'efficacité de ces systèmes et d'en assurer l'entretien régulier.

- **Utilisation de procédés humides**

L'utilisation d'eau au cours de nombreuses opérations permet bien souvent de limiter le dégagement de poussières toxiques. En revanche, l'utilisation de fluides constitue une source d'aérosols liquides potentiellement contaminés chimiquement et/ ou biologiquement. Il conviendra donc d'effectuer un choix judicieux du liquide mis en œuvre et d'assurer un entretien et un renouvellement régulier.

- **Propreté générale des lieux de travail**

Le lavage régulier à grande eau du sol, des murs et des tables permet d'éviter l'accumulation de substances toxiques. Dans certains cas, il est même souhaitable de maintenir le sol humide et d'installer un système d'évacuation continue.

### **3.1.2. Equipement de protection individuelle**

Les équipements de protection individuelle sont des équipements destinés à être porté ou tenus par le travailleur en vue de le protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa sécurité et sa santé pendant le travail. Le recours à ces équipements est envisagé quand les techniques collectives sont insuffisantes. Les équipements de protection individuelle sont les suivantes en fonction de la partie à protéger :

- Protection de la tête. Il s'agit de casques de protection pour l'industrie, coiffures de protection, coiffures anti-scalp ( coiffures qui permettent d'éviter que la tête soit rasée).
- Protection de l'ouïe. Les équipements suivants permettent de protéger l'ouïe. Ce sont boucles et bouchons, casques, coquilles adaptables aux casques de protection pour l'industrie, serre-tête avec récepteur pour boucles d'induction basses fréquences, protecteurs contre le bruit équipés d'appareils d'intercommunication.
- Protection des yeux et du visage. Des lunettes à branches, lunettes-masques, lunettes de protection contre les rayonnements X , les rayons laser, les

rayonnements ultraviolets, infrarouges, visibles, écrans faciaux, masques et casques de soudages à l'arc sont utilisés pour protéger la face et les yeux.

- Protection des mains et des bras. Des gants sont utilisés contre les agressions physiques et chimiques. Les moufles, doigtiers, manchettes, poignets de force, mitaines et maniques sont aussi utilisés
- Protecteurs des pieds et des jambes. On peut citer pour ce type de protecteurs, des chaussures basses, des chaussures à délaçage ou dégrafage rapide, des bottes, des sabots, et des protecteurs amovibles du cou de pied.
- Protection de la peau. Des crèmes (barrières) et pommades sont efficaces pour la protection de la peau.
- Protection du tronc et de l'abdomen. On peut citer pour ce type de protection des gilets, vestes et tabliers de protection contre les agressions mécaniques et chimiques, tabliers de protection contre les rayons X.
- Protection du corps entier. Pour ce type de protection on compte des équipements « antichutes », équipements à frein (absorbeur d'énergie), vêtements de sécurité, vêtements de protection contre les agressions mécaniques et chimiques, vêtements de protection de chaleur, vêtements antipoussières, vêtements antigaz [22].

#### ➤ **Appareils de protection respiratoire**

La méthode de protection par les appareils respiratoires ne s'applique que lorsque les autres méthodes de prévention sont insuffisantes ou non économiques (travail dans un espace confiné, travail de courte durée) [21, 23, 24, 25, 26, 27].

Cette forme de protection ne doit, en aucun cas, remplacer les méthodes générales de contrôle de l'atmosphère de l'air. Ces méthodes ne nécessitent pas de collaboration des travailleurs.

L'emploi d'appareils respiratoires pour assurer la protection des voies respiratoires des travailleurs ne peut être considéré en principe que comme une mesure palliative. Cependant, dans le cas où la pollution de l'atmosphère du lieu de travail découle de la nature même de ce lieu de travail présentant alors un caractère inévitable, l'utilisation de ces appareils devient nécessaire [28].

Les appareils respiratoires doivent en outre être d'un modèle agréé. On classe les appareils respiratoires en plusieurs catégories :

- les masques de purification de l'air ou masques filtrants ;
- les masques ou cagoules avec adduction d'air ;
- combinaison du masque filtrant et à adduction d'air ;
- appareils autonomes à circuit fermé.

➤ **Masques filtrants**

La purification est obtenue par le passage de l'air à travers une cartouche ou boîte filtrante retenant le contaminant. Ils peuvent être du type oro-nasal (demi-masque ne recouvrant que le nez et la bouche) ou de type facial (couvre-face) recouvrant toute la face (protection des yeux). On distingue les masques à poussières et les masques antigaz.

• **Masques à poussières**

La cartouche contient un filtre qui, selon son degré d'efficacité retient les poussières, les fumées ou les aérosols. Trois types de filtres sont habituellement proposés :

- le type P<sub>1</sub> : Il est utilisé pour des poussières inertes (la concentration ambiante ne devrait pas dépasser 5 fois la TLV) ;
- le type P<sub>2</sub> : Il est utilisé pour des poussières dites nocives dont la TLV est égale ou supérieure à 0,1 mg/m<sup>3</sup> ou pour les fibres d'asbeste (la concentration ambiante ne devrait pas dépasser 10 fois la TLV).
- le type P<sub>3</sub> : Il est utilisé pour des poussières dites toxiques dont la TLV est inférieure à 0,1 mg/m<sup>3</sup> (la concentration ambiante ne devrait pas dépasser 50 fois ou 200 fois la TLV selon que le masque est de type oro-nasal ou de type facial).

L'efficacité d'un masque dépend non seulement de la nature du filtre mais aussi de son adaptation à la face du travailleur. Ils offrent une certaine résistance à la respiration qui croît lorsque les poussières colmatent le filtre.

• **Masques antigaz**

Il existe des cartouches ou des boîtes filtrantes (canister) capables d'adsorber ou de neutraliser des gaz ou vapeurs, et spécifiques pour différents types de gaz. Dotée d'une durée de vie limitée, la cartouche ou boîte filtrante doit être remplacée régulièrement. Il faut bien connaître la nature du contaminant afin de sélectionner la cartouche adéquate. Le masque antigaz offre une certaine résistance au passage de l'air. Une légère pression négative existera à l'intérieur du masque au cours de l'inspiration. Celle-ci favorise la pénétration de l'air le long des bords libres du masque si l'étanchéité n'est pas parfaite.

➤ **Masques ou cagoules avec adduction d'air**

Il s'agit d'un masque ou d'une cagoule dans lequel l'air est amené au moyen d'un tuyau par les seuls mouvements respiratoires du sujet (masque à adduction d'air libre) soit à l'aide d'un compresseur (masque ou cagoule à adduction d'air comprimé). Ils ont l'avantage de pouvoir servir pour une variété de contaminants. Les masques à adduction d'air comprimé offrent une bonne protection. L'air comprimé doit répondre à certaines qualités : concentration en monoxyde de carbone (CO) doit être inférieure à 30 ppm, celle en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à 1000 ppm et celle en huile à 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Le masque à adduction d'air libre n'est utilisable que dans les atmosphères où le travailleur peut s'échapper sain et sauf sans l'aide de l'appareil. Les limites de ces 2 appareils sont la présence d'un tuyau qui limitera l'autonomie géographique du sujet. Aussi ces masques sont réservés pour les travaux dans les espaces confinés.

➤ **Combinaison des masques filtrants et à adduction d'air (appareil filtrant ventilé)**

L'appareil filtrant ventilé est un masque ou un casque équipé d'un compresseur miniature fonctionnant sur batteries qui force l'air contaminé à travers l'élément filtrant et l'envoie ensuite sous pression positive à la pièce faciale (système filtrant ventilé fermé) ou directement devant la face du travailleur (système filtrant ventilé ouvert) [29].

➤ **Appareils respiratoires autonomes à circuit fermé**

Une bonbonne d'air, d'air enrichi en oxygène, d'oxygène ou à dispositif engendrant de l'oxygène est portée par le sujet et alimente directement le masque. Selon que les gaz expirés sont repris ou non dans le circuit respiratoire, le masque est dit à circuit fermé ou à circuit ouvert. Ces appareils peuvent s'utiliser pour tous les types de contaminants et n'imposent pas de limitation géographique. Cependant, ils sont lourds, leur autonomie est limitée (½ à 2 heures) et les travailleurs doivent être formés à leur emploi.

La sélection d'un dispositif de protection respiratoire reposera sur une série de critères :

- concentration en O<sub>2</sub> (<17%) ;
- travail en espace clos ;
- nature du polluant connu ou non ;
- concentration du contaminant > 10 000 ppm ;

-situation particulière pour laquelle l'utilisation d'un appareillage spécifique est prévue régulièrement.

### **3.1.3. Mesures spécifiques**

C'est l'ensemble des mesures qui s'imposent dans des situations dangereuses très particulières. Ainsi le travail dans un réservoir nécessite de se conformer à un ensemble de mesures bien codifiées [30] selon les risques potentiels. La Commission des Communautés européennes (Journal officiel du 20/06/88) a énuméré les principaux facteurs à prendre en compte pour le choix judicieux et l'utilisation des équipements de protection personnelle. L'équipement de travail et les systèmes de protection doivent être conformes aux dispositions communautaires en la matière.

### **3.2. Mesures médicales**

#### **➤ Examen d'embauche**

Il a pour but de permettre l'engagement des travailleurs à des postes pour lesquels ils sont physiquement et mentalement aptes. Cette orientation de la main d'œuvre ne pourra se faire valablement que si le médecin connaît parfaitement les exigences et les risques professionnels de chaque poste de travail. De là, l'importance, déjà signalée plus haut, des visites régulières des postes de travail par le médecin du travail, de la connaissance des produits utilisés et des risques potentiels associés.

Une nouvelle évaluation des aptitudes physiques et mentales devrait avoir lieu chaque fois qu'un travailleur change de poste de travail.

#### **➤ Information et formation du personnel**

Elle doit se faire par l'organisation de petites causeries, l'apposition d'affiches rappelant les mesures de prévention et les conséquences de leur non respect. Il faut inciter les travailleurs à rapporter au service médical toute modification de leur état de santé afin qu'une association éventuelle avec les conditions de travail soit rapidement décelée. L'éducation sanitaire du personnel doit passer par une collaboration étroite avec les contremaîtres. En effet grâce à leur contact permanent avec les travailleurs, ils pourront mieux que quiconque veiller au respect de ces mesures de prévention s'ils sont eux-mêmes convaincus de leur importance.

Chaque accident devrait être motif à enseignement. Ainsi les résultats de l'enquête seront diffusés parmi les travailleurs. Un inventaire des accidents sera établi de façon

à pouvoir facilement identifier leurs causes principales et à juger l'efficacité des mesures de prévention. Il importe de tenir compte non seulement de leur fréquence mais aussi de leur sévérité.

L'éducation sanitaire ainsi conçue ne pourra évidemment prendre place que s'il existe une réceptivité du personnel de direction. Celui-ci doit se convaincre que l'effort de prévention ne représente pas un investissement à fonds perdu. Aussi le médecin d'entreprise doit se tenir au courant des progrès dans le domaine de l'hygiène et de la toxicologie industrielles.

➤ **Examen médical périodique**

Il vise surtout les travailleurs exposés à certains risques professionnels. Sa fréquence dépendra de la nature du risque. Il comprendra, outre un examen clinique, certains tests reconnus efficaces pour la détection d'une exposition excessive et la détection précoce d'une altération de la santé.

### **3.3. Prévention légale**

#### **3.3.1. Responsabilité pénale et Responsabilité civile**

La responsabilité pénale vise à réprimer les infractions, c'est-à-dire les actions ou les omissions définies et punies par la loi pénale, imputables à leur auteur et ne se justifiant pas par l'exercice d'un droit. Elle suppose l'identification d'une personne responsable.

➤ **Les personnes responsables**

La responsabilité pénale repose le plus souvent sur l'employeur. En effet, celui-ci dispose de l'autorité et du pouvoir de décision dans l'entreprise et il est donc le mieux placé pour veiller au respect des règles de la santé et de sécurité au travail. En pratique il ne peut être présent par tout. Pour pallier cette difficulté, la jurisprudence l'autorise à transférer ses pouvoirs à un subordonné doté d'une délégation de pouvoir. Aucun texte ne prévoit ni n'organise la délégation de pouvoir.

➤ **Les infractions au code du travail**

La responsabilité de l'employeur ou de son délégataire sera recherchée quand par sa faute personnelle, il commet une infraction aux règles de santé et de sécurité inscrites dans le code du travail. L'employeur ne peut s'exonérer de sa responsabilité en invoquant son absence au moment des faits ou une faute commise par la victime à moins que celle-ci ne constitue la cause exclusive et imprévisible de l'accident.

➤ ***Les infractions au code pénal***

En principe, la responsabilité de l'employeur est engagée sur le fondement du code pénal lorsqu'une violation des règles de santé et de sécurité a concouru à la réalisation d'un dommage. Sa responsabilité pénale est recherchée lorsque sont constatées des infractions d'atteintes involontaires à la vie et à l'intégrité physique, qualifiées alors de délits. Le code pénal introduit un délit de mise en danger d'autrui dont l'objectif est de prévenir les accidents du travail, en réprimant les manquements graves aux règles de sécurité.

Cependant, dès lors qu'une personne physique ou morale a causé un dommage à autrui par sa faute ou par la faute des personnes dont elle répond, elle voit sa responsabilité civile engagée. En effet, l'employeur est civilement responsable des fautes commises par ses travailleurs dans les fonctions auxquelles il les a employés. Contrairement à la responsabilité pénale, il est possible de contracter une assurance pour couvrir sa responsabilité civile.

## II. DECHETS INDUSTRIELS

### 1. Définitions

Le législateur par la loi du 15 juillet 1975 définit le déchet comme : « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon»[31].

Les déchets industriels sont regroupés en catégories :

- **Déchets industriels toxiques** : Ils doivent être traités avec de multiples précautions. Les déchets industriels non toxiques ne nécessitent pas de précautions. Ils peuvent être traités avec les ordures ménagères. Par la suite la dénomination de déchets non toxiques a été changée.

- **Déchets industriels banals (DIB) ou déchets non dangereux** : Ils sont issus d'activités commerciales, artisanales, industrielles ou de service. Ils regroupent principalement les plastiques, les papiers-cartons, les textiles, le bois non traité, les métaux, les verres et matières organiques. Ils peuvent être éliminés avec les ordures ménagères ou dans les installations spécifiques. Les DIB se définissent comme non inertes.

Les déchets inertes ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Ils ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique. Ils ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible de nuire la santé humaine.

- **Déchets industriels spéciaux (DIS)** : qui « figurant en raison de leurs propriétés dangereuses sur une liste établie en Conseil d'Etat, ne peuvent pas être déposés dans des installations de stockage recevant d'autres catégories de déchets ». Ils regroupent les déchets dangereux autres que les déchets dangereux [32].

- **Déchets toxiques en quantités dispersées (DTQD)** : Ce sont les déchets toxiques générés par les petites et moyennes entreprises, les collectivités locales et les ménages.

Les boues se situent à la frontière des domaines respectifs des déchets solides et des eaux résiduaires. On les assimile généralement à des déchets solides. Ce sont des mélanges de solide et de liquide (l'eau dans la plupart des cas), dont la fraction solide est constituée de fines particules (micromètres à millimètres) [33].

## 2. Aspects toxicologiques

Tous les traitements des déchets destructurent la matière. Cette déstructuration est soit immédiate soit différée. Les constituants toxiques potentiels des déchets se retrouvent plus ou moins libérés par les opérations de traitement dans le milieu naturel ou dans les unités recyclage :

Les polluants toxiques sont d'origines variées :

- il peut s'agir du déchet lui-même ;
- ils peuvent être créés par des réactions chimiques des déchets les uns en présence des autres ;
- ils peuvent provenir du traitement et constituer un sous-produit de cette opération (les métabolites) [33].

## 3. Traitement des déchets

Les déchets peuvent être soumis à différents types de traitement que l'on peut énumérer.

### 3.1. Incinération

Cette technique de traitement de déchets se caractérise par :

- la réduction la plus complète et la plus rapide du volume des déchets au moyen d'une minéralisation presque totale des produits incinérés ;
- la valorisation de la plus grande partie de sous-produits formés (les mâchefers) en remblais dans des travaux routiers ;
- la préparation des déchets en amont du traitement réduite au minimum (juste homogénéisation dans la fosse) ;
- la variation de pouvoir calorifique liée à l'hétérogénéité des déchets et à son évolution au cours du temps ;
- la valorisation énergétique sous forme de chaleur distribuée par un réseau ou sous forme de production d'électricité.

Elle s'applique aux boues, aux DLS, aux refus de tri visant compostage ou recyclage.

Le principe de l'incinération repose sur l'oxydation des déchets. Les produits de l'oxydation sont du gaz carbonique de la vapeur d'eau mais aussi, une multitude de composés intermédiaires en très faibles quantités dont certains présentent un caractère cancérigène ou toxique (monoxyde de carbone, benzopyrènes, dioxines furannes).

Le souci de promouvoir l'incinération comme « un moyen efficace et hygiénique pour éliminer les résidus urbains sans incommodité pour le voisinage » recommande de valoriser l'énergie latente des déchets et les résidus produits. C'est ainsi que les résidus sont utilisés comme mâchefers et ferrailles (valorisation énergétique des déchets [34]. Les mâchefers sont utilisés depuis très longtemps pour réaliser des soubassements routiers ou des chemins en milieu rural [33].

### **3.2. La co-incinération**

La co-incinération désignait la possibilité de brûler simultanément un combustible avec des déchets organiques dans une installation initialement dimensionnée pour brûler ce combustible sans le moindre déchet à incinérer. Aujourd'hui l'installation de la co-incinération est définie comme une « installation fixe ou mobile dont l'objectif essentiel est de produire l'énergie ou des produits matériels et qui utilise des déchets comme combustible habituel ou d'appoint dans laquelle les déchets sont soumis à un traitement thermique en vue de leur élimination [35]. L'objectif essentiel doit être de produire de l'énergie ou des matériaux.

Les déchets employés comme combustibles se présentent sous divers états physiques : gazeux (gaz de raffineries, de pyrolyse, biogaz de décharges), liquides (huiles et graisses de lubrification), pulvérisés granulés ou broyés finement (déchets de bois,, plastiques, farines animales, résidus agricoles, résidus de l'industrie agroalimentaire), broyés grossièrement (pneu, plastiques et caoutchouc, bois matière organique) et en morceaux (pneus entiers) [33].

### **3.4. Procédés thermiques de dégradation des déchets**

Le durcissement de la réglementation en matière d'incinération de déchets a relancé les études et les réalisations en matière de procédés thermiques de dégradation de déchets. Cette technique peut traiter une multitude de déchets combustibles.

C'est un processus de destruction des déchets soit en présence d'oxygène avec une oxydation partielle, on parle alors d'oxydation ménagée, soit en l'absence d'oxygène, on parle de thermolyse. La pyrolyse regroupe à la fois l'oxydation ménagée et la thermolyse.

La thermolyse nécessite un apport de chaleur ( réaction endothermique). Cette chaleur est généralement produite par combustion d'une fraction de sous-produits carbonés de la dégradation thermique. Le temps de séjour est compris entre 20

minutes et 2 heures en fonction de la température opératoire et des dimensions des déchets à décomposer. On distingue 3 pyrolyses en fonction du niveau de température. La pyrolyse basse s'effectue à une température de 400 à 600°C. A une température de 600 à 1200°C, on parle de la pyrolyse moyenne. Enfin on assiste à une pyrolyse haute avec des températures de l'ordre de 1200 à 2000°C.

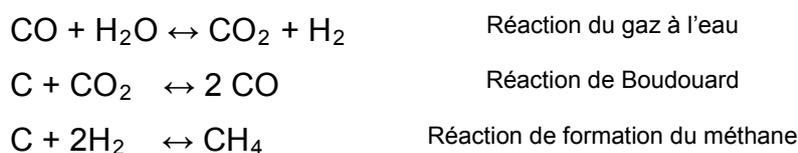
On destine à la pyrolyse les déchets organiques présentant des difficultés lors de l'incinération. Ces difficultés peuvent se résumer en une corrosion du four (pour les déchets présentant de fortes concentrations en chlore, en azote, en soufres, en sels, en métaux volatils), un colmatage de la grille (métaux plastiques se solidifiant par refroidissement au contact de l'apport de l'apport en air comburant) et une formation de cendres trop importante.

Les principes de la décomposition thermique sont fonction de la présence ou de l'absence d'oxygène [33].

➤ **En absence d'oxygène**

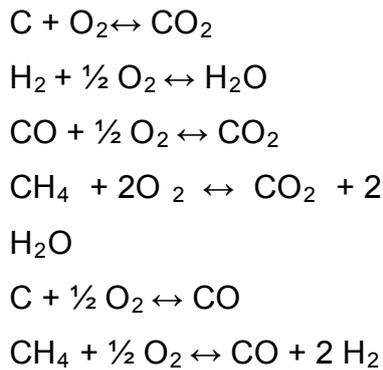
L'élévation progressive de la température d'un composé organique a pour effet de dégrader dans son voisinage les composés qu'ils renferment sous forme de gaz. Avec l'élévation continue de la température, les macromolécules se cassent ensuite pour fournir des molécules plus courtes à l'état de gaz, de liquides ou de solides. Il se forme CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, des hydrocarbures C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, des huiles et du char (matière apparentée à du charbon mais renfermant des polluants) [33].

L'oxygène présent est issu des molécules organiques. Il réagit progressivement pour former une atmosphère réductrice



➤ **En présence d'oxygène**

Aux effets précédents s'ajoutent des phénomènes d'oxydation des composés organiques par réaction avec l'oxygène introduit. Les réactions sont alors :



### 3.5. Procédés biologiques de dégradation des déchets

La dégradation de la matière organique par des traitements biologiques avec valorisation des sous-produits obtenus tend à se développer au détriment de la combustion et de la mise en décharge. Elle se trouve favorisée par l'accroissement régulier du tri et la volonté politique de recycler. Ces traitements s'appliquent à la matière organique biodégradable, dite fermentescible. L'application à des déchets non issus directement ou indirectement de la biomasse est plus rare car beaucoup plus lente.

On entend par procédé biologique l'intervention d'une unité artisanale ou industrielle visant à contrôler et à optimiser les paramètres opératoires ; il s'agit d'accélérer les phénomènes et de contrôler la qualité de la production des solides décomposés issus des déchets. Les produits obtenus, sont soit solides (utilisés comme compost) ou gazeux (injecté dans un réseau de gaz ou brûlé en chaudière pour fournir de la vapeur aux industriels ou encore alimenter un générateur électrique).

On distingue essentiellement des traitements en présence d'air ou d'oxygène (aérobies compostage) et en l'absence d'oxygène (anaérobies, méthanisation ou fermentation alcoolique). Les traitements aérobies sont exothermiques tandis que les traitements anaérobies sont endothermiques et nécessitent un apport de chaleur au milieu réactionnel [33].

#### ➤ **Traitements aérobies ou compostage**

Le compostage est un procédé biologique de dégradation en présence d'air et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénisé.

Tout déchet organique n'est pas nécessairement compostable : certaines matières plastiques et caoutchoucs mettent des décennies à se décomposer. La digestion par

les micro-organismes se développent essentiellement sur la matière organique naturelle végétale ou animale. Il faut souligner que le compostage ne s'applique qu'aux déchets biologiques. Un tri des déchets s'opère au préalable. Une circulaire du 28 juin 2001 impose le tri à la source des déchets organiques et recommande les déchets verts [36]. Les déchets industriels constituent un gisement potentiel important pour le compostage (industries agroalimentaire et papetière).

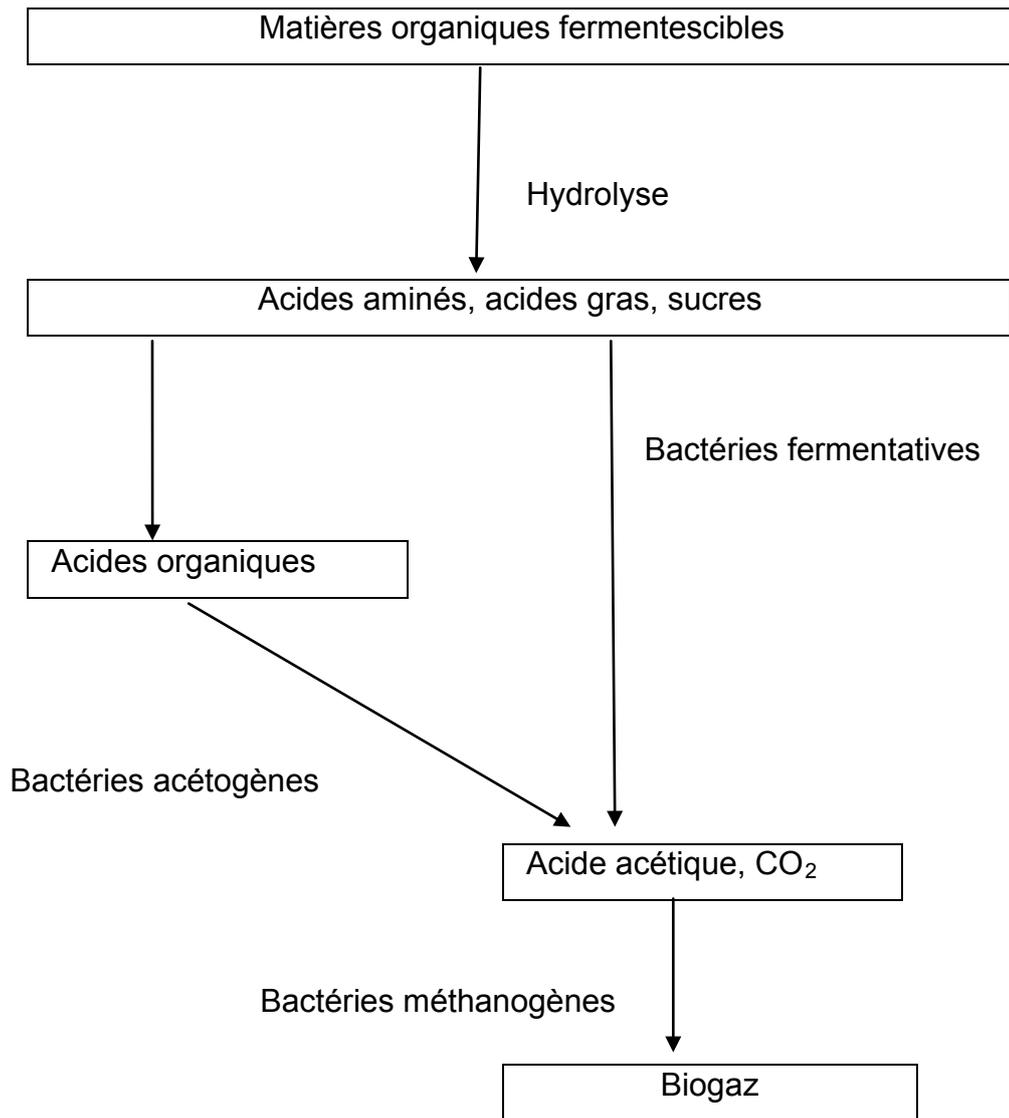
Les boues quant à elles ne représentent qu'une faible part de la production du compost (2% des boues produites subissent ce traitement). Elles ne peuvent se composter qu'en présence d'un support structurant (maïs, paille, écorce). Les boues tendent à constituer un mélange homogène ne présentant pas la porosité minimale permettant une circulation d'air assurant le compostage. D'importants volumes d'oxygène sont nécessaires au compostage des boues.

Le broyage, le mélange des déchets sur des aires goudonnées ou bétonnées, et la ventilation de l'ensemble (qui permet d'assurer la dégradation des matières volatiles, la stabilisation, l'hygiénisation et le séchage de la matière) et l'affinage du produit constituent les 4 phases du compostage. La ventilation est l'étape de la fermentation active (oxydation de la matière organique). Cette phase aboutit à la formation de l'humus [33].

#### ➤ **Traitements anaérobies et méthanisation**

Ce traitement repose sur la décomposition des déchets organiques naturels en l'absence d'oxygène par les micro-organismes. Dans certaines unités de méthanisation, une « préfermentation » est d'abord effectuée. Les déchets subissent une fermentation aérobie avant la digestion anaérobie pendant 2 ou 3 jours afin d'élever la température [37].

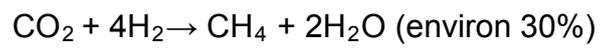
La méthanisation s'opère en 4 phases l'hydrolyse, la fermentation ou acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse.



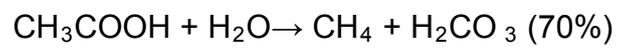
**Figure 2** : Schéma du principe de la méthanisation[33]

Avec l'hydrolyse, les polymères se dégradent en monomères. Des petites molécules solubles assimilables par les bactéries apparaissent. L'acidogène ou fermentation correspond à la transformation des monomères en gaz carbonique et acides organiques. Il apparaît alors des acétates, de l'éthanol, de l'ammoniaque, de l'hydrogène et des acides gras volatils. Au niveau de l'acétogénèse, les micro-organismes transforment les acides gras volatils et alcools de l'étape précédente en hydrogène, gaz carbonique et acétates. L'hydrogène sulfuré se trouve généré au cours de cette phase de transformation. Enfin, la méthanogénèse (synthèse de méthane) s'effectue à partir d'hydrogène, de gaz carbonique et des acétates suivant les réactions :

- de réduction de CO<sub>2</sub> :



- de décarboxylation de l'acide acétique:



[33]

**DEUXIEME PARTIE : NOTRE  
ETUDE**

## **DEUXIEME PARTIE: NOTRE ETUDE**

### **I. OBJECTIFS**

#### **1. Objectif général**

Evaluer le risque chimique toxique à la SN-CITEC située dans la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso.

#### **2. Objectifs spécifiques**

1. Décrire le système de production à la SN-CITEC ;
2. Dresser le profil des produits chimiques utilisés dans l'unité industrielle;
3. Décrire la typologie des déchets générés par l'unité industrielle;
4. Identifier les facteurs de risque chimique toxique dans l'unité industrielle;
5. Analyser la gestion du risque et le système de gestion des déchets dans l'unité industrielle.

### **II. METHODOLOGIE**

#### **1. Cadre de l'étude**

Notre étude s'est déroulée à la Société Nouvelle Huilerie et Savonnerie (SN-CITEC) située dans la zone industrielle de Bobo-Dioulasso à l'ouest du Burkina Faso.

##### **1.1. Identification de l'entreprise**

La Société Nouvelle Huilerie et Savonnerie SN-CITEC, tire ses origines du Comptoir des Industries Textiles Cotonnières (CITEC). Elle a été créée en 1941 à Dédougou sous l'initiative des établissements BOUSSAC (France). L'état de Haute Volta s'associera avec les établissements BOUSSAC pour créer la Société des Huiles et Savons de la Haute Volta (SHSHV). Elle produisait de l'huile, du beurre de karité, des tourteaux d'arachides et du savon de ménage. En 1972, la SHSHV devient une unité de production spécialisée dans le raffinage d'huile de coton et d'arachides et la mise en bouteilles des huiles. En 1984, elle change de nom et devient la Société des Huiles et Savons du Burkina (SHSB) avec le changement du nom du pays. En Janvier 1995, la SHSB est privatisée et transformée en Société Nouvelle Huilerie et Savonnerie (SN-CITEC). La SN-CITEC produit de l'huile de

coton sous le nom commercial SAVOR, du savon de ménage, du tourteau et de l'aliment bétail. Notre étude s'est portée sur la production de l'huile, du savon et sur le prétraitement des effluents.

## **1.2. Différents ateliers de la SN-CITEC**

Les principales activités de la SN-CITEC sont l'huilerie et la savonnerie. L'huilerie utilise la graine de coton comme matière première. De la graine de coton à l'huile, il faut passer par 3 grands pôles. La préparation de la graine à l'extraction. A ce stade, les graines sont débarrassées de leur coque et des impuretés. Elles subissent par la suite une transformation en collets. Ces collets sont gorgés d'huile. L'huile est alors extraite. C'est l'extraction de l'huile par le solvant (hexane). L'huile extraite passe ensuite au niveau de l'atelier de neutralisation où le solvant est neutralisé. Le 3<sup>ème</sup> pôle est celui du raffinage. C'est à ce niveau que la couleur et l'odeur de l'huile sont améliorées. Pour terminer ce pôle, l'huile est mise en bouteille.

Quant à la savonnerie elle utilise des acides gras et de la soude principalement. Elle s'articule également autour de 3 axes. La fusion où s'effectue la fonte des matières premières. S'en suit la saponification des acides gras à la sortie desquels le savon est prêt. Enfin la finition achève le cycle de production de la savonnerie. Le savon y est moulé et l'insigne de l'usine est imposé.

D'autres ateliers existent au sein de la SN-CITEC. L'atelier de prétraitement des eaux chargé de débarrasser les eaux au maximum de leur acidité. L'atelier de pelletisation fait suite à l'atelier d'extraction. L'atelier de pelletisation recueille les matières solides provenant de l'atelier de l'extraction pour en faire des tourteaux et de l'aliment bétail. On compte aussi la chaudière où les graines, les coques de coton sont brûlées afin d'alimenter la turbine électrique, relais de la Société Nationale d'Electricité du Burkina (sonabel). Il existe également l'atelier de maintenance électrique qui dépanne les machines en cas de panne ou qui assure la maintenance des différents appareils de l'industrie.

## **2. Période et type d'étude**

Il s'est agi d'une étude transversale à visée évaluative. L'étude s'est déroulée sur une période de 3 mois du 15 avril 2011 au 15 juillet 2011.

### **3. Population d'étude**

Notre étude a porté sur le personnel ouvrier de SN-CITEC œuvrant dans l'huilerie, savonnerie et la station de prétraitement des effluents.

### **4. Echantillonnage**

L'étude a porté sur 30 personnes.

#### **4.1. Critère d'inclusion**

Les ouvriers travaillant dans les différents ateliers de l'huilerie, de la savonnerie et de la station de prétraitement des effluents.

#### **4.2. Critère de non inclusion**

Les ouvriers absents lors de l'étude.

### **5. Matériel et méthode de l'étude**

#### **5.1. Matériel de l'étude**

Le matériel de l'étude était constitué de 3 fiches d'enquête. Deux étaient destinées aux ouvriers, l'une pour évaluer la connaissance des ouvriers sur le risque toxique (annexe 1) et l'autre pour évaluer la gestion des déchets (annexe 2). Une dernière fiche a permis de récolter les données dont l'objectif était d'apprécier le respect des règles de protection (annexe 3).

#### **5.2. Méthode de l'étude**

Un interrogatoire des ouvriers et une observation des ouvriers à leur poste de travail à l'œuvre ont servi à recueillir les données de l'étude.

#### **5.3. Variables de l'étude**

Les variables de l'étude sont regroupées ainsi :

- Le type de production et le type d'activités pour le cycle de production ;
- Caractéristiques sociodémographiques;
- Les données sur environnement de travail ;
- Connaissances attitudes et pratiques des ouvriers sur le risque chimique ;
- Equipements de protection et la gestion du risque.

### **6. Traitement des données**

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel excel.

## **7. Ethique et déontologie**

Les ouvriers ont donné leur consentement à la participation de l'étude. De plus, ils ont été informés de la confidentialité de leur propos. Enfin les fiches de collecte étaient anonymes et comportaient juste des numéros d'identification.

### **III. RESULTATS**

#### **1. Description du cycle de production de la SN-CITEC**

Les différents ateliers de la SN-CITEC fonctionnent continuellement. Les ouvriers travaillent 8 heures par jour (6h-14h, 14h-22h et 22h-6h).

##### **1.1. Cycle de production huilerie et savonnerie**

Notre étude a permis de décrire le cycle de production de la SN-CITEC. La production s'articule autour de 2 grands axes : l'huilerie et la savonnerie (tableau I et tableau II). L'huilerie et la savonnerie comprennent différents ateliers (ateliers décrits en annexe).

**Tableau I : Cycle de production de l'huilerie de la SN-CITEC**

	<b>Différents ateliers</b>	<b>Matières premières</b>	<b>Provenance de la matière première</b>	<b>Acteurs dans les ateliers</b>	<b>Produit fini à la sortie de l'atelier</b>
<b>Huilerie</b>	Atelier de réception des grains	Graines de coton	SOCOMA <sup>1</sup> SOFITEX <sup>2</sup>	Journaliers	Graines de coton
	Atelier de nettoyage-décortilage	Graines de coton	SOCOMA <sup>1</sup> SOFITEX <sup>2</sup>	Conducteur, aide-conducteur	Graines décortiquées
	Atelier d'expandage	Graines de coton	SOCOMA <sup>1</sup> SOFITEX <sup>2</sup>	Conducteur, journalier	Collets
	Atelier d'extraction	Collets	Atelier d'expandage	Conducteur, aide-conducteur journalier	Huile neutre
	Atelier de neutralisation	Huile brute	Atelier d'extraction	Conducteur	Huile neutre
	Atelier de raffinage	Huile neutre	Atelier d'extraction	Conducteur, aide-conducteur	Huile raffinée
	Atelier d'embouteillage et de conditionnement	Huile raffinée	Atelier de raffinage	Conducteur, Aides-conducteurs Journaliers	Bidons de 5l et de 20 l d'huile
	<b>Autre atelier</b>	Atelier de pelletisation	Farine coton exempt d'huile	Atelier d'extraction	Conducteur, aide-conducteur, journalier

\* : Détail de production huilerie en annexe 4

<sup>1</sup> : Société Cotonnière du Gourma

<sup>2</sup> : Société de Fibres et Textiles Du Burkina

**Tableau II** : Cycle de production de la savonnerie de la SN-CITEC

<b>Savonnerie</b>	<b>Différents ateliers</b>	<b>Matières premières</b>	<b>Provenance de la matière première</b>	<b>Acteurs dans les ateliers</b>	<b>Produit fini à la sortie de l'atelier</b>
	Atelier de fusion	Acides gras, soude sous forme solide	Côte d'ivoire, Asie	Conducteur, aide-conducteur, journalier	Acide gras et soude sous forme liquide
	Atelier de saponification	Acides gras et soude liquide	Atelier de fusion	Conducteur, aide-conducteur, journalier	Savon mou
	Atelier de finition	Savon mou	Atelier de saponification	Conducteur, aide-conducteur, Journalier	Savon fini et morcelé

\* : Détail de production huilerie en annexe 4

### **1.2. Contrôle de qualité**

Le laboratoire est l'entité responsable du contrôle de qualité des différents produits de l'entreprise. Les normes ISO et AFNOR existent mais des procédures internes sont présentes, et elles sont à adapter aux normes ISO et AFNOR.

Une période de travail de 8 heures est sous la direction du chef de laboratoire et assuré par 2 agents. Un des agents s'occupe de l'analyse de tous les éléments solides (tableau III) et de l'analyse de l'eau tandis que l'autre a en charge l'analyse des éléments liquides (tableau IV).

**Tableau III** : Différentes analyses effectuées sur les produits solides

<b>Produits solides</b>	<b>Paramètres d'analyse</b>
Graines de coton	Echappées sur différents décortiqueurs Pourcentage d'amandes dans les graines Taux d'humidité
Collets	Pourcentage de matières grasses
Aliment bétail	Pourcentage de matières grasses Taux d'humidité
Tourteaux	Taux d'humidité
Farine de graines de coton	Taux d'humidité Défaut de broyage
Savon	Taux d'humidité Acidité Basicité

**Tableau IV** : Différentes analyses effectuées sur l'eau et les produits liquides

<b>Produits liquides</b>	<b>Paramètres d'analyse</b>
Différentes eaux (eau brute, eau adoucie, eau filtrée, eau de babock, eau de bâche et eau de mock)	pH Taux en Fer
Eau de babock, eau de bâche et eau de mock	Taux en silice Taux en phosphate
Eau de babock, eau de bâche et eau de mock	Titre hydrotimétrique Titre alcalimétrique
Huile	Recherche de la coloration Taux d'humidité Taux d'acidité Vérification de la contenance des bidons
Soude	Détermination de la concentration

La réalisation de ces différentes analyses entrent dans le cadre du contrôle de qualité et permettent à la SN-CITEC de s'assurer de la qualité de ses produits.

### **1.3. Autres structures de la SN-CITEC**

Les autres structures de la SN-CITEC sont représentées par travaux neufs et sécurité, l'infirmierie, la chauffe et la maintenance.

La section travaux neufs et sécurité intègre à la fois les travaux de rénovation, la sécurité et la propreté de la société. Les travaux de rénovation comprennent les travaux d'aménagement, de construction de nouveaux bâtiments d'extension. Le volet sécurité s'intéresse surtout à la gestion des accidents de travail, à la gestion d'incendie et à la sécurité de chaque travailleur en lui apportant de quoi se protéger. Enfin sa dernière mission, rendre les lieux propres en le débarrassant des ordures.

La voirie s'occupe des déchets extérieurs aux ateliers. Les déchets sont des éléments qui peuvent être recyclés, contrairement aux ordures qui n'ont aucune valeur. Les déchets de la SN-CITEC sont en général vendus. Auparavant, ils doivent obtenir un visa de sortie délivré au sein de la société même. La voirie est chargée de récupérer la terre décolorante utilisée, la boue provenant de l'atelier de traitement des effluents et le savon acide. Ces éléments seront recyclés et vendus. Les cendres issues de la chaufferie sont revendues comme potasse. Les ordures représentées ici par les ordures ménagères quant à elles sont acheminées au niveau d'une décharge publique indiquée par la Mairie.

L'infirmierie représente la 1<sup>ère</sup> structure de prise en charge des ouvriers. En cas d'accident de travail, les ouvriers y sont conduits. Les premiers soins y sont appliqués. Lorsqu'il y a nécessité les ouvriers sont transférés vers des structures plus compétentes telles que l'hôpital.

L'infirmierie s'occupe également des visites médicales des travailleurs. Jusqu'en 2010, les visites médicales étaient annuelles et s'effectuaient en Novembre. Mais de puis 2011, les visites médicales seront bi-annuelles. En juin, s'effectue la visite générale et en Novembre une autre visite est effectuée pour les travailleurs à risque. La visite s'effectue en 2 phases : la 1<sup>ère</sup> consiste à vérifier l'aptitude au poste de travail à travers les paramètres suivants : acuité visuelle, poids, tension, les taux d'albumine et sucre dans les urines. La 2<sup>ème</sup> phase consiste en un entretien avec le médecin au cours duquel un examen systématique est fait. Le médecin fait un rapport entre les plaintes et le poste de travail si les plaintes existent. Il procède à la prescription d'examens complémentaires pour les travailleurs à risque. La radiographie pulmonaire est instaurée pour tous le 4 ans. L'attaché de santé de

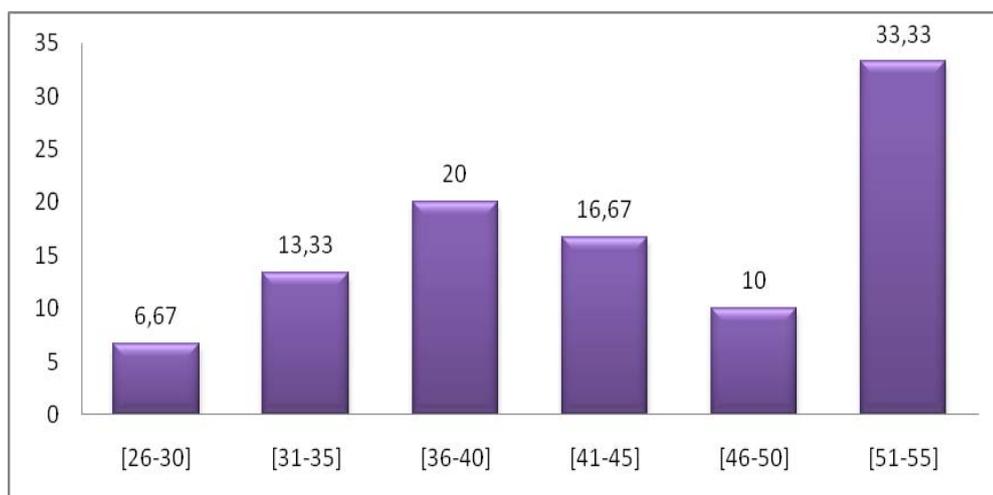
l'infirmier, le chef de travaux neufs et sécurité ainsi que le directeur de qualité font partie du comité de santé et de sécurité au travail.

Quant à la chaudière c'est l'atelier où les coques de graines de coton sont brûlées afin d'alimenter la société en énergie. En effet, l'usine est alimentée grâce à 2 sources d'énergies : la SONABEL et la turbine. La turbine qui est fournie par l'énergie générée par la chaudière des coques de graines de coton. L'atelier de maintenance mécanique lui est chargé de graisser les différents appareils avant chaque période de travail de 8h, d'intervenir en cas de panne d'un appareil ; il assure également lors de l'entretien des appareils en cas d'arrêt de l'usine.

## 2. Caractéristiques sociodémographiques

### 2.1. Age et sexe

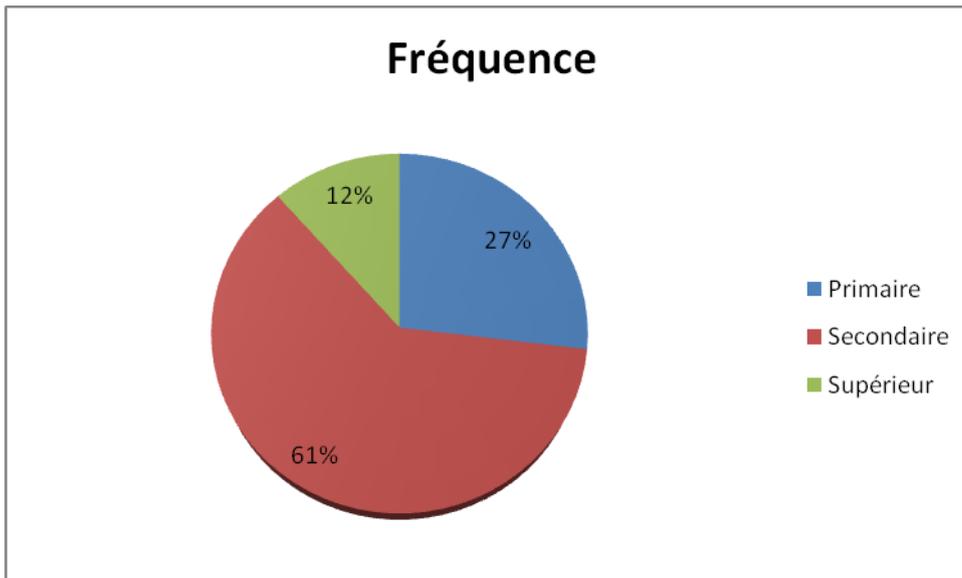
Les 30 ouvriers enquêtés tous de sexe masculin se répartissent selon la figure 3. La tranche d'âge la plus importante est [51-55] (Figure 3).



**Figure 3** : Répartition des ouvriers selon l'âge (n=30)

### 2.2. Niveau de scolarité

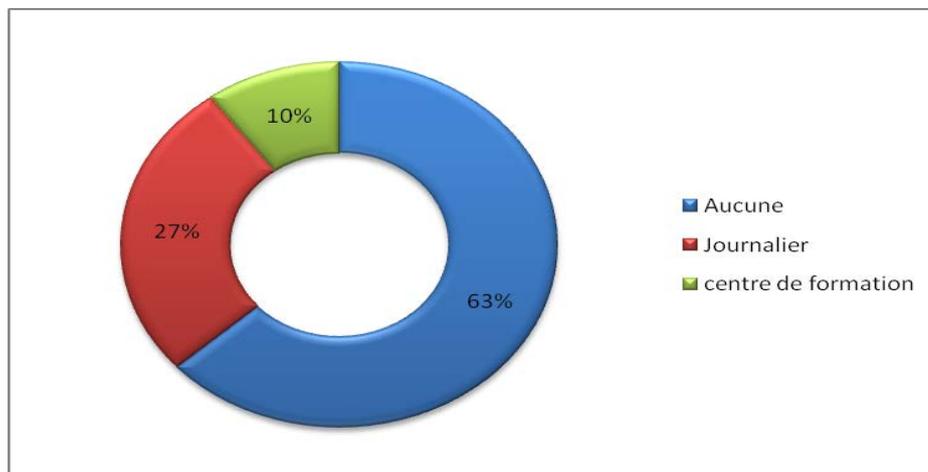
Sur les 30 ouvriers enquêtés 26 étaient scolarisés. Ces 26 ouvriers avaient des niveaux de scolarité différents (Figure 4).



**Figure 4** : Répartition des ouvriers scolarisés en fonction de leur niveau (n=26)

### 2.3. Formation professionnelle

Sur les ouvriers enquêtés, on note une grande proportion d'ouvriers n'ayant bénéficié d'aucune formation professionnelle. Certains ouvriers ont été formés en passant par le stade de journalier (Figure 5).



**Figure 5** : Répartition des ouvriers en fonction de leur formation professionnelle (n= 30)

### 2.4. Ancienneté dans le service

Vingt trois des ouvriers enquêtés avaient plus de 10 ans de service dans leur atelier. Les ouvriers travaillaient 8 heures d'affilées par jour et 48 heures par semaine.

### 3. Données sur l'environnement de travail

#### 3.1. Liste des produits chimiques utilisés au sein de la SN-CITEC et forme

Les produits que nous avons rencontrés lors de notre étude sont :

- l'hexane liquide ;
- la soude solide ;
- l'acide phosphorique liquide (Figure 6);
- l'acide sulfurique liquide ;
- le sulfate d'aluminium solide ;



**Figure 6:** Stock d'acide phosphorique (J.N. GUISSOU le 08/06/11)

#### 3.2. Données toxicologiques des produits chimiques

Les ouvriers ont tous trouvé dangereux les produits utilisés dans les différents ateliers. Les données toxicologiques des produits utilisés dans l'usine sont regroupées dans le tableau ci-après (tableau V).

**Tableau V** : Données toxicologiques des produits utilisés à la SN-CITEC

Produits	Toxicité
Hexane	Toxicité neuronale Toxicité dermale Toxicité respiratoire Troubles de la vision
Soude	Toxicité gastrique Lésions caustiques du tractus digestif Cancer de l'oesophage Toxicité respiratoire Toxicité rénale Alcalose métabolique Nécrose tissulaire Hémorragies digestives Lésions oculaires
Acide phosphorique	Lésions oculaires Toxicité respiratoire Ulcérations du tractus digestif Hémorragies digestives Sténoses digestives
Acide sulfurique	Lésions caustiques dermales Lésions oculaires Nécrose des tissus Toxicité respiratoire
Sulfate d'aluminium	Toxicité neuronale Toxicité rénale Lésions dermales Irritations des muqueuses (nez, poumons, gorge) Irritations oculaires

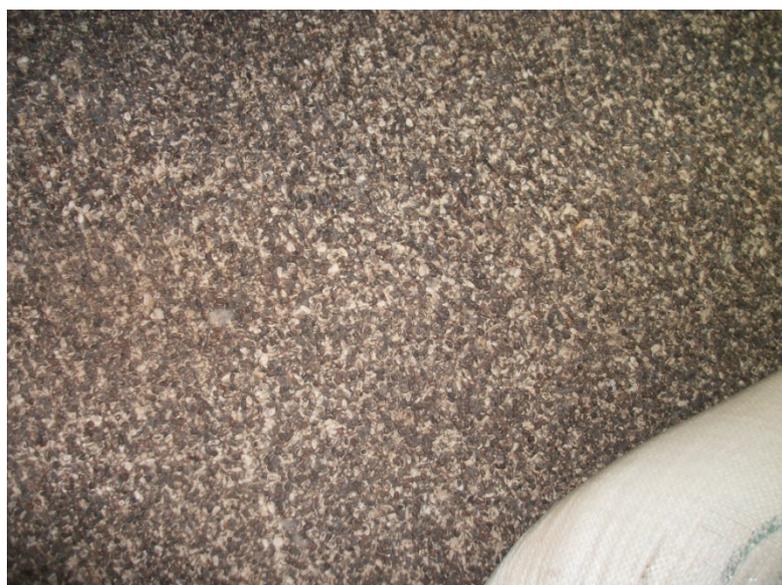
\* : Détail de production en annexe 5

### 3.3. Facteurs de risques toxiques rencontrés par les ouvriers

L'enquête a révélé que 86,67% des ouvriers avaient déjà rencontré des facteurs de risques toxiques sur les lieux de travail. Les facteurs incriminés par les ouvriers et qui pouvaient engendrer les risques toxiques sont regroupés dans le tableau suivant (tableau VI) en fonction des ateliers.

**Tableau VI** : Différents facteurs de risques rencontrés par les ouvriers

<b>Atelier concerné</b>	<b>Facteurs de risques rencontrés</b>
Atelier de nettoyage-décorticage	Poussière émanant du décorticage Odeur de la graine délintée (figure 7)
Atelier d'expandage	Odeur de la graine délintée
Atelier d'extraction	Vapeurs d'hexane
Atelier de neutralisation	Vapeurs d'hexane Soude caustique
Atelier de raffinage	Soude caustique Terre décolorante (Terre adsorbante)
Atelier de pelletisation	Poussière émanant de la farine de coton
Atelier de savonnerie	Soude caustique
Atelier de traitement des effluents	Soude caustique Acide sulfurique Sulfate d'aluminium



**Figure 7** : Aspect de la graine délintée (J.N. GUISSOU le 21/04/11)

## 4. Connaissances attitudes et pratique sur le risque chimique toxique

### 4.1. Connaissances des ouvriers

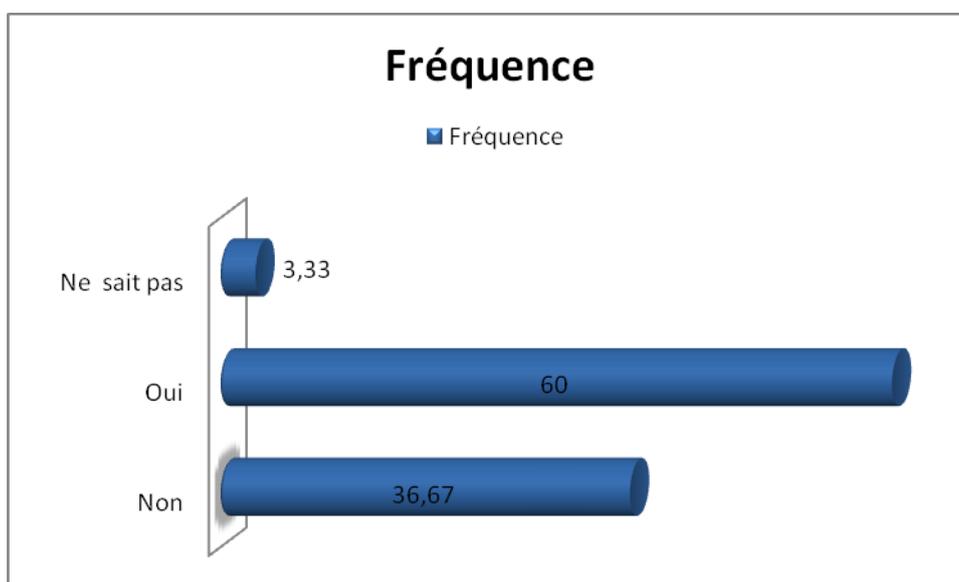
#### 4.1.1. Connaissances des ouvriers sur le risque chimique toxique

Ils étaient tous unanimes du fait qu'il existe un risque chimique toxique ; mais aucune définition du risque chimique toxique n'a pu être donnée.

#### 4.1.2. Connaissances des ouvriers sur les déchets industriels

Sur l'ensemble des ouvriers enquêtés, aucun d'eux n'a pu donner une définition des déchets industriels.

Une proportion de 60 % des ouvriers ont trouvé que les déchets industriels étaient nocifs (figure 8).

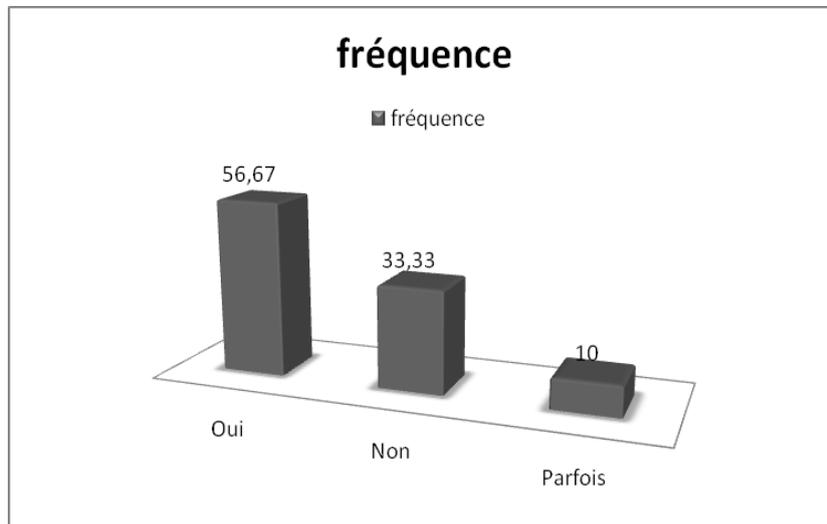


**Figure 8** : Répartition des ouvriers d'après leur avis sur la dangerosité des déchets industriels (n=30)

Les conséquences engendrées par les déchets industriels et qui ont été citées par les ouvriers étaient de 2 ordres, environnementale (pollution) et sanitaire (maladie chronique, cancer, douleurs au niveau du ventre, diarrhée et maux d'yeux).

## 4.2. Attitudes des ouvriers face au risque chimique toxique

En ce qui concerne la protection, les attitudes des ouvriers étaient différentes (figure 9).



**Figure 9:** Répartition des ouvriers selon leurs attitudes face à la protection (n=30)

Les ouvriers ne se protégeaient pas souvent pour plusieurs raisons :

- manque de matériel de protection ;
- protection inefficace ;
- inadéquation du matériel de protection ;
- protection insuffisante.

Au niveau de l'atelier de l'extraction, certains comportements ont été notés : les ouvriers prenaient leur collation dans l'atelier sans aucune précaution. La nourriture était également déposée sans emballage dans l'atelier. Lors d'un débarquement de fûts d'hexane, les manœuvres travaillaient sans protection. De plus, ils étaient à demi vêtus. Les fûts d'hexane ont été roulés sur environ 5 m. Ils ont été exposés au soleil pendant 7 heures au moins avant d'être mis sous le hangar. Ils y étaient entreposés à l'abri du soleil. Certains des fûts percés, laissaient échapper l'hexane. Ceux-ci ont été placés à l'écart des autres mais exposés à l'air. Vue les risques encourus, les ouvriers ont jugé nécessaire d'améliorer les conditions de sécurité de travail.

### **4.3. Pratique face au risque chimique toxique**

#### **4.3.1. Organisation de la gestion des déchets**

La SN-CITEC a adopté une procédure pour la gestion des déchets de l'entreprise. En effet, il y a un service chargé de la gestion des déchets appelé voirie et une station de traitement des effluents qui s'appuie sur les normes de l'Office nationale de l'eau et de l'Assainissement (ONEA) du Burkina. La procédure est appliquée. Une équipe est spécialisée dans chaque domaine : déchets et traitement des effluents. Chaque équipe selon son champ d'action a été formée.

Les déchets sont en général collectés au niveau de chaque atelier (figure 10). Cette collecte se fait dans les fûts quand il s'agit de solide. Il n'y a pas de tri des déchets. Le transfert des déchets se fait à l'aide de charrettes, de brouettes d'un tracteur agricole accompagné d'une remorque.

L'usine possède plusieurs moyens de se débarrasser des déchets. Il y a la mise en décharge des déchets considérés comme des ordures ménagères. Puis il y a le système de revalorisation des déchets à travers leur vente et enfin le traitement des eaux de production (dégraissage et neutralisation des bases).



**Figure 10:** Fûts de déchets à la sortie de l'atelier d'expandage (J.N. GUISSOU le 19/04/11)

#### **4.3.2. Atelier de traitement des effluents**

L'atelier de traitement des effluents est le dernier des ateliers mis en place. Il a été créé en mars 1998 suite à certains événements. En effet, avant sa création il a été constaté la mort d'un nombre assez important de silures sacrés. Les eaux usées de la SN-CITEC ont alors été incriminées. Suite à cet incident, il a été décidé la création de l'atelier de traitement des effluents au niveau de la SN-CITEC.

L'atelier de traitement des effluents effectue un prétraitement des eaux usées de la SN-CITEC. Les eaux usées proviennent de l'huilerie (eaux de lavage des bidons et également de rinçage, eaux provenant du nettoyage des différents ateliers) mais également de la savonnerie (eaux de lessive). Ces eaux sont recueillies dans un bassin de rétention d'eaux usées (figure 11) au niveau de l'atelier des traitements des effluents. Ce bassin est d'une capacité de  $50\text{m}^3$ . Les eaux usées sont très basiques et ont un pH compris entre 10 et 12. Un traitement physico-chimique sera effectué afin que les eaux usées aient un pH compris entre 6,4 et 10,5 (normes de l'ONEA). Les eaux recueillies dans le bassin sont d'abord homogénéisées avant de subir le traitement. Le débit de traitement des effluents varie entre 6 et  $10\text{m}^3$  par heure. Le traitement physico-chimique est divisé en plusieurs étapes.

Le traitement physico-chimique débute par un passage acide ou encore un dégraissage. Il s'agit d'injecter de l'acide sulfurique dans les eaux usées pour avoir un pH de 3 à 4. Suite au passage acide, l'huile acide remonte au dessus du mélange. Elle est raclee puis recueillie dans un récipient. Cette huile acide est recyclée. Elle est vendue aux femmes qui l'utilisent pour en faire du savon appelé « savon noire ». Ce savon est utilisé pour enduire la face externe des marmites. La 2<sup>ème</sup> phase du mélange, l'eau acide subit un autre traitement. L'eau acide est neutralisée par la suite. Elle subit d'abord une floculation par ajout de sulfate d'aluminium, puis la soude est incorporée au mélange pour la neutralisation proprement dite. Un polymère, électrolyte était additionnée pour donner la couleur blanche à l'eau traitée. A un niveau de cette étape, une pression est insufflée permettant ainsi aux boues de remonter (boues nées de la floculation de l'eau acide). Auparavant, les boues étaient traitées avec de la chaux, déshydratées et constituaient ainsi de l'engrais. Mais de nos jours, elles sont uniquement déshydratées et sont biodégradables. La production acide de boue est d'environ  $5\text{m}^3$  par semaine. L'eau recueillie après ces différents traitements se rejoignent dans des canalisations et se dirigent au niveau du regard de l'ONEA.



**Figure 11** : Bassin de rétention des eaux usées (J.N. GUISSOU le 08/06/11)

## **5. Equipements de protection et gestion du risque**

### **5.1. Equipements de protection**

Les ouvriers étaient dotés de matériel de protection (tableau V II). Dans la plupart des ateliers la protection collective faisait défaut. Seul le laboratoire de contrôle de qualité possédait une protection collective.

**Tableau VII : Récapitulatif des équipements de protection des ouvriers**

Ateliers	Protection collective	Matériel	Protection Individuelle	Matériel
Atelier de nettoyage-décorticage	Non		Oui	- Masque (cache-nez) -Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Atelier d'expandage	Non		Oui	- Masque (cache-nez) -Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Atelier d'extraction	Non		Oui	-Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Atelier de neutralisation	Non		Oui	-Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Atelier de raffinage	Non		Oui	-Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Atelier de conditionnement	Non		Oui	- Masque (cache-nez) -Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Gants - Chaussures de sécurité
Atelier d'embouteillage*	Non		Oui	-Blouse blanche
Atelier de pelletisation	Non		Oui	-Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Atelier de savonnerie	Non		Oui	- Masque (cache-nez) (figure 12) -Tenue (chemises manches longues + pantalon) (figure 13) - Gants - Chaussures de sécurité
Atelier de traitement des effluents	Non		Oui	-Tenue (chemises manches longues + pantalon) - Chaussures de sécurité
Laboratoire de contrôle	Oui	Aspirateur de vapeurs d'hexane	Oui	-Blouse

Il est à remarquer en général que les journaliers ne bénéficient pas de protection. Seuls certains journaliers étaient dotés d'un masque (cache-nez). Les journaliers étaient chargés d'assurer la propreté des différents ateliers.

Il n'y avait pas de précautions particulières à prendre avant le début du travail. Mais l'atelier de nettoyage-décorticage était muni d'un souffleur. Le souffleur aidait les ouvriers à se débarrasser de la poussière.

Les ouvriers de l'atelier de neutralisation, étaient sujets à de nombreux risques. En effet, lors d'écoulements de soude (NaOH), les ouvriers n'ont bénéficié d'aucune protection supplémentaire. Ils s'aidaient juste d'un écoulement d'eau pour diluer la soude et la pousser vers les canalisations. Aussi, au cours d'intervention sur la pompe à projection de soude aucune mesure de prudence n'a été prise par les ouvriers. Pour la préparation de la soude, le journalier était muni juste d'un cache-nez. L'atelier de raffinage laisse entendre qu'un bassin contenant de la soude non protégé.

La protection individuelle au niveau de l'atelier de conditionnement était fonction de la tâche effectuée. L'ouvrier chargé d'enfourner les bidons dans la soude pour nettoyage portait sa tenue de travail (pantalon et chemises manches longues), des chaussures de sécurité, un masque et des gants. Là il faut noter que le mélange eau+ soude à la sortie du four s'échappait et suintait au sol.

L'ouvrier responsable du nettoyage interne des bidons, n'était muni d'aucune protection. Un quart des ouvriers ayant pour tâche de rinçer des bidons portait la tenue de protection et les chaussures de sécurité. Aussi l'ouvrier chargé de coller les étiquettes sur les bidons ne portait que la tenue et les chaussures de sécurité. Les journaliers qui s'occupaient du remplissage des bidons d'huile n'avaient aucune protection.



**Figure 12** : Masque attribué aux ouvriers de la savonnerie pour leur protection (J.N. GUISSOU le 25/05/11)



**Figure 13** :Ouvrier poussant la soude sous forme solide pour sa fonte (J.N. GUISSOU le 26/05/11)

## 5.2. Formations sur le risque toxique

Sur l'ensemble de la population enquêtée, seuls 2 ouvriers sur 30 avaient suivi des formations sur le risque toxique. Il leur a été difficile de donner une date à la formation du fait de l'éloignement de la tenue de cette formation. Ils ont trouvé la

formation très instructive et satisfaisante. L'ensemble de la population enquêtée a jugé qu'il était nécessaire d'organiser des formations sur le risque toxique.

### **5.3. Aptitude au poste de travail**

Les résultats de l'étude ont montré qu'1/3 des ouvriers avaient effectué une visite médicale pré-embauche. Par contre, tous étaient soumis à des visites médicales annuelles. Visites au cours desquelles la tension est prise, le poids aussi, les urines sont prélévées et l'acuité visuelle est vérifiée. Il est à noter que les journaliers ne bénéficient pas de cette visite. Un seul des ouvriers enquêtés a jugé que la visite médicale annuelle était satisfaisante.

### **5.4. Impact sanitaire des facteurs de risque sur les ouvriers**

Certains des ouvriers enquêtés ont été sujets à des conséquences liées au risque toxique. Cette tranche représentait 47% de la population. Les conséquences citées par les 47% des ouvriers variaient en fonction de l'atelier (tableau VIII).

**Tableau VIII : Impact sanitaire des facteurs de risque sur les ouvriers**

<b>Ateliers</b>	<b>Impact sanitaire</b>
Atelier nettoyage-décortilage	Toux Difficultés respiratoires
Atelier d'expandage	Difficultés respiratoires
Atelier d'extraction	Abcès de segment VI sur hépatomégalie Trous de mémoire Colopathie fonctionnelle Evanouissement Troubles sexuels
Atelier de neutralisation	Atteintes bénignes de l'œil Baisse de la vue (dû à la soude) Problème hépatique (dû à la soude)
Atelier de raffinage	Lésions caustiques (dû à la soude) Atteintes bénignes de l'œil (dû à la soude) Difficultés respiratoires (dû à la terre adsorbante)
Atelier de savonnerie	Picotements de l'œil (dû à la soude) Problèmes dermatologiques (dû à la soude) Problèmes respiratoires (dû à la soude) Diminution de la sensibilité à la soude
Atelier de traitement des effluents	Picotements dermaux (dû à l'acide sulfurique)

## **IV. Discussion**

### **1. Caractéristiques socio-démographiques**

L'analyse des données démographiques montre une population d'étude masculine. Une proportion de 33,33% représente la tranche d'âge extrême de [51-55] ans. Cette tranche est majoritaire. La répartition des ouvriers selon l'âge est centrée sur [36-40] ans. La tranche la plus jeune [26-30] ans représente 6,67%. On retrouve 23,33% de la population étudiée qui est scolarisée et qui a un niveau primaire. Par comparaison à d'autres types d'usines, notre population d'étude est vieille. En effet, Yameogo (2007) avait une population à 99% masculine avec une tranche d'âge majoritaire de [18-39] ans [38]. Les hommes seraient plus aptes à exercer ce type d'activités qui nécessitent une force physique. Un pourcentage de 76,67% des ouvriers avaient plus de 10 ans de service. La SN-CITEC est une industrie qui date. Cela pourrait expliquer la vieillesse de la population d'étude. Une projection de 10 ans donnerait une population beaucoup plus jeune.

Peu d'ouvriers ont bénéficié de formations professionnelles (10%) avant la prise de service. Une proportion de 27% d'ouvriers ont été journaliers avant d'être engagés comme permanents. D'autres types d'industries ont formé leurs ouvriers sur le tas [39]. Le coût élevé des formations pourrait être la cause de ce fait. En 2000, Tee l'exprimait dans une étude. Il disait qu'un défaut chronique de l'industrie des pays en développement tient au manque de formation de ressources humaines au coût des équipements des technologies [5].

### **2. Données toxicologiques sur l'environnement de travail**

#### **2.1. Produits chimiques rencontrés au sein de la SN-CITEC**

Les produits utilisés dans l'industrie étaient sous formes liquide et/ou solide. Mais il est à remarquer qu'un produit comme l'hexane dans les conditions d'utilisation à l'usine se retrouve sous forme gazeuse. Les ouvriers sont soumis aux conséquences de ce produit aussi bien sous forme liquide que gazeuse.

#### **2.2. Données toxicologiques des produits chimiques rencontrés au sein de la SN-CITEC**

Les ouvriers sont restés unanimes sur le fait que les produits chimiques qu'ils utilisent sont dangereux. L'impact sanitaire des facteurs de risques rencontrés pourrait en être la cause. En effet, Tee et Chen disaient en 2000 qu'on entend par

substances dangereuses des composés et des mélanges qui présentent une menace pour la santé due à leur toxicité [40].

### **2.3. Facteurs de risques rencontrés par les ouvriers**

La proportion d'ouvriers ayant déjà rencontré des facteurs de risque toxique était de 86,67%. Les conditions de travail des ouvriers devraient en principe occasionner plus de facteurs de risques rencontrés. Parmi les facteurs de risque toxique cités par les ouvriers, la poussière a été citée. D'après Alain Viala dans *Eléments de toxicologie*, l'industrie chimique peut rejeter des quantités plus ou moins importantes de produits utilisés [41]. Toujours dans le même ouvrage, il écrit que l'homme adulte inhalant 12 à 15 m<sup>3</sup> d'air par jour, la qualité naturelle de l'air doit figurer au premier plan. Les ouvriers ont donc raison de citer la poussière comme facteur de risque toxique puisqu'elle contient en générale les produits utilisés dans l'industrie. Les graines traitées afin d'être débarrassées de leurs duvets (graines délintées) ont été incriminées à cause de leur forte odeur insupportable.

Les produits tels que hexane, soude, acide sulfurique et sulfate d'ammonium ont été fortement incriminés. Parmi les produits chimiques employés dans les activités industrielles, certaines ont la faculté lorsqu'elles entrent en contact avec l'organisme, de se fixer sur les organes et perturber leur fonctionnement. Ces produits sont nocifs ou toxiques [42]. Les produits cités par les ouvriers peuvent être considérés comme nocifs.

## **3. Connaissances, attitude et pratique sur le risque chimique toxique**

### **3.1. Connaissances des ouvriers**

#### **3.1.1. Connaissances des ouvriers sur le risque chimique toxique**

La connaissance de l'existence du risque chimique toxique par les ouvriers (100% des ouvriers) paraît surprenante. Les ouvriers se seraient informés des risques pouvant exister dans leur environnement de travail. Ce qui est une très bonne initiative. Qu'aucun des ouvriers n'arrivent à donner une définition du risque chimique toxique n'est pas étonnant puisque seuls 2 ouvriers ont suivi des formations. Tee (2000) disait ceci : « Les pays en développement se heurtent à un problème : le manque de connaissances quant aux effets des méthodes utilisées en industrie » [5].

### **3.1.2. Connaissances des ouvriers sur les déchets industriels**

Aucun des ouvriers n'a pu donner une définition des déchets industriels. Le faible niveau d'instruction (23,33% des ouvriers ont un niveau primaire) et le manque de formation pourraient en être la cause. Une proportion de 60% des ouvriers trouvent que les déchets industriels sont toxiques. En effet, « Les déchets industriels sont susceptibles de renfermer des matières dangereuses, telles que les produits chimiques toxiques. » [40]. En ce qui concerne l'impact des déchets produits par l'activité industrielle, seules des analyses approfondies sur ce que renferment ces déchets permettraient de confirmer un lien de causalité entre les déchets et leur impact.

### **3.2. Attitudes des ouvriers face au risque chimique toxique**

La divergence de l'attitude des ouvriers face à la protection pourrait être incomprise. Un peu plus de la moitié (56,68%) des ouvriers se protégeaient contre 100% de protection dans les laboratoires d'analyses biomédicales [43]. Cela dénote une négligence de la part des ouvriers. Sinon comment peuvent-ils, face à la connaissance du risque chimique toxique ou au vu de l'impact des facteurs de risque ne pas se protéger ? Les raisons évoquées étaient : manque de matériel de protection, protection inefficace, inadéquation du matériel de protection et protection insuffisante. Konate (2001) a rencontré des raisons similaires (manque de matériel de protection, protection insuffisante, protection inefficace) [43]. Le manque de matériel de protection est remarquable et relèverait des autorités de l'industrie. Serait-ce dû à un manque de capitaux ou préfèrent-ils investir à d'autres fins ? Tee en 2000 dans son article les pays en développement et la pollution disait ceci : « Les entreprises des pays en développement manquent de capitaux et lorsqu'elles peuvent investir, elles l'ont d'abord dans l'équipement et les moyens de production. » [5]. Les protections inadéquates et inefficaces ont également été évoquées. D'un entretien avec les ouvriers, il est ressorti que les gants de protection ne permettaient pas de manier les différents appareils ou de manœuvrer aisément. Les masques protégeaient certes mais ne permettaient pas une bonne respiration. Protection insuffisante ; les ouvriers se sont plaints d'avoir une protection insuffisante. C'est ainsi que dans l'atelier de la savonnerie, aussi bien dans la sous-section fusion que dans la sous-section saponification les ouvriers se protégeaient la face juste avec des lunettes. Le reste du visage était soumis aux projections de

soude. Un ouvrier se protégeait cependant grâce à une cagoule. La cagoule n'était pas appropriée pour l'environnement de travail. De plus, cette cagoule n'a pas été fournie par l'entreprise mais elle appartenait à l'ouvrier. Toujours dans l'atelier de savonnerie, les tenues tenaient chaud, pourtant la température de la salle était déjà élevée.

En ce qui concerne le stockage des produits chimiques. Les fûts d'hexane étaient entreposés sous un hangar mais après avoir été exposés au soleil pendant 7 heures au moins. Des fûts percés laissaient échapper l'hexane. Ces fûts ont été placés à l'écart des autres mais exposés à l'air. D'après les recommandations de l'INRS (France), l'hexane doit être stocké dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri des rayonnements solaires et de toute source de chaleur. Cet aspect qui n'a pas été conforme dans l'environnement de travail [44]. L'INRS recommande également d'éviter l'inhalation des vapeurs d'hexane. L'investigation menée a révélé des fûts d'hexane endommagés. Ceux-ci laissaient échapper l'hexane. Dans ces conditions pourrait-on éviter l'inhalation de ce produit? L'INRS recommande de stocker l'hydroxyde de sodium dans des locaux bien ventilés à l'écart des acides [45]. Le sol des locaux devra être imperméable et former une cuvette de rétention afin qu'en cas de déversement accidentel, les solutions ne puissent se répandre en dehors. Aussi dans l'atelier de savonnerie, les fûts d'hydroxyde de sodium étaient entreposés à l'air et n'étaient pas éloignés des fûts d'acides gras. Ce procédé ne suit pas les recommandations de l'INRS.

L'INRS recommande les mêmes procédés de stockage pour l'acide phosphorique et le sulfate d'aluminium. Ces deux derniers produits ne bénéficiaient pas d'un entreposage dans des locaux frais et ventilés au niveau de l'atelier de traitement des effluents (figure 6). Ils étaient plutôt exposés sous un hangar qui leur évitait les rayons solaires.

Les ouvriers ont jugé nécessaire d'améliorer les conditions de sécurité de travail. Seulement au vu de leur négligence en ce qui concerne leur protection, il est à se demander si cela changerait véritablement leur comportement et améliorerait leur protection.

### **3.3. Pratiques face au risque chimique toxique**

La collecte et le transport des déchets inertes du secteur industriel doivent être réalisés par les professionnels concernés [46]. Dans l'usine, ce sont les ouvriers eux-mêmes qui sont les acteurs dans la collecte des déchets de chaque atelier. Le transport lui était assuré par les agents de la voirie. Il n'y avait pas de tri des déchets. Deux modes de gestion après la collecte sont exploités par la SN-CITEC. Les déchets semblables aux déchets ménagers sont mis en décharge. Le centre d'enfouissement des déchets n'a pu être situé. La valorisation se fait avec les produits issus du traitement des effluents (graisses acides et les boues). Les boues se situent à la frontière des domaines respectifs des déchets solides et des eaux résiduaires [33]. Les boues sont biodégradables. Au niveau de la SN-CITEC, les boues n'étaient plus revalorisées. Elles étaient abandonnées pour leur dégradation.

Le système de traitement des effluents est un système bien pensé. En effet il permet de ne pas rejeter dans la nature les eaux usées fortement basiques qui pourrait être source de pollution pour le milieu aquatique. Ce type de traitement fait partie des traitements tertiaires des effluents. C'est un traitement coûteux. A l'issue de ce traitement, les effluents doivent répondre aux normes de rejet concernant des paramètres généraux et /ou spécifiques. Ces traitements permettent d'éviter les principaux risques liés à la pollution des milieux aquatiques :

- les risques pour les peuplements naturels. Ces aspects relèvent du domaine de l'écotoxicologie. Ces risques conduisent souvent à la pollution ;
- les risques pour la santé humaine qui comprennent les risques infectieux et les risques toxiques [47]. La station de traitement des effluents est une initiative à louer et d'autres industries gagneraient à s'y inspirer.

## **4. Equipements de protection et Gestion du risque**

### **4.1. Equipements de protection**

La plupart des ateliers n'était pas dotée de protection collective (tableau VIII). Pourtant, cette dernière limiterait énormément les facteurs de risque toxique. Les principes généraux des méthodes de prévention des intoxications professionnelles recommandent des mesures collectives de protection [2].

## 4.2. Formation sur le risque toxique

Les ouvriers en général n'ont pas bénéficié de formation dans le cadre du risque encouru dans son environnement de travail [38]. Pourtant, l'industrie gagnerait à former son personnel, afin que ces derniers puissent prendre les dispositions adéquates afin d'éviter non seulement les pollutions mais aussi les conséquences engendrées par les facteurs de risque toxique. « L'argent investi dans la lutte anti pollution ne rapporte apparemment rien à l'entreprise mais cela ne veut pas dire qu'il n'y a aucun rendement. Dans de nombreux cas, la lutte antipollution permet de réduire les dépenses et de gagner en efficacité. Ce qui profite directement à l'entreprise. » [5].

## 4.3. Aptitude au poste de travail

Seulement le tiers du personnel avait effectué une visite médicale pré-embauche. Ce taux est faible. Des bas taux ont également été rapportés: 5% par Yelemou en 2000 [48] et 0% par Yameogo en 2007 [38]. Ceci n'est pas conforme au plan de gestion du risque. En effet dans les mesures médicales des méthodes de prévention des intoxications professionnelles, il est prévu un examen de pré-embauche. Ce dernier a pour but de permettre l'engagement des travailleurs à des postes pour lesquels ils sont physiquement et mentalement aptes [2]. Les visites annuelles sont respectées mais sont insuffisantes. En effet lors de ces visites, poids, tension, prélèvement d'urines et acuité visuelle sont les paramètres vérifiés. Cependant, Fornès en 2003 dans Médecine légale disait qu'à l'occasion des visites médicales, le médecin du travail recherche une affection dangereuse pour le travailleur et s'assure que le salarié est médicalement apte au poste auquel il est affecté [49]. Dans le cas présent les visites médicales ne sont pas effectuées comme décrit. Les paramètres vérifiés ne permettent pas de s'assurer de l'aptitude à tel poste de travail. L'INRS recommande lors d'examens systématiques de rechercher des lésions cutanées, oculaires, dentaires et pulmonaires ainsi que des signes d'irritation digestive pour les ouvriers en contact avec la soude [45]. Aucun examen biologique n'est fait dans ce cas actuel. Pourtant ce dernier permettrait la corrélation entre tel paramètre biologique et l'utilisation de tel produit.

#### 4.4. Surveillance de la santé

Une partie de la population (47%) a été sujette aux conséquences liées aux facteurs de risque toxique ( tableau I X). Cette proportion n'est pas él evée. Se pourrait-il qu'il y ait eu une proportion plus large ? Mais que les ouvriers ne sachant pas faire la part des choses n'aient pas identifiées d'impact sanitaire comme lié au facteur de risque toxique de l'industrie? En effet un groupe d'ingénieurs, de médecins et de spécialistes de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) disaient ceci : «Il est évident que les maladies professionnelles déclarées ne rendent pas compte du nombre réel de sujets affectés dans la population au travail » [3].

Des difficultés respiratoires ont été identifiées comme conséquences liées aux facteurs de risques toxiques. Lauwerys R. et coll. ont ajouté que les facteurs de risque peuvent produire des manifestations respiratoires à type d'asthme [2]. Shiru (2000) allait dans le même sens dans son étude sur la pollution atmosphérique en disant que de nombreuses études épidémiologiques ont montré qu'une exposition prolongée à une atmosphère polluée est étroitement liée à une baisse de la fonction pulmonaire et à une incidence accrue de maladies respiratoires chroniques [4] ;

L'atelier de l'extraction est l'atelier où l'on a rencontré le plus d'impact sur les ouvriers. Comme impact il a été cité l'abcès du foie, les trous de mémoire, la colopathie fonctionnelle, l'évanouissement et les troubles sexuels. Les vapeurs d'hexane agissent sur le système nerveux central provoquant d'abord un état euphorique avec sensation d'ébriété puis une somnolence avec céphalées, vertiges et nausées [50]. De plus, des troubles mentaux principalement neuro-comportementaux sont décrits chez des sujets exposés à de fortes concentrations de solvant dont l'hexane (seul ou en association) [50-51]. Les trous de mémoire, l'évanouissement pourraient alors être expliqués. Les données concernant le risque cancérigène sont succinctes. Mais sachant que le n-hexane est métabolisé principalement dans le foie en un certain nombre de composés alcooliques et cétoniques, [52-54] l'impact sur le foie pourrait alors être justifié. Aussi les données sur la reproduction ne sont que brèves [50-53]. Ainsi le dysfonctionnement de la fonction de reproduction pourrait avoir sa place.

Les conséquences liées à la soude étaient des atteintes bénignes de l'œil, picotements de l'œil, décapage de la peau, des problèmes respiratoires ainsi que des problèmes dermatologiques. Les projections cutanées et oculaires d'hydroxyde de sodium sont responsables de graves lésions caustiques profondes et extensives

si une décontamination cutanée n'est pas immédiatement réalisée. Un lavage abondant à l'eau doit être entrepris, même en l'absence de douleurs locales : en cas de contamination cutanée, la sensation de brûlure est toujours retardée de quelques minutes [55-58]. Les picotements des yeux seraient dus à des projections de soude avec une décontamination immédiate par lavage à grande eau. Le décapage de la peau serait également dû à une projection cutanée avec une absence de décontamination. Aussi l'ouvrier ne s'est pas aussitôt rendu compte du contact entre sa peau et la soude. C'est après avoir manipulé la soude qu'il s'est rendu compte de ses blessures. La décontamination n'a pas été immédiate. Ce qui pourrait expliquer les lésions. L'hydroxyde de sodium en présence d'eau ou d'humidité peut engendrer une chaleur [59]. Ne serait-ce pas cette chaleur qui serait responsable des problèmes respiratoires ?

Un contact avec l'acide sulfurique se serait révélé sans conséquences. Le contact direct de la peau avec une solution concentrée d'acide sulfurique entraîne des lésions caustiques d'autant plus sévères que le temps de contact est prolongé et que la concentration du produit est élevée [60-62]. L'absence de conséquences pourrait s'expliquer par un bref temps de contact.

## CONCLUSION

L'étude menée au sein de la Société Nouvelle des Huileries et Savonneries (SN-CITEC) avait pour objectifs de dresser le profil des produits chimiques utilisés dans l'unité industrielle, de décrire la typologie des déchets générés par l'unité industrielle, d'identifier les facteurs de risque chimique toxique dans l'unité industrielle, d'analyser la gestion du risque chimique ainsi que le système de gestion des déchets dans l'unité industrielle.

Nos résultats ont montré que la majorité des produits chimiques utilisés étaient dangereux et pouvaient être à l'origine de nombreux et graves problèmes de santé. Certains cas ont été relevés lors de notre étude. Il faut ajouter que les produits chimiques utilisés étaient à l'origine de facteurs de risque chimique. Cependant, les notions qu'ont les ouvriers sur les produits chimiques utilisés, leur nocivité, les précautions à prendre pour l'utilisation de ces produits restent faibles. Ceci pourrait être en rapport avec leur faible niveau d'instruction. L'étude a également montré que la gestion du risque n'était pas conforme aux recommandations. La majeure partie des ouvriers avaient déjà été sujette à des facteurs de risque toxique. Nous avons noté l'inexistence de visites médicales pré-embauche ; ce qui est contraire aux normes. Aussi les visites médicales n'étaient pas approfondies. Un peu moins de la moitié des ouvriers avaient été victimes des conséquences liées aux facteurs de risques toxiques. Ces conséquences étaient variées et en générale des examens cliniques, biologiques ou toxicologiques n'ont pu suivre. En outre, les ouvriers n'étaient pas protégés comme il se devait tout au long de notre étude. Cette situation émanait du comportement des ouvriers mais aussi d'un manque de soutien de la société. En dehors du laboratoire, aucun des ateliers n'était doté d'équipement de protection collective. L'accent n'était pas mis sur la formation sur le risque toxique du personnel. Ce qui était contraire aux attentes des ouvriers qui en plus souhaitaient l'amélioration de la sécurité de leur environnement de travail.

Une procédure de traitement des déchets est adoptée au sein de la SN-CITEC. Elle met en décharge les déchets de nature ménagère et valorise ceux issus de la production de la société. Une station de traitement des effluents existe également. Elle rend les effluents utilisés conformes aux normes de l'ONEA pour leur rejet. La station de traitement des effluents est une initiative à louer et devrait servir d'initiatives aux entreprises.

## **PERSPECTIVES**

Il serait nécessaire d'envisager d'une part une étude toxicologique approfondie prospective pour mieux apprécier les conséquences liées aux facteurs de risque chimique utilisés dans cette entreprise. Ceci permettrait de mieux prendre en charge les conséquences sur la santé. D'autre part, une étude sur les conséquences sur l'environnement est à prévoir afin de préserver l'environnement et d'éviter les inconvénients liés à la pollution de l'environnement

## **RECOMMANDATIONS**

A l'issue de notre étude, il a été noté :

- de nombreuses insuffisances dans la prise en charge des intoxications ;
- un manque de dispositions vis-à-vis du risque toxique existant en milieu industriel.

Pour pallier ceci, nous suggérons :

### ***Au Ministère de la Santé***

- Le renforcement de la surveillance des travailleurs en entreprise par l'Office Santé des Travailleurs ;
- Une subvention aux industries pour se doter de matériels adéquats de protection pour les travailleurs.

### ***Au Ministère de l'environnement***

- La mise en route de projets d'étude afin de mesurer l'impact de l'activité industrielle sur l'environnement ;
- L'aide aux structures industrielles dans la lutte contre la pollution à travers des appuis techniques ;
- La mise en place de protocoles de traitements de déchets issus de l'activité industrielle.

### ***A la SN-CITEC***

- La formation du personnel sur le risque toxique existant en milieu industriel ;
- La dotation en matériel adéquat de protection pour les ouvriers ;
- La réalisation des visites médicales annuelles avec des examens plus approfondis pour les travailleurs à risques ;
- La réalisation des visites médicales aussi pour les journaliers ;

- Le partage avec les autres industries de leur savoir faire en matière de traitement des effluents.

***Aux travailleurs de la SN-CITEC***

- L'adoption des attitudes plus responsables vis-à-vis du risque toxique existant en milieu industriel.

# REFERENCES

## REFERENCES

1. Annalee Y., Tor d K . Les r isques pour la s anté l iés à l 'environnement. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail 2000;2:53.2-5.
2. Lauwerys R., H aufroid V ., H oet P ., Li son D . Toxicologie i ndustrielle et intoxications pr ofessionnelles. 5<sup>e</sup> édition. P aris : E lsevier M asson, 200 7 : 1251.
3. Groupe d' ingénieurs, m édecins et s pécialistes de l 'institut nat ional et de recherche en santé. Hygiène industrielle 2000.Paris :49.
4. Shiru N. La po llution i ndustrielle d ans l es p ays en dé veloppement. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. 2000;2:53.9-10.
5. Tee L.G. Les pays en développement et la pollution. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. 2000;2:53.9-10.
6. Borduas, G., Trottier, J. Schéma di recteur de ges tion des déchets - ville de Ouagadougou. Ouagadougou (Burkina Faso) 2000.
7. Association I nterprofessionnelle pour l a P révention et l a S anté au Tr avail. Définition du risque chimique.2009. Paris : 1.
8. Reichl F.X. Guide pratique de toxicologie. 2<sup>ème</sup> édition. Bruxelles : De Boeck, 2004 : 348.
9. Smith H. Jr. A toxicologist's view of threshold limits. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1962;23:37
10. Stokinger H. Thr eshold l imits and m aximal ac ceptable c oncentration: t he definition and interpretation. Assoc. J. 1962;23:45.
11. Stokinger H. Modus operandi of threshold limits committee of A.C.G.I.H. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1964;25:589.

12. Truhaut R. Etat actuel du problème des limites admissibles et tolérables pour les agents chimiques potentiellement toxiques dans les ambiances professionnelles. Arch. Mal.Prof. 1971;32:353.
13. Michaux P., Boiteau H., Tolot F. Valeurs et limite du dépistage clinique et biologique en pathologie professionnelle. Arch. Mal.Prof. 1971;32:1.
14. Hoet P., Haufroid V. Biological Monitoring : State of the art. Occup. Environ. Med. 1997;54:361.
15. Bolt H.M., Thier. R. Biological monitoring and biological limit values (BLV): The strategy of the European Union. Toxicol. Letters 2006;162:119.
16. Haufroid V., Lison D. Mercapturic acids revisited as biomarkers of exposure to reactive chemicals in occupational toxicology: a mini review. Int. Arch. Occup. Environ. Health 2005;78:343.
17. Dell'Omo M., Lauwerys R.R. Adducts to macromolecules in the biological monitoring of workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. Crit. Rev. Toxicol. 1993;23:111.
18. Watson W.P., Mutti A. Role of biomarkers in monitoring exposure to chemicals: present position, future prospects. Biomarkers 2004;9:211.
19. Jakubowski M., Trzcinka-Ochocka M. Biological monitoring of exposure: trends and key developments. J. Occup. Health 2005;45:22.
20. Zielhuis R. Biological monitoring. Scand. J. Work Env. Health 1978;4:1.
21. Carson P.A., Mumford C.J. The safe handling of chemicals in industry. Longman scientific and technical Harlow, England. 1988.vol1.
22. Institut national de recherche en Sécurité. Des agents contre les risques chimiques- Fiche pratique de sécurité. 2003. Paris : 4.

23. Douglas D. Respiratory protective devices. *Pratt's Industrial Hygiene and Toxicology*. 1978.
24. Feiner B. Respiratory protection and personal hygiene. *Industrial Properties of Industrial Material*. 3<sup>ème</sup> édition. New York: Sax I.N., 1968: 69.
25. Jordan H. The respirator problem. An hygienist's viewpoint. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1958;2:19.
26. Rajhans G.S., Blackwell D.S.L. *Practical guide to respirator usage in Industry*. Butter Publishers. Boston USA: 1985.
27. Simonin C. *Medecine du travail*. 2<sup>ème</sup> édition. Paris : Maloine, 1956.
28. Centre International d'Informations de Sécurité et d'Hygiène du Travail (CIS). *Appareils de protection respiratoire. Note documentaire 9*. Bureau International du Travail. Genève : 1964.
29. Burgess W. *Personal Protective Devices in Industrial Hygiene Highlights*. Pittsburgh USA: Craley L.V. 1968: 319p.
30. Centre International d'Informations de Sécurité et d'Hygiène du Travail (CIS). *Entrée dans les réservoirs et autres espaces clos. Note documentaire 6*. Bureau International du Travail. Genève : 1962.
31. Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux (*JO* du 16 juillet 1975), complétée par le décret n°77-151 du 7 février 1977 (*JO* du 20 février 1977) et la circulaire du 18 mai 1977 [service d'élimination des déchets et des ménages] (*JO* du 20 février 1977).

32. Directives portant sur les déchets dangereux n° 78/319/CEE du 20 mars 1978 (JOCE L 84 du 31 mars 1978) et n°91/689/CEE du 12 décembre 1991 (JOCE L 377 du 31 décembre 1991).
33. Damien A. Guide de traitement de déchets. 4<sup>ème</sup> édition. Paris : Dunod, 2006 : 549.
34. Bertolini G. Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (Miom) Du déchet au produit. Environnement et technique, n°191, novembre 1999 :22-25.
35. Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets, JOCE L 332/91 du 28 décembre 2000.
36. Circulaire du 28 juin 2001 relative à la gestion des déchets organiques, NOR : ATEP 0100203C, non parue au JO.
37. La méthanisation plein gaz. Environnement magazine, n° 1626, avril 2004:52-54.
38. Yameogo D. Conditions de travail des ouvriers dans les ateliers de fabrication des pièces mécaniques : cas de six entreprises de la zone industrielle de Gounghin (Ouagadougou). Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale de Santé Publique. Ouagadougou : 2006-2007.
39. Boena M. Les conditions d'hygiène et de sécurité des travailleurs dans les ateliers de vulcanisation de pneus du secteur informel dans la ville de Ouagadougou. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale de Santé Publique. Ouagadougou : 2004-2005.
40. Tee L. G., Weiping C. La pollution terrestre. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. 2000;2:53.15-18.
41. Viala A. Eléments de toxicologie. Paris: Lavoisier, 1998 :521.
42. Nichan Margossian. Risques et accidents industriels majeurs. Paris: Dunod, 2006: 267.

43. Konate D. Les mesures de prévention des risques professionnels dans les laboratoires d'analyses biomédicales de CHU-yaigado et de l'OST Ouagadougou. Mémoire de Fin d'études. Ecole Nationale de Santé Publique. Ouagadougou : 2000-2001.
44. Institut national de recherche en Sécurité. Fiche toxicologique Hexane. 2008. Paris : 10.
45. Institut national de recherche en Sécurité. Fiche toxicologique de la soude. 2000. Paris: 4.
46. Balet J-M. Gestion des déchets. Paris : Dunod, 2005 :230.
47. Viala A., Botta A. Toxicologie. 2<sup>ème</sup> édition. Paris : Lavoisier, 2005 : 1094.
48. Yelemou P.J.B. Contribution à la prévention des risques professionnels dans les stations services et de distribution d'hydrocarbures de la ville de Ouagadougou (cas de la société pétrolière Burkina et shell). Ecole Nationale de Santé Publique. Ouagadougou : 1998-2000.
49. Fornés P. Médecine légale Toxicologie Medecine du travail. Paris : Concours médical, 2003: 180.
50. Carreon T. Aliphatic Hydrocarbons. In Patty's toxicology 2001;4:1-3,32-39.
51. Nijem K . Prevalence of neuro-psychiatric and mucous membrane irritation complaints among Palestinian shoe factory workers exposed to organic solvents and plastic compounds. New York: AJIM, 2001: 198.
52. n-Hexane. Toxicological Profile Information Sheet Agency for Toxic Substances and Disease Registry ( ATSDR). Consultable sur le site <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>.
53. n-Hexane. In :Base de données HSBD,2004.Consultable sur le site <http://toxnet.nlm.nih.gov>.

54. n-Hexane. In: ACGIH (2004) Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
55. Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to sodium hydroxide. Cincinnati, U S D epartment of heal th, educ ation and w elfare (NIOSH) 1975.
56. Grant W.H. -Toxicology of the eye. Springfield: Charles C. Thomas 1974: 932.
57. Pontal P .G., Brun J.G., Lorimer G . B rûlures c austiques du t ractus di gestif supérieur. Rev. Med. 1983, ;5 :191-5.
58. Blin F ., R ochette J., Taulet G ., M arsepoil T. , S tarkman M. I ntoxication volontaire par i njection i ntraveineuse de s oude c austique. Ann. A nesth. 1983;2:97-9.
59. International Technical Information. Toxic and hazardous industrial chemicals safety manual for handling and disposal with toxicity and hazard data. 1982. Tokyo: 2.
60. Testud F. Pathologie toxique professionnelle et environnemental. 3<sup>e</sup> édition. Paris : Editions ESKA , 2005 :672.
61. Bismuth C ., B aud P .J., C onso F. Tox icologie c linique, 5<sup>e</sup> édition. P aris : Flammarion , 2000 :1092.
62. Bingham E., Cohrssen B., Powell C.H. Patty's toxicology. 5<sup>e</sup> edition. New York: John Willey& sons, 2001:1312.

# ANNEXES

## ANNEXE 1

### Guide d'entretien sur le risque chimique toxique

Dans le cadre du diplôme d'études approfondies en toxicologie appliquée, nous menons une étude sur le risque chimique toxique en milieu industriel qui nous permettra de rédiger un mémoire. Nous effectuons une enquête auprès des agents de la société.

Nous sollicitons votre participation et nous vous garantissons l'anonymat et la confidentialité de vos réponses.

Date.....

N° de fiche.....

#### INFORMATIONS GENERALES

N° d'identification.....

Sexe.....

Age.....

Service.....

Niveau d'instruction.....

Qualification personnelle.....

Nombre d'années dans le service.....

Durée de travail en 24h.....

Nombre d'heures de travail par semaine.....

#### CONNAISSANCE DU RISQUE CHIMIQUE TOXIQUE

Savez-vous qu'il existe un risque toxique chimique

OUI ( )

NON ( )

Qu'entendez-vous par risque toxique chimique ?

.....  
.....  
.....  
.....

Rencontrez-vous certains risques toxiques dans votre environnement de travail ?

OUI ( )

NON ( )

Si oui, lesquels ?

.....  
.....  
.....  
.....

Avez-vous déjà participé à des formations sur le risque toxique pouvant exister en entreprise ?

OUI ( )

NON ( )

Si Oui, quelles ont été vos impressions ?

.....  
.....  
.....  
.....

Quelle a été la durée de la formation ?.....

Quand s'est déroulée la ou les formations ?.....

Quelles sont les fréquences des formations ?.....

Si Non, pourquoi ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Pensez-vous qu'il est nécessaire d'en organiser ?

Avez-vous effectué des visites médicales de pré-embauche ?

OUI ( )

NON ( )



## Questionnaire auto-administré

Dans le cadre du diplôme d'études approfondies en toxicologie appliquée, nous menons une étude sur le risque chimique toxique en milieu industriel qui nous permettra de rédiger un mémoire. Nous effectuons une enquête auprès des agents de la société.

Nous sollicitons votre participation et nous vous garantissons l'anonymat et la confidentialité de vos réponses.

Date.....

N° de fiche.....

### INFORMATIONS GENERALES

N° d'identification.....

Sexe.....

Age.....

Service.....

Niveau d'instruction.....

Qualification personnelle.....

Nombre d'années dans le service.....

### CONNAISSANCES SUR LE DECHET INDUSTRIEL

Qu'est ce qu'un déchet industriel ?

Déblais ( )

Gravats ( )

Déchets inertes ( )

Ordures ménagères ( )

Autres.....  
.....

Pensez-vous que les déchets industriels soient toxiques ?

Oui ( )

Non ( )

Si Oui, quelles conséquences peuvent-ils engendrer ?

.....  
.....  
.....  
.....

GESTION DE DECHETS

L'entreprise a-t-elle adopté une procédure pour la gestion des déchets ?

Oui ( )

Non ( )

Si oui, comment est-elle organisée ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Si non, pourquoi la procédure n'est pas adoptée ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

La procédure est elle utilisée ?

Oui ( )

Non ( )

Une équipe a-t-elle été recommandée spécialement pour la gestion des déchets ?

Oui ( )

Non ( )

Si oui, l'équipe a-t-elle été

Formée ( )

Recyclée ( )

Les règles et principes de gestion sont-ils appliqués ?

Oui ( )

Non ( )

Si non, pourquoi ?

.....  
.....  
.....  
.....

Quelles méthodes de collecte sont appliquées à l'entreprise ?

Collecte sélective ( )

Collecte séparée ( )

Collecte assemblée ( )

Quels sont les instruments de collecte dont dispose l'entreprise ?

.....  
.....  
.....

Quel mode de transfert utilisez-vous ?

Camions ( )

Charrettes ( )

Vélo ( )

Brouettes ( )

Autres

.....  
.....

Quels sont les modes d'élimination utilisés dans l'entreprise

Incinération ( )

Co-incinération ( )

Pyrolyse ( )

Décomposition thermique en bains fondus ( )

Oxydation hydrothermale ( )

Traitements aérobies ou compostage ( )

Traitements anaérobies ou méthanisation ( )

Mise en décharge des déchets ( )

**ANNEXE 3**

## Guide d'observation

Date.....

N° de fiche.....

### INFORMATIONS GENERALES

N° d'identification.....

Sexe.....

Age.....

Service.....

Niveau d'instruction.....

Qualification personnelle.....

Nombre d'années dans le service.....

Poste de travail.....  
.....  
.....

Liste de produits chimiques utilisés (formes et particularités)

.....  
.....  
.....  
.....

### Protection

Équipement de protection collective

Oui ( )

Non ( )

Quels sont les équipements de protection collective .....

Équipement de protection individuelle

Oui ( )

Non ( )

Quels sont les équipements de protection individuelle .....  
.....  
.....

Ces équipements sont ils adaptés au poste de travail ?

Oui ( ) Non ( )

Les équipements sont-ils de qualité ?

Oui ( ) Non ( )

.....  
.....  
.....

Présence de procédure de protection ?

Oui ( ) Non ( )

Les précautions sont-elles prises avant et après les heures de travail ?

Oui ( ) Non ( )

Quelles sont les précautions adoptées ?

.....  
.....  
.....  
.....

### Traitement des déchets

Quels sont les acteurs dans l'élimination des déchets ?

.....  
.....  
.....  
.....

Quels sont les différents types de déchets que l'on rencontre dans l'industrie ?

.....  
.....  
.....  
.....

Quelles méthodes sont appliquées à l'assemblage des déchets ?

Tri ( )

Absence de tri ( )

Autres.....  
.....  
.....

Description du circuit des déchets.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Les règles et principes de gestion des déchets sont-ils appliqués ?

Oui ( )

Non ( )

## **ANNEXE 4 :**

### **CYCLE DE PRODUCTION DE LA SN-CITEC**

#### **Atelier de réception des grains**

La matière première (graines de coton) a deux provenances : la Société Cotonnaire du Gourma (SOCOMA) et la Société de Fibres et Textiles du Burkina (SOFITEX). Une fois les graines à l'intérieur de l'industrie elles sont acheminées vers l'atelier de réception. Les graines sont déversées dans un fossé et de là, elles peuvent avoir deux itinéraires. Soit elles sont utilisées directement dans les usines, soit elles sont d'abord stockées dans les stylos. Les stylos permettent une meilleure conservation de la graine et les protègent de la chaleur, du soleil et des intempéries. L'atelier de réception des grains est relié à celui de nettoyage-décortilage.

#### **Atelier de nettoyage-décortilage**

L'atelier de nettoyage-décortilage est conduit par des équipes. Une équipe est composée d'un conducteur et d'un aide conducteur.

Les graines issues de l'atelier de réception des grains sont stockées dans une trémie-tampon. La trémie assure la continuité de l'arrivée des graines ; elle est alimentée par le stylo. Cet atelier comprend 5 décortiqueurs couplés à des batteurs. Il y a également la présence de 3 nettoyeurs.

La graine passe dans le nettoyeur en premier lieu où elle est débarrassée de ses impuretés (morceau de bois, cailloux). Elle perd ensuite sa coque au niveau du décortiqueur. Les coques passent ensuite dans le batteur afin que soient extraits les morceaux d'amandes qui y restent.

Les graines décortiquées font chemin vers l'atelier d'expandage tandis que les coques elles se dirigent vers la chaudière.

#### **Atelier d'expandage**

L'équipe qui assure la permanence au niveau de l'atelier de l'expandage est composée d'un conducteur et d'un journalier.

Quatre opérations forment l'expandage.

L'aplatisseur qui écrase les amandes afin de les rendre sous forme de poudre fine. La poudre ainsi obtenue est stockée dans une trémie. La poudre est ensuite cuite sous l'action de la vapeur. L'expandeur prend ensuite le relais ; l'eau accumulée suite à la cuisson par vapeur s'évapore et la matière grasse est libérée des cellules

oléifères. Cette huile pénètre par la suite dans les collets qui sont les produits de finition de l'expandage. Enfin se passe la dernière opération : le refroidissement. Après cette opération les collets sont refroidis et ils empruntent le chemin l'atelier d'extraction.

### **Atelier d'extraction**

L'équipe de permanence est composée d'un conducteur, d'un aide-conducteur et d'un journalier.

L'atelier d'extraction est subdivisé en 4 grandes parties :

- circuit solide ;
- circuit liquide ou distillation,
- circuit gazeux.

#### **➤ Circuit solide**

Les collets arrivent au niveau de l'atelier d'extraction grâce à un système de transport à la chaîne. Puis les collets séjournent dans une trémie où ils continuent au niveau de l'extracteur.

L'extracteur est muni de neuf rampes d'hexane qui arrosent en permanence les collets. Les collets sont immergés par trempage complet dans l'hexane. C'est le système de percolation. La consommation d'hexane est de 5 à 6 l par tonne dont 51% est perdu lors des fuites. Au fur et à mesure qu'on avance dans le niveau de rampes, les collets perdent de leur couleur et deviennent blanchâtres signe qu'ils sont dés huilés. On obtient à la fin de cette opération de la farine dés huilée et du miscella (qui est formé d'huile et d'hexane) relativement concentré.

La farine résultant des collets à la sortie de l'extracteur contient une quantité résiduelle plus ou moins importante d'hexane. Elle doit être impérativement débarrassée pour son utilisation future. L'opération se déroule dans une tour de séchage appelée le désolvantiseur-toaster. Elle se fait par chauffage et par entraînement à la vapeur vive ou sous vide plus ou moins poussé pour l'élimination des dernières traces de solvant. Cette étape permet une évaporation d'hexane sachant qu'au-delà de 67°, ce dernier se volatilise. Cette farine est destinée à l'unité de pelletisation.

### ➤ **Circuit liquide**

C'est le miscella brut le point de départ du circuit liquide. Après extraction, le miscella brut passe dans une fosse où les concentrations d'hexane et d'huile sont réglées. Puis, le miscella va passer dans différents évaporateurs pour assurer l'élimination totale d'hexane. Au sortir du premier évaporateur, le miscella est dirigé vers l'atelier de neutralisation où il subira des traitements avant de se diriger vers le second évaporateur. On parle à ce moment de miscella neutre. Après cette étape, il passe dans un système d'évaporateur-réchauffeur. Ce système réchauffe le miscella afin de faciliter l'évaporation d'hexane. Après ces différents passages, l'huile se devrait d'être exempte d'hexane. L'huile brute passe dans un sécheur qui lui enlève les gouttelettes d'eau qui se sont retrouvées là suite au chauffage par vapeur.

Au final, l'huile neutre sera envoyée au niveau du raffinage.

### ➤ **Circuit gazeux**

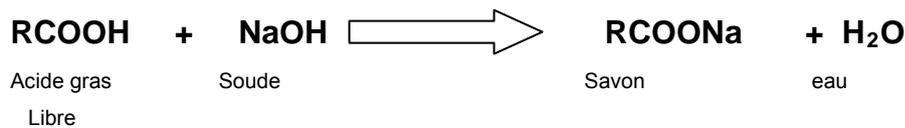
C'est le dessolvantiseur-toaster qui produit le plus de gaz d'hexane. Les gaz sont recueillis dans des colonnes et subissent un système de condensation. Les condensats d'hexane et d'eau viennent se fixer sur les condenseurs et convergent vers un bassin qu'on appelle Florentin. Le Florentin est divisé en 3 compartiments reliés entre eux. Lorsque les 3 compartiments sont pleins, l'hexane entre dans un système pour de nouveau être distribué au niveau de l'extracteur.

Quant à l'eau qui a servi qui a servi à la condensation, elle est collectée au niveau d'une piscine et refroidie grâce à des ventilateurs. Cette eau refroidie sera de nouveau envoyée dans la tuyauterie pour la condensation des gaz d'hexane.

### **Atelier de neutralisation**

Le principe de fonctionnement de l'atelier de neutralisation repose sur la réaction acido-basique. Elle se fait en ajoutant une base forte notamment la soude caustique au miscella brut. Le contact est assuré par une homogénéisation dans des mâtureurs ou des cuves d'homogénéisation. La soude et les acides gras libres contact forment des sels d'acides gras ou savons. Ces savons qu'on appelle soapstocks sont éliminés en même temps que les métaux lourds, une partie des matières colorantes, le gossypol et les traces de pesticides. La quantité de soude à utiliser est fonction de l'acidité de départ de l'huile brute ou du miscella brut.

La neutralisation se fait suivant la réaction :



L'élimination des savons formés au cours de la neutralisation se fait par lavage et centrifugation de l'huile à l'aide de séparateurs. Les soapstocks sont souvent ajoutés au tourteau au niveau du désolvantiseur-toster pour en faire de l'aliment bétail.

L'acide phosphorique est ajouté au miscella brut avant la réaction de neutralisation par la soude.

L'utilisation de la soude nécessite sa préparation au préalable. Pour ce faire, la soude sous forme solide est fondue avec ajout d'eau. Il s'en suit un barbotage. A la suite de cette opération la soude doit avoir une concentration entre 24 et 32° Be. Quant à l'acide phosphorique il est utilisé tel quel.

### Atelier de raffinage

L'atelier de raffinage est subdivisé en 2 : la décoloration et la désodorisation. Ces 2 entités sont sous la direction de 3 personnes : un conducteur, un aide-conducteur et d'un journalier.

L'huile provenant de l'extraction est reçue au niveau du raffinage dans une cuve. Elle va subir dans un premier temps l'opération de Décoloration.

La décoloration est un processus par lequel la terre décolorante ou terre adsorbante agit pour donner une meilleure couleur à l'huile. La terre décolorante rencontrée au niveau de la SN-CITEC avait 2 origines ; l'une provenait d'Afrique du Sud avec TONSIL comme nom commercial et l'autre CLARCEL provenait d'Europe. L'huile neutre est mélangée à la terre décolorante dans le bac de suspension terreuse.

Ce mélange est ensuite soumis à une filtration. Les filtres ne laissent passer que l'huile et retiennent la terre décolorante. De la vapeur est ensuite envoyée à travers des tuyauteries pour décoller la terre de la paroi des filtres. Par la suite, des trappes sont ouvertes pour laisser échapper la terre. Cette dernière est recueillie dans une benne. C'est la voirie qui sera chargée de son acheminement au niveau de la décharge d'ordures.

L'huile décolorée a un aspect consommable mais elle a une forte odeur. Cette huile

va stagner dans une cuve avant d'être envoyée dans le désodoriseur. Là, elle est chauffée à 200° afin que les Acides gras libres responsables de la mauvaise odeur soient éliminés. Un appareil, le scrubber recueille ces acides gras et par des canalisations, ils sont envoyés au niveau de l'atelier de savonnerie. L'huile raffinée est à présent envoyée dans la cuve à huile raffinée pour refroidissement avant d'emprunter le chemin du conditionnement ou de l'embouteillage.

### **Ateliers d'embouteillage et de conditionnement**

L'embouteillage est un processus par lequel l'huile raffinée est mise en bouteille. Notons que l'atelier de raffinage est relié grâce à des vis à l'atelier d'embouteillage et à celui du conditionnement.

Les bouteilles ont diverses contenances de 5l. Existaient également les bidons de 1l et des sachets de 250ml, 100 ml et 125 ml.

Les bouteilles sont nettoyées et étiquetées avec de la colle forte. elles sont ensuite dirigées vers le dispositif servant l'huile. Une fois remplies, elles sont emballées par 4, enfermées puis scellées à l'aide d'un ventilateur. Après ces différentes étapes, les bouteilles sont mises à la disposition du consommateur.

Au niveau du conditionnement, c'est la mise en bidon de 20l de l'huile qui s'y effectue. L'huile arrive dans cet atelier par un dispositif relié à l'atelier de raffinage. L'huile est alors stockée dans des cuves. L'huile est mélangée à de la vitamine A dans les proportions de 694g de vitamine A pour 18t 380kg d'huile.

Les bidons utilisés sont soit neufs soit recyclés. Les bidons recyclés subissent un nettoyage avant leur utilisation. Ils sont lavés à l'aide de la soude aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur. Pour le nettoyage de l'extérieur, les bidons sont insérés par lot dans un four en présence de soude. Un ajout d'eau est effectué. Le mélange eau plus soude est chauffée grâce à de la vapeur. Les vannes sont ouvertes ; les bidons sont aspergés du mélange eau plus soude lors du fonctionnement de ce dispositif. Ce lavage est effectué pendant 5 à 10 mn.

Le nettoyage interne des bidons est assuré par le dispositif suivant : les bidons sont renversés sur un support. Le support est muni d'une ouverture d'où sort la soude pour assurer le dégraissage des bidons.

Une fois lavés, les bidons sont rincés à l'eau. L'intérieur des bidons est rincé de la même façon que son dégraissage interne ; l'extérieur quant à lui subit une douche d'eau. Les bidons sont ensuite séchés à l'aide d'un chiffon aussi bien à l'interne

qu'à l'externe. Puis, ils sont étiquetés à l'aide de la colle néoprène.

Les bidons sont ensuite remplis par 20l d'huile chacun. Ils sont ainsi prêts pour la consommation.

### **Atelier de pelletisation**

L'atelier de pelletisation a pour mission la fabrication d'aliments bétail et de tourteaux. Elle communique avec l'atelier d'extraction. En effet, c'est la farine provenant du dessolvantiseur-toaster qui sert de matière première.

La farine arrive de l'extraction par un transporteur. Puis par un élévateur elle est amenée vers une machine, la presse alimentée par de la vapeur. elle en ressort sous forme de tourteaux mais chaud. Les tourteaux sont ensuite refroidis et durcis par un passage au niveau d'un refroidisseur. Ils sont ensuite ensachés et mis à disposition de la clientèle.

L'aliment bétail est composé de la farine et de coques de coton provenant du décorticage. Les coques sont ajoutées lors du malaxage de la farine. L'aliment bétail est beaucoup plus enrichissant que le tourteau de coton.

La continuité de l'atelier est assurée par des équipes. Chaque équipe est composée d'un conducteur, d'un aide conducteur et de journaliers. Ces différentes personnes sont coiffées par le chef de l'atelier de pelletisation.

### **Atelier de savonnerie**

L'atelier de savonnerie est l'unité de fabrication de savon. Il est subdivisé en 3 parties : la fusion, la saponification et la finition. Cet atelier est sous la direction du chef de la savonnerie. Lui-même a sous sa coupe le chef de la section fusion-saponification et de la section finition.

#### **➤ Section fusion-saponification**

Les matières premières utilisées en savonnerie sont les acides gras et la soude. Les acides gras sont constitués d'Acides Gras de Palme (AGP), acides gras de beurre de karité, acides gras provenant du raffinage de l'huile, stéarine de palme. Le coprah ou palmiste donne son pouvoir moussant au savon et le sel est utilisé comme élément de séparation lors de la saponification.

La section fusion-saponification compte elle-même 2 sous sections : fusion et saponification.

La sous-section fusion stocke les matières premières. Les acides gras arrivent dans

des camions-citernes ou dans des fûts. Le camion- citerne est relié à un dispositif. Les vannes de ce dispositif sont ouvertes et les acides gras sont déversés dans le fondoir. Les fûts sont renversés sur des supports. Par leur ouverture, la vapeur pénètre dans les fûts et on assiste à la fonte des acides gras. Suite à cette fonte, les acides gras sont acheminés vers des cuves de stockage. Les cuves de stockage étaient au nombre de 6.

La soude quant à elle arrive sous forme solide dans des fûts. Lorsqu'il y a un besoin de soude, les fûts sont découpés, mis dans des cuves pour une fonte. Après la fonte, la soude liquide est dirigée vers 2 cuves de stockage.

Le contenu des différentes cuves de stockage est destiné à la sous section saponification.

La sous section saponification comporte 4 phases : empâtage, relargage, lavage et liquidation. Les différentes opérations de la sous-section saponification se font dans des chaudrons. Les chaudrons ont à leur pied des cuves de recyclage.

- **Empâtage**

C'est le mélange de matières premières acides gras et soude. Les 2 arrivent en douche de leur cuve de stockage. Le palmiste est également ajouté à ce niveau. On a 15t 480 kg d'acides gras, 1t 548 kg de palmiste, et 2800 g de soude. Le tout est mélangé et chauffé par de la vapeur d'eau. Ce mélange aboutit à la saponification des Acides gras.

- **Relargage**

C'est l'ajout de sel dans le mélange acides gras et soude afin de permettre la séparation entre le savon et les insaponifiables. La quantité de sel est de 20 sacs de 10Kg pour 17t d'acides gras et de palmiste. Les insaponifiables sont constitués des acides gras non saponifiés et des déchets. Après relargage, il faut laisser le chaudron reposer pendant 24h.

- **Lavage**

Après un repos de 24h, le chaudron subit la phase de lavage. Elle consiste à l'ajout de 15 sacs de sel et de l'eau. Auparavant, le chaudron est chauffé par la vapeur afin que le mélange se ramollisse jusqu'à devenir liquide. Les impuretés se déposent alors au fond du chaudron. Ils sont recueillis par la cuve de recyclage. Le chaudron est de nouveau laissé au repos pour 24h.

- **Liquidation**

La cuve de récupération recueille soude et impuretés contenues dans le savon. La soude a dès lors changé de coloration et de consistance. La soude recueillie coule vers les canalisations aidée de l'eau. Ces canalisations débouchent à l'atelier de traitement des effluents.

Les vannes de vapeur sont ouvertes afin de rendre liquide le savon contenu dans le chaudron. Le savon a alors une odeur et une couleur particulière. A l'usage et à mesure du chauffage, on ajoute de l'eau. Attention à ne pas ajouter trop d'eau sinon le savon devient trop mou ou pas assez d'eau, on a alors du savon friable. La soude est souvent ajoutée lorsque le savon n'est pas assez cuit.

Après des réglages, le savon devenu entièrement liquide change de coloration, nouvelle coloration due à la couleur des acides gras. Ces 2 éléments permettent au conducteur de savoir si la cuisson du savon est satisfaisante.

Le conducteur se sert de certains aspects à la fin de la préparation du savon pour apprécier la qualité du savon :

-Prendre le savon liquide sur une pelle, si le savon coule et forme une feuille alors il est de bonne qualité.

-Si la surface du savon forme une peau de léopard alors il est de bonne qualité.

➤ **Section finition**

C'est la section qui s'occupe des finitions du savon. Le savon est découpé suivant la forme voulue, l'insigne de la SN-CITEC y est appliqué et le savon est rangé en carton de 12.

## ANNEXE 5

### Données Toxicologiques De Quelques Produits Utilisés A La Sn-Citec Hexane

L'hexane est un hydrocarbure de formule chimique  $C_6H_{14}$ . C'est un alcane constitué de 6 atomes de carbone.

L'hexane commercial vient de la distillation du pétrole ou du gaz naturel. Il correspond à un mélange d'hydrocarbures saturés en  $C_6$  dont le n-hexane présent à des concentrations variables.

Le terme « hexane » est utilisé en industrie pour les mélanges dont le constituant principal est le n-hexane (environ 50% du poids). Les autres constituants sont essentiellement : 2-méthylpentane (ou isohexane), 3-méthylpentane, 2,2diméthylbutane, 2,3diméthylbutane, le cyclohexane et le méthylpentane. Le mélange peut contenir également une faible quantité en  $C_5$  et en  $C_7$ .

L'hexane est utilisé comme solvant d'extraction des huiles végétales. C'est aussi un milieu réactionnel et solvant dans la fabrication des caoutchoucs synthétiques et produits pharmaceutiques. Il est utilisé pour la formulation de divers produits : peintures, colle. Enfin, l'hexane est utilisé comme agent dénaturant de l'alcool.

Le n-hexane est le plus nocif des hydrocarbures saturés en  $C_6$ . Les propriétés toxicologiques de l'hexane commercial varient en fonction de la teneur du n-hexane. Les données expérimentales se réfèrent en général à l'hexane pur ou à des mélanges dont la proportion en n-hexane est connue. Cependant les observations chez l'homme font souvent suite à des expositions à des mélanges commerciaux de composition mal définie.

Le n-hexane est absorbé essentiellement par les poumons. Il est aussi absorbé par ingestion ou par passage cutané. Le pic sanguin est atteint en moins d'une heure après l'exposition cutanée ou inhalatoire.

La distribution corporelle du n-hexane est régie par sa forte solubilité lipidique et sa faible solubilité aqueuse. Après absorption, il passe dans le sang où sa concentration atteint un plateau dans les 100 premières minutes reste stable jusqu'à la fin de l'exposition puis diminue d'abord rapidement puis lentement avec des demi-vies d'élimination de 10 min et 1,5 à 2 heures. Il est ensuite transporté par des protéines sanguines jusqu'aux tissus (graisse, foie, cerveau, muscle, rein,

cœur par affinité décroissante). Chez le rat, il traverse la barrière placentaire, et se distribue dans le fœtus sans site préférentiel. Lors d'expositions répétées, le n-hexane s'accumule dans le tissu adipeux ; il en est éliminé avec une demi-vie de 64h.

Le n-hexane est métabolisé principalement dans le foie par le système enzymatique des oxygénases à cytochrome P<sub>450</sub> en un certain nombre de composés alcooliques et cétoniques. L'oxydation en position 1 et 3 conduit à une détoxification ; en revanche l'oxydation en position 2 génère quant à elle un métabolite toxique. Chez l'homme les métabolites sanguins apparaissent entre 16 et 20min après le début de l'exposition.

Chez l'homme, une partie du n-hexane absorbé (jusqu'à 10%) est éliminée inchangée dans l'air expiré. Cette élimination est rapide et biphasique avec des demi-vies de 5-10 min et 100 min. La demi-vie d'excrétion des métabolites est de 13-14h. La concentration urinaire augmente en cours de poste et reste élevée jusqu'au lendemain matin. Une forte corrélation a été montrée entre le n-hexane dans l'air expiré et la concentration urinaire de 2,5 hexanedione en fin de poste.

Le dosage de la 2,5-hexanedione libre et/ou totale est un indicateur relativement spécifique de l'exposition au n-hexane mais c'est aussi un métabolite de la 2-hexanone (méthyl-n-butylcétone).

A forte concentration (en général supérieur à 1000ppm), les vapeurs d'hexane agissent sur le système nerveux central provoquant d'abord un état euphorique avec sensation d'ébriété puis une somnolence avec céphalées, vertiges et nausées. On note en plus une irritation des yeux et des muqueuses respiratoires. En cas d'ingestion avec inhalation bronchique du solvant, une pneumopathie peut survenir avec détresse respiratoire.

Les intoxications les plus graves sont le fait du n-hexane. Elles se traduisent principalement par des atteintes du système nerveux en particulier des polynévrites périphériques sensitivo-motrices. De nombreux cas ont été décrits soit chez des toxicomanes, soit dans des secteurs professionnels (collage de chaussures, industrie de l'ameublement, réparation automobile) où les niveaux d'exposition sont élevés.

Les polynévrites débutent par des troubles sensitifs à type de paresthésies (fourmillement, engourdissement), puis moteurs (faiblesse des jambes et des

bras). A un stade plus avancé, il apparaît une atteinte de la motricité prédominant aux membres inférieurs, avec paralysie flasque et atrophie musculaire plus ou moins importante.

Dans les cas les plus sévères, on a également observé une atteinte du système nerveux central qui se traduit par une dysarthrie, une incoordination de la démarche et même de troubles de la vision (œdème de la macula).

Toute cette symptomatologie correspond comme chez l'animal à une dégénérescence des systèmes périphériques et centraux atteignant préférentiellement la portion distale des axones longs et de diamètre important et se traduisant par une diminution de la vitesse de conduction de l'influx nerveux. Les biopsies qui ont été réalisées montrent un aspect caractéristique en bulbe d'oignon des gaines de myéline ainsi que la dégénérescence axonale. D'autres examens peuvent également être perturbés comme les potentiels évoqués visuels, sensitifs, ou auditifs.

Par ailleurs, des troubles mentaux organiques, principalement neuro-comportementaux et cognitifs sont décrits chez des sujets exposés à de fortes concentrations de solvant dont l'hexane (seul ou en association).

Dans pratiquement tous les cas les troubles ont régressé lentement, 1 à 3 ans après la cessation de l'exposition. Comme la plupart des solvants, l'hexane peut provoquer des dermatoses d'irritation par contacts répétés ou prolongés.

Les données concernant le risque cancérogène ou la reproduction ne sont que brèves. Le fait que du n-hexane a pu être retrouvé dans le lait des mères exposées est à prendre en compte.

### **Soude**

La soude ou soude caustique ou encore hydroxyde de sodium est de formule chimique NaOH. Dans le commerce, la soude est livrée sous forme solide (blocs, cubes, écailles, grains, perles) ou sous forme de solutions aqueuses à diverses concentrations.

La soude a des utilisations diverses. Elle est utilisée en industrie des textiles artificiels, dans la fabrication des feuilles et films cellulosiques, dans la fabrication de nombreux produits chimiques. Elle est également utilisée dans l'industrie des savons, le raffinage du pétrole. Enfin elle est utilisée dans l'industrie métallurgique, construction métallique.

L'hydroxyde de sodium est très soluble dans l'eau. Sa dissolution s'accompagne d'un important dégagement de chaleur. C'est une base forte dont les solutions aqueuses d'hydroxyde sont des liquides incolores et transparents d'aspect plus ou moins visqueux suivant la concentration.

L'hydroxyde de sodium et ses solutions aqueuses ne sont pas inflammables. Toutefois, l'hydroxyde de sodium en présence d'eau ou d'humidité peut engendrer une chaleur suffisante pour enflammer des matériaux combustibles. Par ailleurs, du fait de son action sur certains métaux qui s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène, l'hydroxyde de sodium peut être une source secondaire d'incendies et d'explosion (l'hydrogène est un gaz très inflammable et explosif en mélange avec l'air).

L'ingestion d'une solution concentrée d'hydroxyde de sodium (pH>11,5) est immédiatement suivie de douleurs buccales, rétrosternales et épigastriques. Les vomissements sont fréquents et habituellement sanglants. L'examen de la cavité buccale révèle, presque toujours des brûlures sévères. La fibroscopie oesogastroduodénale permet de faire un bilan des lésions caustiques du tractus digestif supérieur. Le bilan biologique montre une acidose métabolique et une élévation des enzymes tissulaires témoignant de la nécrose. L'hyperleucocytose est constante. Les complications susceptibles d'être observées les jours suivant l'ingestion sont :

- des hémorragies digestives ;
- des perforations oesophagiennes ou gastriques ;
- un choc (secondaire à une hémorragie abondante ou à une perforation)
- une acidose métabolique intense et /ou une coagulation intravasculaire disséminée (traduisant une nécrose étendue ou une perforation).
- une détresse respiratoire (révélant un œdème laryngé, une destruction du carrefour aérodigestif, une pneumopathie d'inhalation ou une fistule oesotrachéale).

L'évolution ultérieure est dominée par le risque de constitution de sténoses digestives. Par ailleurs plusieurs cas de cancer de l'œsophage ont été rapportés, plusieurs années après une ingestion d'hydroxyde de sodium au niveau des cicatrices des lésions caustiques.

L'injection intraveineuse d'hydroxyde de sodium produit une ulcération au point

d'injection, une thrombose puis une sclérose veineuse, une hémolyse intense (qui peut se compliquer d'une insuffisance rénale aiguë), une coagulopathie intravasculaire disséminée et des troubles hémodynamiques.

Les projections cutanées et oculaires d'hydroxyde de sodium sont responsables de graves lésions caustiques profondes et extensives si une décontamination cutanée n'est pas gravement réalisée. Un lavage abondant à l'eau doit être entrepris, même en l'absence de douleurs locales : en cas de contamination cutanée, la sensation de brûlure est toujours retardée de quelques minutes. En cas de projection oculaire, les séquelles (opacités cornéennes, glaucome, cataracte) sont fréquentes.

### **Acide phosphorique**

L'acide phosphorique de formule chimique  $H_3PO_4$  est un triacide. L'acide phosphorique est employé dans plusieurs domaines. Il est utilisé dans la fabrication d'engrais, dans le traitement des eaux de surface, dans le traitement des eaux usées, dans l'industrie pharmaceutique et la fermentation, dans les produits de nettoyage et liants pour réfractaires. L'acide phosphorique se trouve dans le commerce sous forme de liquides visqueux et incolores.

L'acide phosphorique est un composé ininflammable et inexplorable. Toutefois du fait de son action corrosive sur de nombreux métaux qui s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène, l'acide phosphorique peut être source secondaire d'incendies et d'explosions.

Les solutions diluées d'acide phosphorique ne sont que modérément irritantes. L'instillation intraoculaire d'une goutte d'acide phosphorique dans un tampon à pH 2,5 n'entraîne qu'une sensation de picotement transitoire ; aucune lésion n'est constatée. Lorsque le PH de la solution est 3,4 elle est parfaitement tolérée.

Les solutions concentrées d'acide phosphorique sont responsables de lésions sévères des tissus avec lesquels elles entrent en contact :

-les projections cutanées et oculaires produisent des brûlures dont la gravité dépend du temps de contact avec la solution ;

-l'exposition à des aérosols provoque une irritation intense puis des lésions caustiques des muqueuses oculaires et respiratoires. Hyperthermie conjonctivale, larmoiement, douleurs oculaire et rétrosternale, toux dyspnées asthmatiforme

rétrocèdent à l'arrêt de l'exposition mais il faut craindre la survenue retardée d'un œdème pulmonaire lésionnel ;

-l'ingestion d'une solution concentrée d'acide phosphorique est suivie de douleurs buccales, rétrosternales et épigastriques. Les vomissements sont fréquents. L'examen oropharyngé et l'afibroscopie oesogastroduodénale révèlent une irritation intense et des ulcérations plus ou moins étendues du tractus digestif supérieur. Le bilan biologique peut montrer une acidose métabolique et une élévation des enzymes tissulaires, témoignant de la nécrose. Les complications classiques des brûlures caustiques du tractus digestif supérieur, semblent n'avoir jamais été décrites après l'ingestion d'acide phosphorique. Il est probable qu'elles surviendraient en cas d'ingestion d'une quantité importante d'une solution concentrée. Ces sont initialement : des hémorragies digestives, des perforations oesophagiennes ou gastriques, un choc (secondaire à une hémorragie abondante ou à une perforation), une détresse respiratoire (révélant un œdème laryngé, une destruction du carrefour aérodigestif, une pneumopathie d'inhalation ou une fistule oesotrachéale). L'évolution ultérieure est dominée par le risque de constitution de sténoses digestives.

### **Acide sulfurique**

L'acide sulfurique a pour formule chimique  $H_2SO_4$ . Il a plusieurs utilisations. Il est employé dans la fabrication d'acide phosphorique et d'engrais. Il est le produit de base pour la fabrication de nombreux produits chimiques (alcools, sulfates, minéraux, détergents). Il est aussi utilisé dans l'industrie du pétrole, industrie textile, industrie du papier et de la pâte à papier, industrie textile. Il est également employé dans les traitements des métaux (lessivage, décapage, traitement électrolytique). C'est un agent déshydratant et enfin il est utilisé dans les batteries et les laboratoires.

On retrouve dans le commerce, l'acide sulfurique à diverses concentrations ; l'acide sulfurique concentré est aux environs de 98% , l'acide sulfurique pour les batteries a une concentration de 33 à 34%.

L'acide sulfurique est un composé non inflammable et non explosible. Cependant, son action corrosive sur les principaux usuels s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène, ce qui peut provoquer incendie et explosion.

L'acide sulfurique se dissocie rapidement en ions  $H^+$  et  $SO_4^-$  ; les ions

sulfates sont incorporés dans le pool des électrolytes de l'organisme. Les effets toxiques sont provoqués par les ions  $H^+$ .

L'absorption orale et cutanée n'a pas été étudiée. Après inhalation intranasale peu de soufre est absorbé. L'ammoniaque produite par le tractus respiratoire peut neutraliser partiellement l'acidité de l'aérosol et modifier la sécrétion de mucus. Le mode de respiration influence le dépôt de particules ; la dose déposée dans l'oropharynx, le larynx et la trachée supérieure est plus élevée lors d'une respiration buccale quelle que soit la taille des particules.

La rétention d'acide sulfurique est de 50-87% chez les volontaires exposés pendant 5 à 15 minutes par un masque facial à des concentrations de 0,4 à 1  $mg/m^3$ . Après une exposition de 0,471  $mg/m^3$  15% seulement des ions  $H^+$  inhalés par la bouche pénètrent dans les voies respiratoires inférieures (larynx, trachée, région broncho-pulmonaire).

L'acide sulfurique est corrosif pour la peau, les yeux, les voies respiratoires et digestives.

Le contact direct de la peau avec une solution concentrée d'acide sulfurique ( $pH < 2$ ) entraîne des lésions caustiques d'autant plus sévères que le temps de contact est prolongé et que la concentration du produit est élevée. Elles se traduisent cliniquement par un érythème, une douleur et un œdème localisés auxquels succèdent rapidement des phlyctènes, des plaques de nécrose et des ulcérations en l'absence de décontamination précoce. Ces lésions peuvent secondairement se surinfecter et laisser la place à des cicatrices inesthétiques, voire des séquelles fonctionnelles selon la localisation de la brûlure initiale.

Les projections de solutions concentrées d'acide sulfurique dans les yeux provoquent des brûlures oculaires graves se traduisant cliniquement par une douleur immédiate, un larmoiement, une rougeur conjonctivale, un œdème local et souvent un blépharospasme.

L'acide sulfurique provoque une rapide nécrose d'homogénéisation des tissus superficiels, ce qui limite dans le cas des contaminations peu importantes, sa pénétration au niveau des structures profondes de l'œil. En cas de projections importantes de solutions concentrées et de contact prolongé, l'iris, le cristallin peuvent cependant être lésés. En absence de décontamination immédiate et prolongée, des séquelles sont possibles telles qu'une cataracte, un glaucome, des

opacités cornéennes, des lésions cicatricielles des paupières, voire une cécité.

L'exposition à des vapeurs, des aérosols ou des brouillards d'acide sulfurique se traduit cliniquement par des signes d'irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires. La gravité des symptômes dépend de la concentration atmosphérique en acide sulfurique, de la durée d'exposition mais aussi de la taille des particules inhalées et du taux d'humidité ambiante.

Dans les formes de gravité modérée, les plus fréquentes, la symptomatologie associe une irritation du nez, des yeux, de la gorge, une sensation d'oppression thoracique douloureuse, une gêne respiratoire et de la toux. La principale complication est la constitution d'un œdème pulmonaire lésionnel retardé pouvant survenir jusqu'à 48 heures après exposition. Les complications infectieuses sont fréquentes.

Lors d'expositions massives, des formes suraiguës peuvent survenir associant un bronchospasme asthmatique avec œdème laryngé et un syndrome de détresse respiratoire aiguë évoluant rapidement vers un état de choc et le décès par défaillance cardio-respiratoire.

Des séquelles sont possibles suite à l'inhalation d'acide sulfurique. La plus fréquente est le syndrome de dysfonction réactive des bronches. Il se caractérise par l'installation d'une hyperréactivité bronchique non spécifique responsable d'un syndrome asthmatiforme associant toux et dyspnée sibilante. Il peut durer des mois voire des années. La plus grave est la constitution d'une insuffisance respiratoire chronique. Elle fait généralement suite à une intoxication sévère avec syndrome de détresse respiratoire aiguë. Elle est en rapport avec des lésions anatomiques telles que des bronchectasies, une bronchiolite oblitérante, un emphysème et/ou une fibrose. Une hyposmie ou une anosmie parfois associée à une rhinite chronique peut enfin survenir en cas de destruction de la muqueuse pituitaire des glandes de Bowman.

On note également chez les sujets sains, une augmentation de la fréquence respiratoire, une réduction de la clearance mucociliaire trachéo-bronchique, une augmentation des signes d'irritation respiratoire, une hyperréactivité bronchique ainsi que des anomalies fonctionnelles pulmonaires de type obstructif. Chez les sujets asthmatiques, les effets surviennent à de plus faibles concentrations et lors de brèves expositions.

L'ingestion d'une solution concentrée d'acide sulfurique provoque de graves lésions pouvant rapidement engager le pronostic vital. Elle provoque d'emblée des douleurs oro-pharyngée, rétrosternales et épigastriques, une dysphagie, une hypersialorrhée et des vomissements fréquemment sanglants. Cette symptomatologie peut s'associer à des signes respiratoires en cas d'œdème laryngé et/ou pneumopathie d'inhalation. L'examen oro-pharyngé et la fibroscopie oeso-gastro-duodénale réalisés à un stade précoce révèlent une irritation intense et des ulcérations plus ou moins étendues du tractus digestif supérieur. Biologiquement la nécrose tissulaire se traduit diversement par des troubles hydro-électrolytiques, une acidose métabolique, une hyperleucocytose, une hémolyse, une élévation des enzymes tissulaires et par fois par une coagulopathie de consommation. Une perforation digestive, un état de choc et des complications infectieuses peuvent survenir dans les premières semaines suivant l'ingestion. Des séquelles telles que des sténoses œsophagiennes, et antrales sont possibles. La principale complication à long terme est la cancérisation des lésions cicatricielles

À long terme, l'exposition à l'acide sulfurique engendre une diminution de la capacité vitale aux épreuves fonctionnelles et respiratoires et, surtout une fréquence élevée d'érosions dentaires. Des signes d'irritation nasale, des bronchites et des anomalies fonctionnelles respiratoires voient également le jour.

Les contacts répétés de la peau avec des solutions d'acide sulfurique faiblement concentrées peuvent entraîner une dermatite de contact d'irritation.

Il semblerait qu'il existerait un lien entre l'exposition aux bromures d'acides sulfuriques et la survenue de certains cancers de l'appareil respiratoire. S'il n'y a aucun doute concernant la survenue du cancer du larynx, la probabilité serait plus faible pour l'apparition du cancer du poumon.

### **Sulfate d'aluminium**

L'aluminium est un composé ubiquitaire présent sous différentes formes chimiques dans l'environnement. Le sulfate d'aluminium a pour formule chimique  $Al_2(SO_4)_3$ . Il est utilisé dans l'industrie du papier, le traitement de l'eau et des résidus, la production des produits chimiques d'aluminium, des additifs d'aliments d'usage général. Il fait partie des composés d'extincteur d'incendie. Il entre dans la préparation des savons et graisses

Chez l'homme, les principales voies d'exposition reconnues, sont les voies orale, cutanée et respiratoire. Pour la voie orale, en dehors de toute exposition professionnelle, l'ingestion d'aliments constitue 95 % des apports quotidiens; l'aluminium présent dans les aliments de base ou l'eau de boisson résulte d'un phénomène naturel, d'un ajout d'additifs alimentaires, d'un traitement de l'eau ou d'une migration du contenant vers le contenu. Dans le cas de l'instauration d'une thérapie par médicaments anti-acide ou par pansements digestifs à base d'aluminium, l'exposition est majorée. L'inhalation demeure une voie d'exposition mineure, sauf en milieu professionnel où l'atmosphère des ateliers peut contenir des teneurs élevées en aluminium.

L'ingestion du sulfate d'aluminium peut irriter les voies gastro-intestinales et causer des nausées, vomissement et action laxative. L'exposition aiguë à un ingrédient entrant dans la composition de ce produit peut causer un manque de coordination, des spasmes musculaires et avoir des effets sur les reins.

Le contact répété ou prolongé peut provoquer l'irritation de la peau, ou en présence

d'humidité. L'aluminium est très mal absorbé par la peau et des effets toxiques ne sont pas prévus suite à un contact cutané à court terme.

L'exposition prolongée et répétée aux solutions diluées cause souvent une irritation, une rougeur, une douleur, un dessèchement et des gerçures de la peau. L'inhalation des poussières ou des brouillards peut irriter les muqueuses du nez, de la gorge et les poumons. L'action tampon de l'acide peut irriter les muqueuses. Le produit en poudre ou en solution peut provoquer des irritations ou des brûlures aux yeux. La poussière devient acide après un contact avec l'humidité de l'œil et peut provoquer une irritation oculaire moyenne ou sévère.

Le Sulfate d'aluminium a montré des effets toxiques sur le foie, les reins et le système nerveux lors des expérimentations animales en laboratoire.

L'ingestion répétée peut causer une carence en phosphate pouvant entraîner l'affaiblissement des os. Le Sulfate d'aluminium a montré qu'il favorise des échanges de chromatides sœurs, des anomalies chromosomiques, et la formation de micronoyaux dans les globules blancs humains dans des tests in vivo. L'irritation cutanée peut être aggravée chez les personnes ayant des lésions cutanées existantes.

L'inhalation de la poussière peut aggraver l'asthme aigu ou chronique et les maladies pulmonaires chroniques telles que l'emphysème et la bronchite.

Le sulfate d'aluminium en poudre ou en solution peut provoquer des irritations ou des brûlures aux yeux. La poussière de vient acide après un contact avec l'humidité de l'oeil et peut provoquer une irritation oculaire moyenne ou sévère.

Dans le domaine de la toxicité chronique, les effets décrits sont essentiellement neurologiques et osseux. Cependant, à partir de l'ensemble des données disponibles, rien ne permet à ce jour d'affirmer que l'exposition à l'aluminium par l'eau, les aliments ou les produits de santé aux doses habituellement consommées par les populations soit associée à une augmentation de risque.

Si certains effets liés à une exposition chronique à l'aluminium peuvent être actuellement considérés comme avérés (encéphalopathie, troubles psychomoteurs, atteinte du tissu osseux sous forme d'ostéomalacie et atteinte du système hématopoïétique sous la forme d'une anémie hypochrome) il apparaît que pour d'autres effets initialement suspectés (c'est le cas de la maladie d'Alzheimer), en l'état actuel de nos connaissances, une relation causale ne peut être raisonnablement envisagée.

## RESUME

L'industrialisation se développant, les risques chimiques toxiques deviennent de plus en plus importants. Une utilisation rationnelle des produits chimiques utilisés en entreprise s'impose afin de garantir la sécurité des utilisateurs et de préserver l'environnement. Le but de notre travail était de jeter les bases de l'évaluation du risque chimique toxique en entreprises au Burkina Faso. L'exemple que nous avons pris est celui de la Société Nouvelle Huilerie et Savonnerie SN-CITEC.

Certains aspects de la prise en charge du risque n'étaient pas conformes aux normes : absence d'information du personnel, absence d'équipements collectifs, protection individuelle inadéquate, port de matériel de protection non respecté, absence de visites médicales pré-embauches, visites médicales périodiques non approfondies.

Le port irrégulier de matériel de protection individuelle de la part des ouvriers suggère une mauvaise information ou un manque d'informations à leur niveau. Aucun motif ne justifie l'absence de visites médicales pré-embauches. Les visites médicales périodiques non approfondies peuvent cacher des problèmes de santé beaucoup plus sérieux qu'ils n'en ont l'air.

Un système de gestion de déchets créé au sein de l'entreprise permet la prise en charge des déchets du genre ordures ménagères, la revalorisation de ceux issus de la production. Le système intègre également le traitement des effluents usés. Une initiative que l'on gagnerait à appliquer à d'autres entreprises du même type.

**Mots-clés** : Industrialisation- Risques chimiques toxiques- Santé-Environnement

**Auteur** : Joëlle Nicole GUISSOU Tel : 78-24-60-00 E-mail : nikelaos\_g@yahoo.fr