

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE
FILIERE : CHIMIE

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

THEME

Notions générales sur les déchets chimiques : Risques - Prévention -Traitements

*Présenté par : ABDERRAHMANI Fouzia
SEMANE Rabéa*

Soutenu, le 24/12/2020

devant le Jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Affiliation</i>	<i>Qualité</i>
<i>MAZARI. Tassadit</i>	<i>PROFESSEUR</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Présidente</i>
<i>HIKEM. Djamila</i>	<i>MCA</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>MEZIANE. Dalila</i>	<i>PROFESSEUR</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Promotrice</i>
<i>OUABADI. Nadia</i>	<i>MCB</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Co-promotrice</i>

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu, le généreux, le tout puissant qui nous a donné la force et le courage, la volonté et les moyens nécessaires pour réaliser ce modeste travail ;

*Nous tenons à remercier notre promotrice, **Madame MEZIANE.D** qui, par ses conseils précieux, ses remarques pertinentes et sa sensibilité même, a su nous transmettre son expérience.*

*A, notre Co- Promotrice **Madame OUABADI.N** MCB à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour son encadrement qui a été très bénéfique pour la réalisation de ce travail, avec beaucoup de compétences, d'enthousiasme et de disponibilité.*

*A, **Madame MAZARI.T** Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui nous fait le grand honneur de présider ce jury.*

*A, **Madame HIKEM.D** MCA à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir accepté d'examiner notre mémoire*

A, Bahia. BAAZIZ notre enseignante d'anglais et une très chère amie pour son aide et son encouragement permanent.

A notre cher ami M.MALKI pour tout son aide

A nous collègues les Ingénieurs des laboratoires de Département de Chimie pour leurs soutien et encouragement surtout « Tounsia »

Enfin, nos sincères remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, pour leurs soutiens et leurs encouragements, ... merci à tous

Table des matières

Introduction générale.....	01
CHAPITRE I : Généralités sur les produits chimiques - Déchets et risques chimiques	
I-1 Définition et classification des produits chimiques.....	03
I-2 Etiquetage des produits chimiques. Fiche des données de sécurité.....	10
I-3 Définition et classification des déchets de laboratoire.....	11
I-3 – 1 Déchets chimiques non toxiques.....	13
I-3 – 2 Déchets acido-basiques.....	13
I-3 – 3 Déchets contenant des ions métalliques toxiques.....	13
I-3 – 4 Déchets contenant des oxydants.....	13
I-3 – 5 Autres déchets inorganiques toxiques.....	14
I-3 – 6 Déchets organiques.....	14
I-4 Caractéristiques des déchets chimiques.....	14
I-4 – 1 Matières inflammables	14
I-4 – 2 Matières oxydantes	14
I-4 – 3 Matières corrosifs	15
I-4 – 4 Substances toxiques	15
I-4 – 5 Déchets chimiques inconnus	15
CHAPITRE II : Prévention des risques chimiques	
II-1 Notion du risque chimique.....	17
II-1 – 1 Risques chimiques	18
a- Le risque d'intoxication	18
b- Le risque d'incendie-explosion.....	18
II-2 Impact des produits et déchets chimiques.....	18
II-2 – 1 Voies de pénétration des produits chimiques.....	19
a- La voie conjonctivale.....	19
b- La voie respiratoire.....	20
c -La voie digestive.....	20
d- La voie cutanéomuqueuse	20

II-3 Classification des moyens de prévention du risque chimique	23
II-3 – 1 Evaluation des risques chimiques	24
II-3 – 2 Maitrise du risque à l'origine	25
II-3 – 3 Protection collective	25
II-3 – 4 Protection individuelle	26
II-3 – 5 Formation et information du personnel	26
II-4 Mesures d'urgence face au risque chimique	27
II-4 – 1 Premiers secours	27
II-4 – 2 En cas d'accident dans le laboratoire	27
 CHAPITRE III : Traitement des déchets chimiques	
III-1 Définition du traitement de déchet.....	29
III-2 Gestion des déchets chimiques	29
III-2 – 1 Le tri.....	30
III-2 – 2 Organisation de la collecte	30
III-2 – 3 Emballage des déchets chimiques	31
III-2 – 4 Etiquetage des déchets	31
III-2 – 5 Stockage	31
III-2 – 6 Registre des déchets	34
III-3 Filières existantes d'élimination des déchets	34
III-3 – 1 Traitements thermiques	34
a- Incinération	34
b- Séchage et dégazage	35
c- Pyrolyse et gazéification	36
d- Oxydation	36
III-3-2 Traitements physico-chimiques.....	36
a- Cassage chimique/ultrafiltration	36
b- Centrifugation	36
c- Neutralisation	36
d- Précipitation	37
e - Déchromatation	38
f- Décyanurisation.....	38
g - Distillation.....	38
h -Autres procédés de traitement des déchets chimiques liquides	39

III-3-3 Valorisation des déchets	40
a -Valorisation des métaux lourds	40
b -Valorisation des composés organiques	41
c- Contrôle des produits valorisés	42
III-3-4 Centres de stockage des déchets	43
Conclusion générale	44

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Nouvelle classification	06
Tableau I-2 : Ancienne et nouvelle classification des substances CMR	08
Tableau I-3 : Exemple de produits chimiques à caractère explosif	16
Tableau II-1 : Exemples de maladies d'origine et substances en cause.....	21
Tableau II-2 : Exemple des produits CMR.....	22
Tableau III-1 : Equipement de stockage des produits chimiques.....	32
Tableau III-2 : Concentration limite des rejets à l'évier	39

Liste des figures

Figure I-1 : Produits chimiques utilisés au laboratoire.....	03
Figure I-2 : Evolution des étiquettes de danger des produits chimiques.....	05
Figure I-3 : Exemple d'étiquettes des produits chimiques.....	10
Figure I-4 : Exemple d'une étiquette répondant au règlement CLP.....	10
Figure I-5 : Exemple de déchets chimiques.....	12
Figure I1-1 : Risques et dommages dus aux produits chimiques	17
Figure I1-2 : Impacte des produits et déchets chimiques.....	19
Figure II-3 : Effets des produits chimiques sur la santé	20
Figure II-4 : Classification des moyens de prévention du risque chimique...	24
Figure III-1 : La gestion de déchets chimiques.....	29
Figure III-2 : Etapes de tri des déchets chimiques.....	30
Figure III-3 : Incompatibilités au stockage.....	33

Figure III-4 : Ordre de rangement des produits	33
Figure III-5 : les filières d'élimination des déchets	34
Figure III-6 : Installation d'incinération	35
Figure III-7 : Procédé de neutralisation	37
Figure III-8 : Montage de distillation	38

Abréviations

CLP	Classification, étiquetage et emballage
ACD	Agent chimique dangereux
CMR	Cancérigène ; Mutagène, repro-toxique
FDS	Fiche de Données de Sécurité
EPI	Equipement de Protection Individuelle
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
CET	Centre d'enfouissement technique

Introduction générale

Les déchets chimiques des laboratoires, des établissements de formation, de la recherche, ..., peuvent entrer dans la catégorie des déchets toxiques, qui conservent une propriété de danger chimique. Ils peuvent être assimilés aux déchets industriels toxiques et dangereux.

Les déchets chimiques solides, liquides ou gazeux provenant des laboratoires, sont de grandes diversité et complexité, voire même de composition inconnue car, résultant de multiples mélanges de produits.

Les laboratoires de recherche, d'analyse, de contrôle, mais aussi les hôpitaux, l'université, les établissements scolaires, ... utilisent le plus de produits constituant des risques pour la santé humaine et l'environnement. Bien que ceux-ci soient en faible quantité, par rapport aux déchets produits par les industries proprement dites, ils génèrent quand même des déchets classés dans la catégorie « dangereux ». De ce fait, tous les produits utilisés en laboratoire doivent être accompagnés de leur fiche de données de sécurité (FDS). Celles-ci précisent, en plus des informations sur le produit et ses dangers, les possibilités d'élimination des déchets [1].

Le traitement des déchets d'un laboratoire est :

- sur le plan pédagogique, très formateur pour les futurs éco citoyens et,
- sur le plan écologique, très positif pour la communauté.

En effet, il contribue à développer des attitudes responsables en matière de sécurité et de protection de l'environnement et participe ainsi à l'éducation à la citoyenneté.

Par conséquent, il est important de sensibiliser les enseignants, le personnel de laboratoire ainsi que les étudiants à ce problème et ce travail est réalisé à cet effet.

Notre étude cherche d'une part, à mettre l'accent sur les types et quantités de déchets générés au sein des laboratoires et d'autre part, à procéder à leur traitement et voire même leur élimination.

Pour atteindre notre but, nous avons développé :

- Dans le premier chapitre des généralités sur les produits chimiques telles que leur classification, leur utilisation et l'étiquetage de danger selon la règle **CLP** qui signifie en anglais, « Classification, Labelling, Packaging », de classification des produits chimiques [2].
- Dans le second chapitre, l'inventaire des différents déchets chimiques issus des laboratoires en citant leurs propriétés, leur classification et aussi les risques et les dangers liés à ces derniers. Dans la suite, les méthodes de prévention des dangers liés aux déchets chimiques dans les laboratoires ainsi que les mesures d'urgence à adopter en cas de sinistre, d'intoxication, ...
- Dans le troisième chapitre, les traitements des déchets chimiques, issus des laboratoires, par divers procédés tels que, traitement thermique, physico-chimique, La valorisation des déchets ainsi que le système de stockage, de certains déchets dans des centres prévus à cet effet, ultime étape de ce chapitre.
- Une conclusion générale viendra clore cette investigation.

Chapitre I

Généralité sur les produits et les déchets chimiques

L'utilisation des produits chimiques étant généralisée à tous les domaines de la vie et ce, à travers le monde entier, leur gestion, et celle de leurs déchets, requiert toute l'attention de la communauté scientifique et des autorités concernées.

Aussi, une connaissance parfaite des classes des produits chimiques, de leur présentation et de leur forme est indispensable pour comprendre et prévoir les déchets qui seront produits afin de procéder, de la façon la plus adéquate, à leur élimination.

I-1 Définition et classification des produits chimiques

Les produits chimiques se répartissent en substances et préparations. Les substances sont les éléments chimiques et leurs composés tels qu'ils se présentent à l'état naturel ou tels qu'ils sont produits par l'industrie, rencontrés sous différentes formes (solide, liquide, gaz, vapeur) et pouvant être en suspension dans l'air (poussières, fumées, brouillards, particules, fibres...) [3].

Les préparations sont les mélanges ou solutions qui sont composés de deux substances ou plus.



Figure I-1 : Produits chimiques utilisés au laboratoire

La classification des produits chimiques (substances et préparations) permet d'identifier les dangers qu'ils peuvent présenter du fait de leurs propriétés physico-chimiques, de leurs effets sur la santé et sur l'environnement. C'est à partir de sa classification qu'est définie l'étiquette du produit chimique.

La réglementation sur la classification, l'emballage et l'étiquetage des produits chimiques dangereux vise à assurer la protection des travailleurs, des consommateurs et de l'environnement. L'étiquetage est la première information fournie à l'utilisateur sur les dangers et les précautions à prendre lors de leur utilisation. Un règlement européen, dit

règlement « CLP » signifiant en anglais, « Classification, Labelling, Packaging » c'est-à-dire « classification, étiquetage, emballage », définit comment doivent être classés, étiquetés et emballés les substances et les mélanges. On peut aussi rencontrer dans la vie quotidienne (cosmétique, détergent, ...) ou à son domicile, des étiquettes de danger répondant à un système « CLP » [4].

Le règlement CLP est entré en vigueur le 20 janvier 2009, c'est la mise en application des recommandations de l'ONU au niveau européen. L'objectif était l'uniformisation du système de classification et d'étiquetage des substances et des mélanges au niveau international. Il prévoyait néanmoins une période de transition durant laquelle l'ancien et le nouveau système coexisteront. Sauf dispositions particulières prévues par le texte, la mise en application du nouveau règlement est devenue obligatoire à partir du 1er Décembre 2010 pour les substances, et du 1er juin 2015 pour les préparations.

Il est à souligner que, pour éviter toute confusion, les produits ne peuvent pas porter de double étiquetage.

Depuis le 1er juin 2015, le système préexistant est définitivement abrogé et la nouvelle réglementation est la seule en vigueur.

Néanmoins, des lots de mélanges classés, étiquetés et emballés conformément au système préexistant déjà présents sur le marché pouvaient continuer de circuler pendant deux ans (jusqu'au 1er juin 2017).

Actuellement, le nouvel étiquetage des produits chimiques et les nouvelles phrases de risque pour identifier les dangers d'un produit chimique sont Agent Chimique Dangereux (ACD) ou appelé aussi Cancérigène Mutagène et Reprotoxique (CMR) ainsi que les risques associés [5].

A cet effet, la figure I-2 représente le passage de l'ancienne à la nouvelle nomenclature.

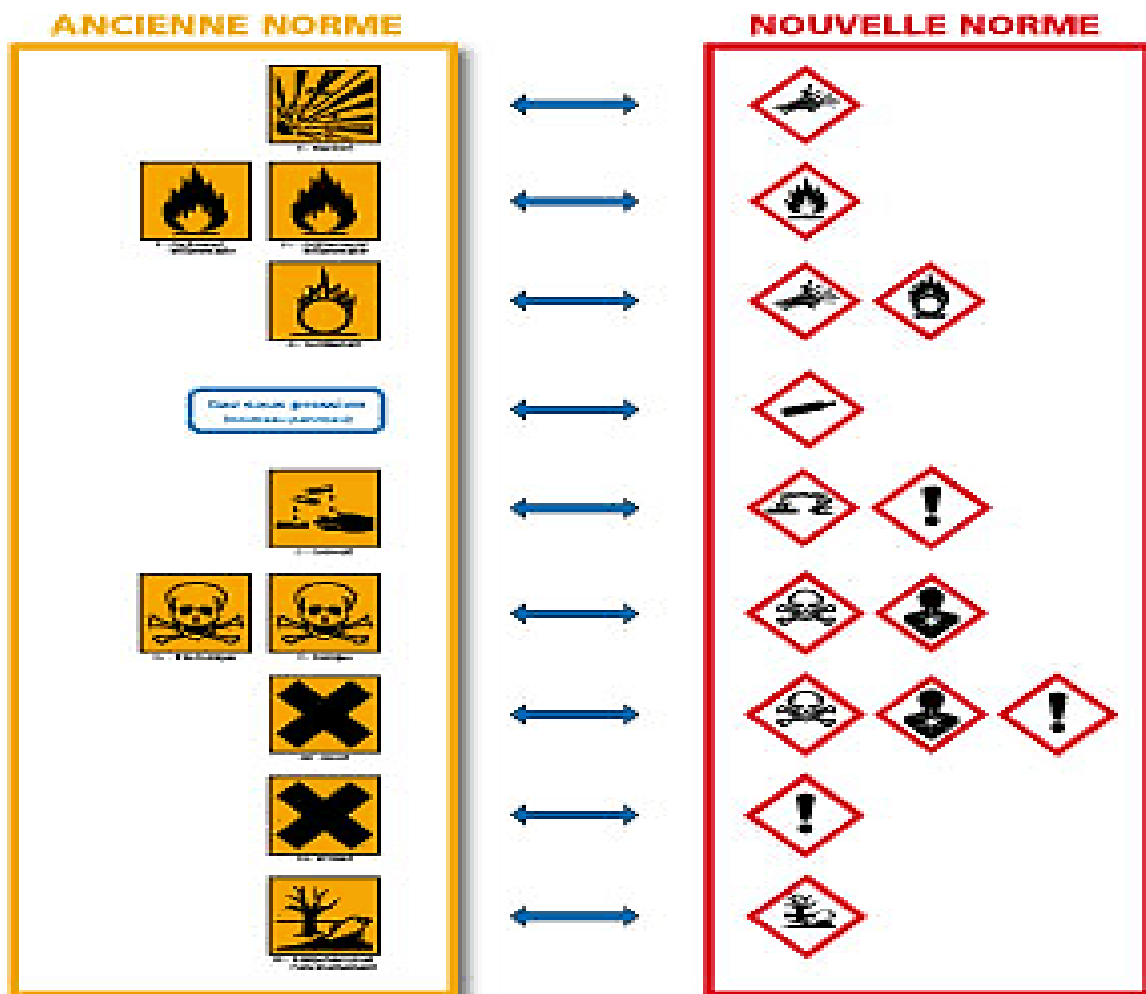


Figure I-2 : Evolution des étiquettes de danger des produits chimiques

Les nouveaux pictogrammes sont au nombre de 9, ils se présentent sous la forme de losanges bordés de rouge et de fond blanc.

Le tableau ci-contre donne un aperçu de la signification de ces nouveaux pictogrammes et évoque les risques et dangers encourus.

Tableau I-1 : Nouvelle classification [5]

Signification des pictogrammes selon la nouvelle classification CLP	
	Ces produits peuvent exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc, de frottements..
	Ces produits peuvent s'enflammer, suivant le cas: * au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique... ; * sous l'effet de la chaleur, de frottements... ; * au contact de l'air ; * au contact de l'eau, s'ils dégagent des gaz inflammables (certains gaz s'enflamment spontanément, d'autres au contact d'une source d'énergie flamme, étincelle...).
	Ces produits peuvent provoquer ou aggraver un incendie, ou même provoquer une explosion s'ils sont en présence de produits inflammables. On les appelle des produits comburants.
	Ces produits sont des gaz sous pression contenus dans un récipient. Certains peuvent exploser sous l'effet de la chaleur : il s'agit des gaz comprimés, des gaz liquéfiés et des gaz dissous. Les gaz liquéfiés réfrigérés peuvent, quant à eux, être responsables de brûlures ou de blessures liées au froid appelées brûlures et blessures cryogéniques.
	Ces produits sont corrosifs, suivant les cas : * ils attaquent ou détruisent les métaux * ils peuvent ronger la peau et/ou les yeux en cas de contact ou de projection.
	Ces produits rentrent dans une ou plusieurs de ces catégories : * produits cancérogènes : ils peuvent provoquer le cancer ; * produits mutagènes : ils peuvent modifier l'ADN des cellules et peuvent alors entraîner des dommages sur la personne exposée ou sur sa descendance (enfants, petits-enfants...) ;

	* produits toxiques pour la reproduction : ils peuvent avoir des effets néfastes sur la fonction sexuelle, diminuer la fertilité ou provoquer la mort du fœtus ou des malformations chez l'enfant à naître ; * produits qui peuvent modifier le fonctionnement de certains organes comme le foie, le système nerveux... Selon les produits, ces effets toxiques apparaissent si l'on a été exposé une seule fois ou bien à plusieurs reprises ; * produits qui peuvent entraîner de graves effets sur les poumons et qui peuvent être mortels s'ils pénètrent dans les voies respiratoires (après être passés par la bouche ou le nez ou bien lorsqu'on les vomit) ; * produits qui peuvent provoquer des allergies respiratoires (asthme, par exemple).
	Ces produits empoisonnent rapidement, même à faible dose. Ils peuvent provoquer des effets très variés sur l'organisme : nausées, vomissements, maux de tête, perte de connaissance ou d'autres troubles plus importants entraînant la mort.
	Ces produits chimiques ont un ou plusieurs des effets suivants : ils empoisonnent à forte dose ; ils sont irritants pour les yeux, la gorge, le nez ou la peau ; ils peuvent provoquer des allergies cutanées (eczémas) ; ils peuvent provoquer une somnolence ou des vertiges.
	Ces produits provoquent des effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique (poissons, crustacés, algues, autres plantes aquatiques...).

Le tableau I-2 est un comparatif entre ancienne et nouvelle classification des substances CMR.

Tableau I-2 : Ancienne et nouvelle classification des substances Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques = CMR [5]

Ancienne Classification réglementaire des agents CMR	Nouvelle Classification des agents CMR
CMR 1 : substances que l'on sait être Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques. CMR 2 : substances pour lesquelles il existe une forte présomption qu'elles soient Cancérogènes, Mutagènes	Cancérogènes catégorie 1A : substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré. catégorie 1B : substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé (données animales). Mutagènes catégorie 1A : Substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée (données épidémiologiques) catégorie 1B : Substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est supposée (test in vivo sur des cellules de mammifères). Reprotoxiques catégorie 1A: substances dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée catégorie 1B : substances présumées toxiques pour la reproduction humaine.
CMR 3 : substances et préparations préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques possibles mais pour lesquelles les informations disponibles sont insuffisantes pour classer ces substances et préparations dans la catégorie 2	Cancérogène catégorie 2 : substances suspectées d'être Mutagènes catégorie 2 : substances préoccupantes du fait qu'elles pourraient induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Reprotoxiques catégorie 2 : substances suspectées d'être toxiques pour la reproduction humaine.

Les agents CMR 1 et 2 doivent être étiquetés selon la réglementation avec : le symbole "Toxique" T et la (les) phrase(s) de risque en R  o R 45 : peut causer le cancer o R 46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires o R 49 : peut causer le cancer par inhalation o R 60 : peut altérer la fertilité o R 61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant	Selon le règlement CLP, l'étiquetage des CMR 1A et 1B mentionne : le symbole SGH08 et la (les) mention(s) de danger en H  o H340 : Peut induire des anomalies génétiques o H350 : Peut provoquer le cancer o H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus
Pour les cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction de la catégorie 3, l'étiquetage mentionne : le symbole "Nocif" Xn et la (les) phrase(s) de risque en R  o R 40 : effet cancérogène suspecté. Preuves insuffisantes o R 62 : risque possible d'altération de la fertilité o R 63 : risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant o R 68 : possibilité d'effets irréversibles	Selon le règlement CLP, l'étiquetage des CMR catégorie 2 mentionne : le symbole SGH08 et la (les) mention(s) de danger en H :  o H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques o H351 : Susceptible de provoquer le cancer o H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus

I-2 Etiquetage des produits chimiques – Fiche de données de sécurité

L'étiquette constitue la première information, essentielle et concise, fournie à l'utilisateur sur les dangers et sur les précautions à prendre lors de l'utilisation.



Figure I-3 : Exemple d'étiquettes des produits chimiques

La lecture de l'étiquette est un moyen de reconnaissance du danger d'un produit chimique. Elle est fixée sur tous les emballages.

L'absence de symbole ne signifie pas absence de risque. Il convient d'être vigilant avec tous les produits.

La lecture de la fiche de données de sécurité est nécessaire. Elle complète l'étiquetage.

BONCOLOR 1bis, rue de la source 92390 PORLY - Tél : 01 98 76 54 32 ACÉTONE DANGER Liquide et vapeurs très inflammables. Provoque une sévère irritation des yeux. Peut provoquer somnolence ou vertiges. Tenir hors de portée des enfants. Tenir à l'écart de la chaleur / des étincelles / des flammes nues / des surfaces chaudes. Ne pas fumer. En cas de contact avec les yeux : rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer. Stocker dans un endroit bien ventilé. Maintenir le récipient fermé de manière étanche. L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau. N° CE 200-662-2	Identité du fournisseur Nom du produit Pictogrammes : Les pictogrammes signalent un danger d'inflammabilité et d'atteinte à la santé Risques particulier Des phrases précisent ces dangers. <i>très inflammables ; sévère irritation des yeux ; somnolence ou vertiges</i>
--	---

Une phrase supplémentaire complète ces informations en signalant un danger non représenté par un pictogramme : « dessèchement ou gerçures de la peau ».

Figure I-4 : Exemple d'une étiquette répondant au règlement CLP

La classification réglementée par les professionnels de la santé publique, de l'environnement et par les autorités concernées, est la base la plus élémentaire, il est de ce fait, primordial de la connaître et ce, à travers les fiches de données de sécurité notées FDS.

La fiche de données de sécurité (FDS) : est un document qui vise à alerter l'utilisateur d'un produit chimique sur les dangers liés à son utilisation. Elle contient des informations relatives :

- aux dangers pour la santé et l'environnement,
- des indications sur les moyens de protection,
- les mesures à prendre en cas d'urgence.

La FDS possède 16 rubriques qu'il est recommandé de lire attentivement car ces dernières donnent des informations capitales sur les produits :

1. Identification de la substance ;
2. Identification des dangers ;
3. Composition/ information sur les composants ;
4. Premiers secours ;
5. Mesures de lutte contre l'incendie ;
6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle ;
7. Manipulation et stockage ;
8. Contrôles de l'exposition/ protection individuelle ;
9. Propriétés physiques et chimiques ;
10. Stabilité et réactivité;
11. Informations toxicologiques ;
12. Informations écologiques ;
13. Considérations relatives à l'élimination ;
14. Informations relatives au transport ;
15. Informations relatives à la réglementation ;
16. Autres informations [6].

I-3 Définition et classification des déchets de laboratoire

Trois événements marquants à travers le monde ont amené à la première réglementation des produits chimiques et à l'élimination de leurs déchets, ce sont :

- La catastrophe de Love Canal aux USA en 1920
- L'accident de Seveso en Italie en 1976
- Le déversement du cargo Khian Sea de Philadelphie en 1986

Les déchets résultant des expériences chimiques, produits chimiques périmés ou résidus d'expérience ou de manipulations, peuvent présenter des dangers pour la santé des personnes, pour l'environnement, voire provoquer ou amplifier des sinistres en cas d'incendie.

Ces déchets englobent les produits de laboratoire qui ne peuvent plus remplir leur fonction et qui ne sont plus utilisables. Dans ce contexte, le classement suivant résume les propriétés qui leur sont assignées [7] :

- matières de composition chimique connue, comme des produits périmés, présentant des dangers renseignés par les pictogrammes sur leurs emballages.
- matières de composition chimique indéfinie qui sont parfois des artefacts issus des différentes manipulations ou bien des nouvelles entités produites suite au mélange des déchets.
- matières contaminées par ces deux sortes de déchets.

Par ailleurs, les déchets chimiques peuvent se présenter sous les 3 états physiques de la matière comme suit,

- Les déchets gazeux résultent de la volatilité de certains composants des déchets liquides ou solides
- Les déchets solides sont par exemple des poudres ou des granules de produits chimiques périmés, des verreries, des objets et des matériels de laboratoire souillés par des produits chimiques
- Les déchets liquides englobent les solutions ou mélanges contenant des produits chimiques périmés et les solvants qui ne sont plus utilisables.



Figure I-5 : Exemple de déchets chimiques

Les déchets chimiques rencontrés au sein des laboratoires sont variés. On peut néanmoins les classer puis les regrouper en différentes catégories :

- Les déchets inertes, non toxiques ou non dangereux ;
- Les déchets dangereux
- Les déchets toxiques

I-3-1 Déchets chimiques non toxiques

Cette famille regroupe toutes les solutions aqueuses ne contenant aucun constituant toxique et dont le pH est compris entre 5,5 et 8,5.

Les cations pouvant être présents dans ces solutions sont les suivants : ion sodium (Na^+), potassium (K^+), ammonium (NH_4^+), calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).

Les anions pouvant être présents dans ces solutions sont les suivants : chlorure (Cl^-), bromure (Br^-), iodure (I^-), sulfate (SO_4^{2-}), nitrate (NO_3^-), dihydrogénophosphate ($H_2 PO_4^-$), hydrogénophosphate (HPO_4^{2-}), hydrogénocarbonate (HCO_3^-), thiosulfate ($S_2O_3^{2-}$) et tétrathionate ($S_4 O_6^{2-}$).

Pour ces déchets, le rejet à l'égout sans traitement peut être toléré après avoir vérifié le pH et l'absence de substances toxiques, avec une dilution suffisante.

I-3-2 Déchets acido-basiques

Cette famille regroupe toutes les solutions aqueuses ne contenant aucun produit toxique mais seulement des acides (chlorhydrique, sulfurique...) ou des bases (soude, potasse...).

Pour ces déchets, le rejet à l'égout peut être toléré après neutralisation.

I-3-3 Déchets contenant des ions métalliques toxiques

Cette famille regroupe toutes les solutions aqueuses qui contiennent des cations des métaux, à l'exception des ions du baryum, du mercure et de l'argent et qui ne contiennent pas d'anion toxique.

Ces solutions devront subir un traitement destiné à éliminer ces ions métalliques par une réaction de précipitation.

I-3-4 Déchets contenant des oxydants

Cette famille de déchets regroupe toutes les solutions contenant des oxydants, à l'exception des solutions contenant de l'iode.

Ces solutions devront subir un traitement par un réactif réducteur suivi, si nécessaire, d'une précipitation des ions métalliques.

I-3-5 Autres déchets inorganiques toxiques

Cette famille de déchets regroupe les déchets toxiques qui ne peuvent pas être traités au laboratoire ou qui nécessitent un traitement spécifique. Il sera nécessaire, pour ces déchets, de procéder à une collecte dans des bidons séparés en évitant de les mélanger entre eux.

On va trouver essentiellement :

- les solutions contenant des anions toxiques (cyanure, composés de l'arsenic...)
- les solutions contenant des ions baryum
- les solutions contenant des ions fluorure
- les solutions contenant des ions du mercure
- les solutions contenant des ions de l'argent
- les solutions contenant de l'iode

I-3-6 Déchets organiques

Il est absolument nécessaire de séparer les déchets halogénés (fluorés, chlorés, bromés, iodés...) des déchets non halogénés [8].

I-4 Caractéristiques des déchets chimiques

Les déchets dangereux sont des matières qui ne sont plus utiles pour la recherche et qui peuvent constituer une menace pour la santé publique ou l'environnement. Ces déchets présentent généralement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

I-4-1 Matières inflammables : elles peuvent s'évaporer rapidement et brûler dans l'air.

Exemples :

- Les liquides qui ont un point d'éclair inférieur à 37,8°C.
- Les solides qui peuvent par absorption d'humidité, provoquer un incendie dont l'intensité et la durée représentent un danger.
- Les gaz comprimés inflammables dont les vapeurs prennent feu facilement et rapidement.

I-4-2 Matières oxydantes : elles stimulent la combustion de substances organiques.

Exemples :

- Les gaz tels que le fluor, le chlore, l'ozone, l'oxyde nitreux et l'oxygène,
- Les liquides tels que le peroxyde d'hydrogène, l'acide nitrique, l'acide perchlorique et le brome.

I-4-3- Matières corrosives :

La plupart des acides ou des bases couramment utilisés sont corrosifs et ont un pH de (0 à 2) ou de (12 à 14).

Les substances corrosives peuvent générer des vapeurs corrosives ; Il faudrait s'assurer que les bouteilles sont hermétiquement fermées lors du transport jusqu'à la salle de stockage des déchets dangereux.

I-4-4 Substances toxiques : Elles peuvent nuire à la santé ou causer la mort d'organismes vivants. Les niveaux de toxicité des différents types de déchets dangereux sont variables. Les composés contenant des cyanures ou du mercure, de même que les pesticides, sont des exemples de substances toxiques. En effet,

- On parle de toxicité aiguë lorsqu'une seule exposition à une substance suffit pour provoquer des effets nocifs
- On parle de toxicité chronique lorsque des expositions répétées à une substance provoquent des effets nocifs.

I-4-5 Déchets chimiques inconnus :

Avant de classer les déchets à éliminer dans la catégorie « Inconnus », il ne faut épargner aucun effort pour les identifier. Cette information peut réduire de beaucoup les dangers liés à leur manipulation et à leur classification [9].

Dans le tableau I-3 sont consignés quelques exemples de produits chimiques présentant un caractère explosif

Tableau I-3 : Exemple de produits chimiques à caractère explosif [10].

Composé acétylénique	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	Composé azido	$-\text{C}-\text{N}_3$
Hydroperoxyde, peroxyacide	$\geq\text{C}-\text{O}-\text{OH}$	Composé diazo	$\geq\text{CN}_2$
Persel, perester	$\geq\text{C}-\text{O}-\text{O}-$	Sel de diazonium	$\geq\text{C}-\text{N}_2^+\text{Z}^-$
Peroxyde de dialkyle	$\geq\text{C}-\text{O}-\text{O}-\text{C}\leq$	Diazirine	$\begin{array}{c} \text{N} \\ >\text{C} < \\ &\parallel \\ &\text{N} \end{array}$
Peroxyde de diacycle	$\begin{array}{c} -\text{C}-\text{O}-\text{O}-\text{C}- \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array}$	Composé N-nitrosé	$>\text{N}-\text{NO}$
1,2-Epoxyde	$\begin{array}{c} =\text{C}-\text{C}= \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$	Composé N-nitré	$>\text{N}-\text{NO}_2$
Peroxyde métallique	$-\text{O}-\text{O}-\text{métal}$	Nitrite organique	$-\text{O}-\text{NO}$
Hypohalogénite organique	$-\text{O}-\text{X}$	Nitrate organique	$-\text{O}-\text{NO}_2$
Chlorite	$-\text{O}_2-\text{Cl}$	Triazène	$\geq\text{C}-\text{N}=\text{N}-\underset{\text{R}}{\text{N}}-\text{C}\leq$
Perchlorate	$-\text{O}_4-\text{Cl}$	Tétrazole	$-\text{N}=\text{N}-\text{N}=\text{N}-$
Composé de perchlore	$-\text{ClO}_3$	Arènediazoate	$\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{OR}$
Composé nitrosé	$\geq\text{C}-\text{NO}$	Oxyde de bis-diazoarène	$\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{O}-\text{N}=\text{N}-\text{Ar}$
Composé nitré, polynitré	$\geq\text{C}-\text{NO}_2$	Sulfure de bis-diazoarène	$\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{S}-\text{N}=\text{N}-\text{Ar}$
Nitrite d'alkyle ou d'acyle	$\geq\text{C}-\text{O}-\text{NO}$	Oxosel de métal-ammine	$[\text{N}-\text{métal}]^+\text{Z}^-$
Nitrate d'alkyle ou d'acyle	$\geq\text{C}-\text{O}-\text{NO}_2$	Complexe peroxy de chrome-ammine	$\text{N} \rightarrow \text{CrO}_2$
Fulminate métallique	$\text{métal}-\text{C}\equiv\text{N}\rightarrow\text{O}$	N-Halogéamine, halogénoazoture	$>\text{N}-\text{X}$
Azoture	$-\text{N}_3$	Halogénoarylmétal	$\text{Ar}-\text{métal}-\text{X}$ $\text{X}-\text{Ar}-\text{métal}$
Dérivé N-métal	$>\text{N}-\text{métal}$	Composé fluoroamino	$-\text{NF}_2$
Composé azo	$\geq\text{C}-\text{N}=\text{N}-\text{C}\leq$		

Chapitre II

Risques chimiques et prévention

II-1 Notion du risque chimique

Le risque chimique est lié à l'utilisation ou au travail en présence d'un agent chimique, que ce soit pour le nettoyage, la maintenance, la production, ...

Les travailleurs utilisent quotidiennement des produits dangereux. Un produit est dangereux lorsqu'il a un ou des effets néfastes sur l'organisme vivant ou l'environnement.

Les produits chimiques se présentent sous différentes formes (liquide, solide, gaz) comme par exemple dans des :

- Produits de base utilisés dans la peinture, le blanchiment des textiles, dans la préparation de produits pharmaceutiques, ...
- Produits annexes comme les solvants, diluants, colles, additifs, fluides d'usage, ...
- Produits de nettoyage des locaux, du matériel, du personnel, ...
- Produits d'emballage comme la mousse de polyuréthane [11].

La figure II-1 regroupe les risques ainsi que les dommages générés par les produits chimiques.

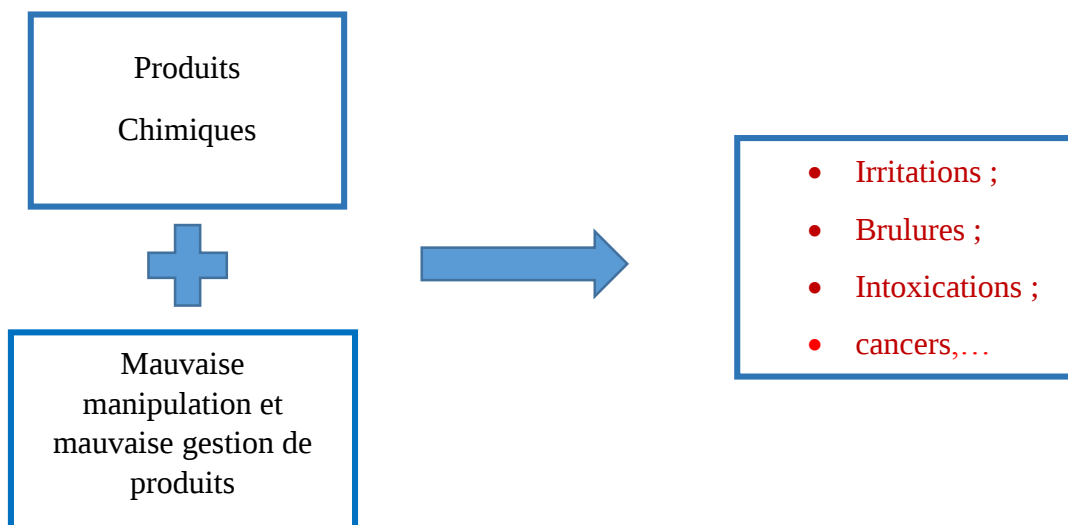


Figure II-1 : Risques et dommages dus aux produits chimiques

II-1-1 Risques chimiques

On distingue deux grandes familles de risques chimiques dont :

a- Le risque d'intoxication

C'est le risque chimique le plus connu et le plus étudié car il concerne prioritairement les hommes et l'environnement. Il y a risque d'intoxication chaque fois qu'un produit dangereux pénètre dans l'organisme, crée des dysfonctionnements de certains organes et perturbe ainsi le fonctionnement normal de l'organisme. Cette perturbation peut se traduire par des manifestations qui sont soit immédiates comme les brûlures chimiques ou les suffocations, soit retardées sous la forme de pathologies diverses.

b- Le risque d'incendie- Explosion

De nombreux produits chimiques ont tendance à réagir ensemble suivant des réactions exothermiques (dégagement de chaleur) qui accélèrent la réaction, celle-ci prend une allure extrêmement rapide, incontrôlable et devient explosive. Lorsque les produits sont désignés comme étant incompatibles, ces réactions sont immédiates et l'explosion est certaine. La chaleur dégagée dans ces réactions est telle que les produits se décomposent et forment des gaz et vapeurs combustibles qui s'enflamment ; s'ensuit alors incendie ou explosion.

Il s'agit essentiellement de phénomènes accidentels [12].

II-2 Impact des produits et déchets chimiques

Les produits chimiques présentent des dangers pour les personnes, les installations ou l'environnement : intoxications aiguës, asphyxie, incendie, explosion, pollution, ...

La figure II-2 regroupe les effets ou l'impact des produits chimiques et des déchets qu'ils génèrent, sur l'Homme et sur l'environnement.

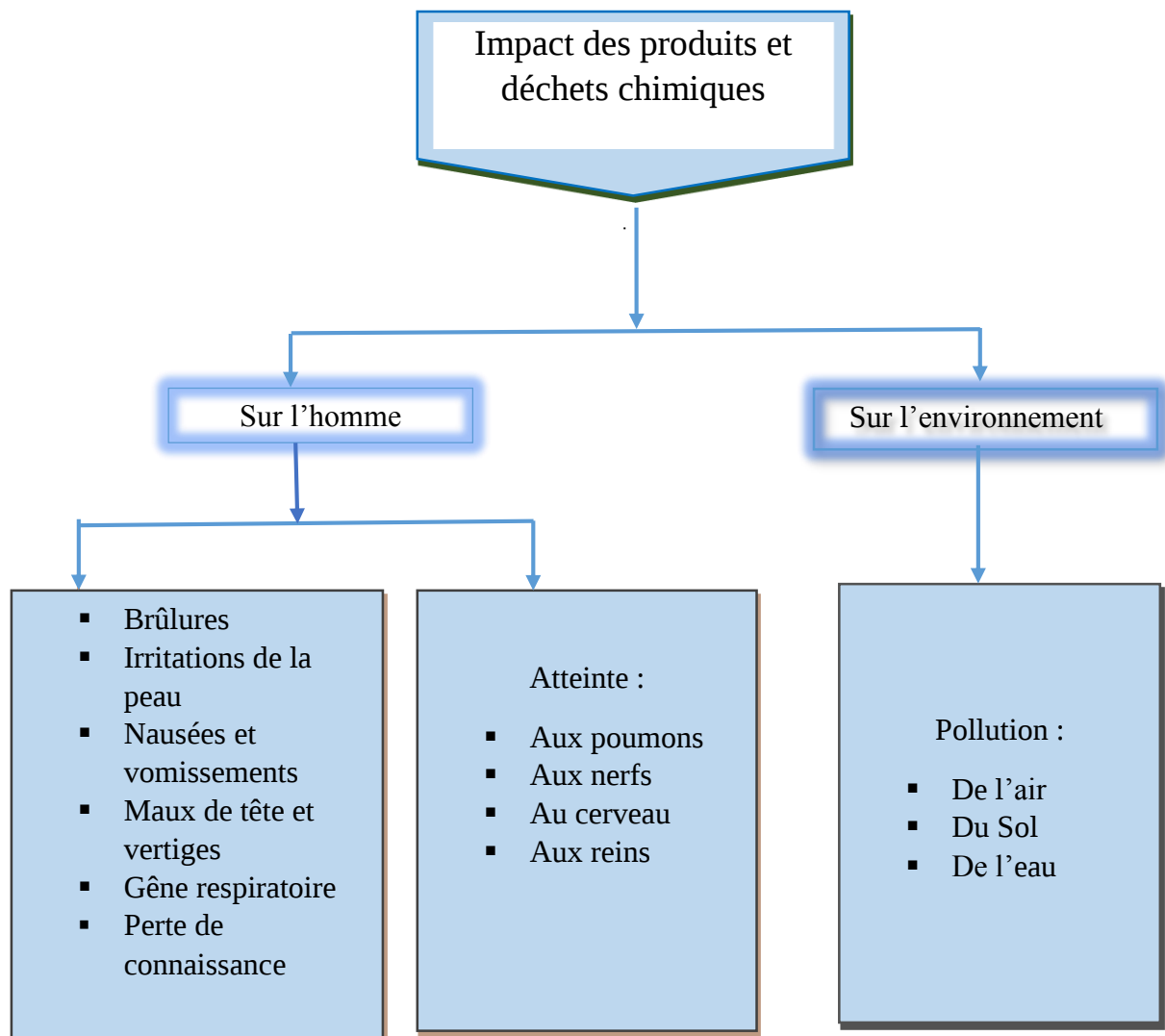


Figure II-2 : Impact des produits et déchets chimiques

II-2-1 Voies de pénétration des produits chimiques

Le produit chimique passe du milieu extérieur à l'intérieur de l'organisme en empruntant différentes voies de pénétration :

II-2-1-a La voie conjonctivale

- Par projection,
- Par contact avec mains souillées

II-2-1-b La voie respiratoire

Les poussières, les vapeurs et les fumées constituent le type le plus répandu de particules en suspension dans l'air, dans un lieu de travail. Les voies respiratoires sont donc particulièrement exposées à ces particules pouvant avoir divers effets sur les poumons ou sur d'autres organes du corps.

II-2-1-c La voie digestive

L'absorption de produits chimiques par la voie digestive peut être accidentelle par ingestion d'une quantité importante de produit ou par ingestion répétée de faibles doses.

II-2-1-d La voie cutanéomuqueuse

Certains produits irritent la peau, d'autres détruisent les tissus et d'autres encore la traversent,

- Par contact direct accidentel
- Par projections, éclaboussures [13].

La figure qui suit montre les parties de l'organisme humain exposées aux effets engendrés par les produits chimiques, sur la santé.

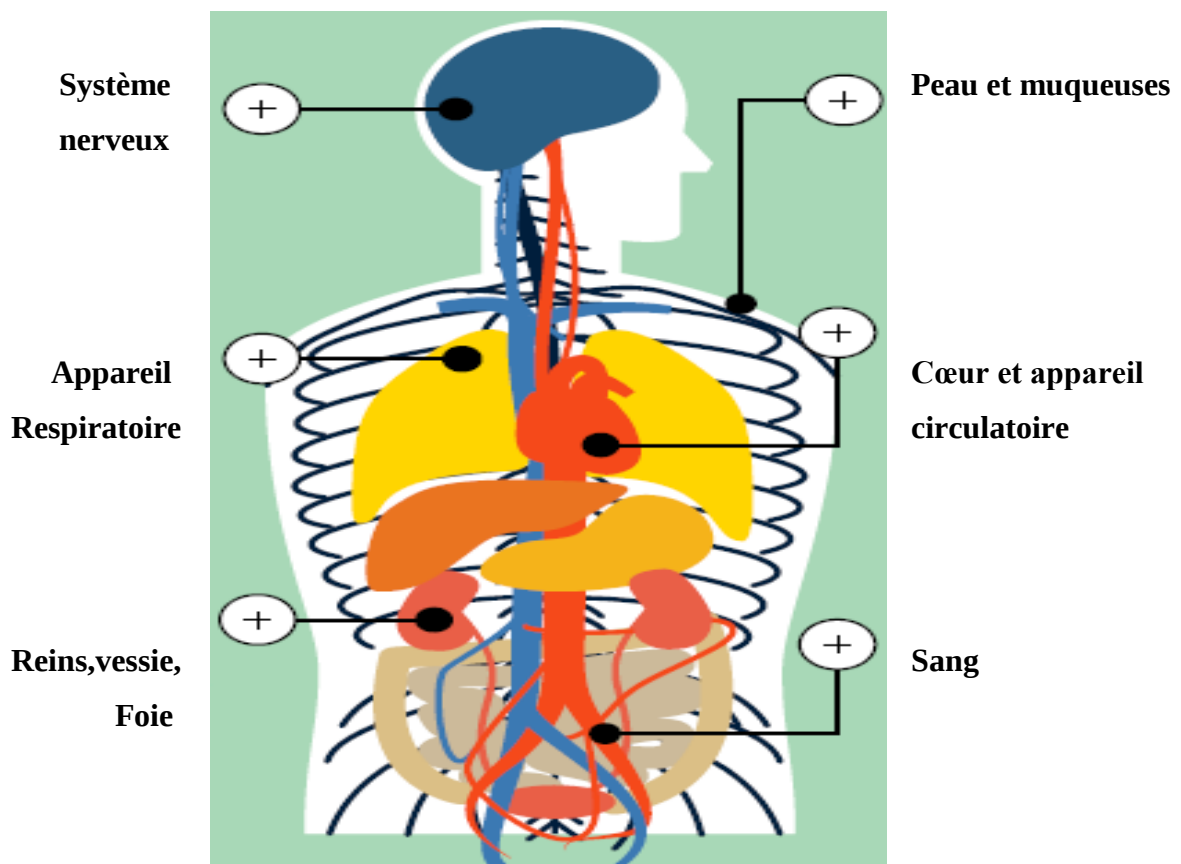


Figure II-3 : Effets des produits chimiques sur la santé

Le tableau II-1 regroupe un éventail de pathologies provoquées par les produits chimiques. Les organes touchés et les substances responsables de chaque pathologie y sont consignées.

Tableau II-1 : Exemples de maladies d'origine chimique et substance en cause.

Organes touchés	Pathologies	Produits en cause
Peau et muqueuses	Irritations, ulcérations, eczémas...	Solvants, acides et bases, ciment, résines époxydiques, huiles, graisses, goudrons...
	Cancers	Arsenic, goudrons, huiles minérales, brais
Appareil respiratoire	Asthme, pneumopathie d'hypersensibilité, hyperréactivité bronchique non spécifique, pneumoconioses...	Silice, amiante, bois, farine, isocyanates organiques, métaux, bagasse, coton, acides, bases, certains solvants, brouillards d'huile...
	Cancers	Amiante, fibres minérales (fibres céramiques réfractaires), poussières de bois, silice, chrome, arsenic, goudrons...
Système nerveux	Polynévrites, tremblements, troubles psychiatriques, syndrome parkinsonien...	Solvants organiques, plomb, mercure, oxyde de carbone, oxyde de manganèse...
	Tumeurs cérébrales	Nitrosamines
Reins, vessie, foie	Néphrites, hépatites...	Tétrachlorure de carbone, plomb, mercure, cadmium, hydrogène arsénié, chlorure de vinyle, amines aromatiques...
	Cancers	Nitrosamines, amines aromatiques, colorants, hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA), chlorure de vinyle, arsenic, dioxines...
Sang	Anémies, leucopénies	Plomb, benzène
	Leucémies	Benzène, oxyde d'éthylène, pesticides
Cœur et appareil circulatoire	Angines de poitrine, infarctus	Dérivés nitrés du phénol, plomb, oxyde de carbone, pesticides, organophosphorés...
	Troubles du rythme cardiaque	Hydrocarbures halogénés (fréon, halon), oxyde de carbone

Plusieurs études sur les impacts dus aux produits chimiques sont réalisées et les chiffres donnés sont loin de refléter la réalité, notamment dans le cas des cancers. En effet,

- Le nombre de cancers professionnels est sous-estimé. Ils représentent 4 à 8% de la totalité des cancers. En 2001, 4% des maladies professionnelles reconnues et indemnisées étaient des cancers [14].

Dans le domaine de l'environnement et de la santé publique, les contaminations des eaux, de l'air, par les produits chimiques est d'actualité et requiert toute l'attention des autorités mais hélas, les écarts sont toujours présents. Le tableau II-2 représente quelques exemples de produits en cause des risques CMR.

Tableau II-2 : Exemple des produits CMR

Cancérogène	Mutagène	Reprotoxique
Arylamine	Bromure d'éthidium	Propylène glycol
Arsenic	Chlorure de cobalt	Formamide
Nitrosoguanidine	Benzène	Diméthylformamide
Chloroforme	Crotonaldéhyde	Diméthylsulfoxyde
Nickelchlorure	4-nitrosophénol	Méthanol

- En Algérie une étude assez récente a montré qu'une contamination de l'oued Cheffa (Blida) par les métaux lourds est présente dans le lixiviat avec des teneurs pouvant atteindre, 0.6mg/L pour le plomb, 0.12mg/L pour le chrome et 0.05 mg/L pour le cadmium.

Ce résultat se trouve fortement aggravé par l'augmentation du nombre d'habitants et du développement industriel [15].

II-3 Classification des moyens de prévention du risque chimique

Rappelons que les propriétés dangereuses de divers produits chimiques utilisés au laboratoire sont caractérisées grâce aux étiquetages et aux fiches de données de sécurité.

En revanche, d'autres produits issus de réactions chimiques ou de mélanges peuvent être, quant à eux, de dangerosité inconnue.

Les risques, liés aux produits chimiques, les plus fréquemment rencontrés sont des risques :

- de projection,
- d'incendie,
- d'explosion et d'inhalation.

En outre, l'environnement de travail peut augmenter le risque d'accident du fait de :

- la co - activité des techniciens de laboratoire,
- un montage déséquilibré,
- une paillasse encombrée, ... [16].

Classification des moyens de prévention des risques chimiques concerne les mesures prises avant qu'une substance, une matière ou un produit ne devienne un déchet dangereux. Les objectifs sont,

- d'une part, choisir les produits en fonction de leur nocivité afin d'éviter la production de déchets dangereux,
- d'autre part, diminuer les quantités de déchets.

La figure II-4 recense et classe les moyens de prévention du risque chimique

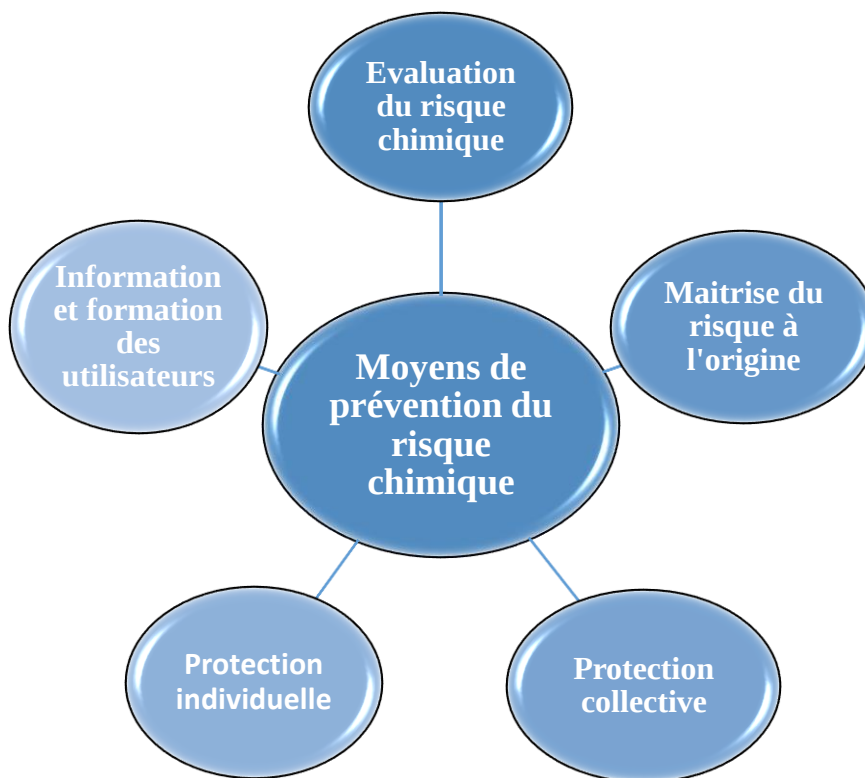


Figure II-4 Classification des moyens de préventions du risque chimique

II-3-1 Evaluation des risques chimiques

L'évaluation constitue le préalable de toute démarche de prévention des risques chimiques. Elle doit permettre de construire un plan d'action pour être efficace ; il faut la renouveler régulièrement et notamment à chaque modification importante des processus de travail.

Cette évaluation du risque chimique se déroule en 4 étapes :

- repérer les produits et répertorier leurs dangers dans un inventaire ;
- analyser leur mise en œuvre pour évaluer les conditions d'exposition ;
- hiérarchiser les risques par priorités d'action ;
- élaborer un plan d'action [13].

II-3-2 Maitrise du risque à l'origine

- **Choix des produits chimiques :**

Il convient d'éliminer autant que possible les substances ou les préparations très dangereuses, il faut vérifier s'il n'est pas possible de remplacer un produit chimique dangereux par un autre qui l'est moins ou pas du tout.

- **Définition d'un processus :**

Il est souvent difficile de trouver des produits de remplacement. Dans ces cas précis, la recherche d'un autre processus d'utilisation doit être engagée.

II-3-3 Protection collective

- **Organisation du travail :**

1. Réduction au minimum du nombre de travailleurs exposés avec mise en place d'une signalisation pour limiter l'accès aux zones dangereuses,
2. Réduction au minimum de la durée et de l'intensité de l'exposition,
3. Réduction au minimum de la quantité de produits chimiques sur le lieu de travail pour le type de travail concerné.

- **Conception des locaux** (adapter les locaux existants ou neufs, séparation des zones de travail) et des équipements :

1. Travail en vase clos lorsque cela est possible,
2. Aspiration des vapeurs ou des poussières à la source,
3. Vérification périodique des installations et des dispositifs de sécurité et équipements de travail.

- **Procédures de travail adéquates** : dispositions assurant la sécurité lors de la manutention, le stockage et le transport sur le lieu de travail des produits chimiques dangereux et des déchets.

1. Bac de rétention et étagères non inflammables ,
2. Local ventilé ,
3. Installations électriques adaptées,
4. Signalisation,
5. Local fermé à clef,
6. Extincteurs.

II-1-4 La protection individuelle

- Mise à disposition de douches de sécurité et de fontaines oculaires ;
- Mise en place d'une signalisation pour le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI) ;



Chaussures, bottes de sécurité



Masque respiratoire



Gants



Lunettes



Combinaison jetable



Vêtements de travail

- Les EPI doivent être choisis et adaptés en fonction du produit utilisé et de l'activité de l'agent ;
- Nettoyage, stockage, et contrôle régulier des EPI [14].

II-3-5 Formation et information du personnel

- Remise au laborantin d'un livret d'accueil incluant la sécurité,
- Informations sur les produits chimiques dangereux se trouvant sur le lieu de travail, leurs risques pour la santé et la sécurité,
- Mise à la disposition des personnels des fiches de données de sécurité (FDS) des substances ou préparations dangereuses que le fournisseur a l'obligation de remettre au destinataire de ces produits,
- Information sur le contenu de ces fiches et sensibilisation aux dangers que présentent les produits utilisés en précisant en particulier les consignes relatives à l'utilisation des EPI [17].

II-4 Mesures d'urgence face au risque chimique

Toute manipulation de produits ou d'appareils pouvant présenter un danger quelconque pour le manipulateur, pour le personnel et pour l'environnement ne peut être effectuée que par un personnel compétent, correctement informé des risques encourus et sous la responsabilité du chef du service ou du responsable de laboratoire.

II-4-1 Premiers secours

- Décrire les premiers secours à donner ;
- Spécifier d'abord si un examen médical immédiat est requis ;
- Les informations concernant les premiers secours doivent être brèves et faciles à comprendre par la victime, les personnes présentes et les secouristes ;
- Les symptômes et effets doivent être brièvement décrits et les instructions doivent indiquer ce qui doit être fait sur-le-champ en cas d'accident et si des effets à retardement sont à craindre après une exposition ;
- Prévoir une sous-rubrique par voie d'exposition, c'est-à-dire inhalation, contact avec la peau et les yeux, ingestion ;
- Préciser si l'intervention d'un médecin est souhaitable ou plutôt nécessaire ;
- Pour certaines substances ou préparations, il peut être important de souligner que des moyens spéciaux doivent être mis à disposition sur le lieu de travail pour permettre un traitement spécifique et immédiat.

II-4-2 En cas d'accident dans le laboratoire

En cas d'inhalation :

- Faire respirer de l'air frais ou pratiquer la respiration artificielle ;
- Dégager les voies respiratoires.

En cas de contact avec la peau

- Laver abondamment à l'eau ;
- Enlever les vêtements souillés.

En cas de contact avec les yeux :

- Rincer abondamment à l'eau en maintenant les paupières écartées (au moins 10 minutes).

En cas d'ingestion :

- Faire boire beaucoup d'eau.

En cas d'aspiration :

- Eviter de provoquer le vomissement ;
- Dégager les voies respiratoires.

Dans tous les cas cités ci-dessus, il est impératif d'évacuer le plus vite possible la personne concernée vers l'établissement sanitaire le plus proche [18].

Dans le renforcement de la prévention, la médecine du travail joue aussi un rôle prépondérant du fait que la mission du médecin du travail se veut être strictement préventive.

En effet, par mesure de prévention, celui-ci s'occupe de contrôler, de veiller, et de prendre les initiatives nécessaires au maintien de la bonne santé des travailleurs s'ils sont particulièrement exposés comme le sont les personnels de laboratoire, ..., pour ne citer que ceux-ci.

Toutefois, et afin d'éviter des dérives dues aux produits et aux procédés chimiques, la vigilance et la rigueur sont de mise. Il faut garder à l'esprit que plus un produit ou un procédé chimique est dangereux, plus les règles de prévention à respecter pour protéger les travailleurs et les utilisateurs devraient être strictes.

Chapitre III

Traitement des déchets chimiques

III-1 Définition du traitement des déchets

Le traitement des déchets a été défini comme toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et/ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets [19].

III-2 Gestion des déchets

Cela consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. À partir de cette définition, plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestion des déchets :

- Réduire les déchets à la source, en évitant de produire trop de déchets,
- Organiser la gestion et le tri des déchets,
- Suivre l'évolution des déchets grâce à une bonne traçabilité, indispensable à une bonne gestion,
- Ne pas mélanger les différents types de déchets entre eux (notamment déchets dangereux et déchets banals) en organisant des aires de stockage afin de valoriser au maximum les déchets et minimiser les coûts [20].

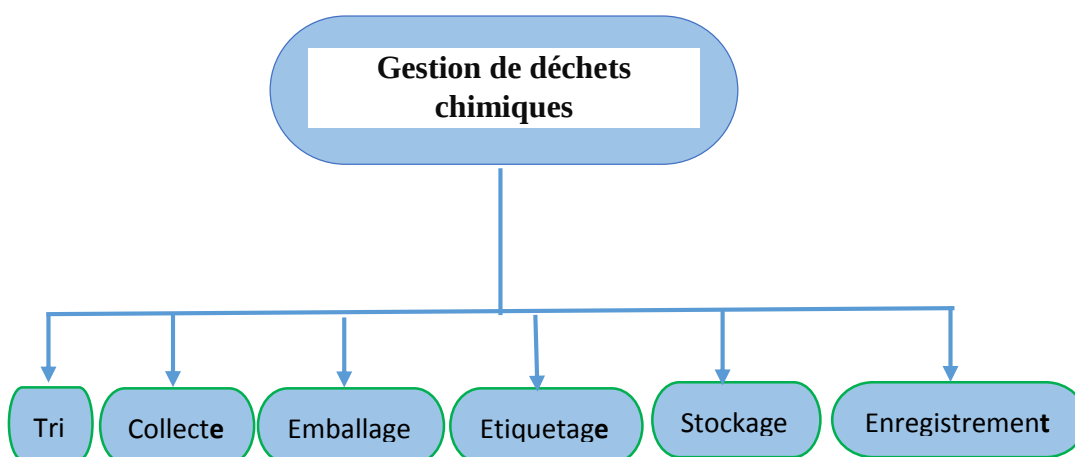


Figure III-1 : Gestion des déchets chimiques

III-2-1 Le tri :

Le tri des déchets chimiques dans le laboratoire sert à séparer les déchets à haut risque des déchets à bas risque et de séparer les déchets réactifs des autres déchets afin de prévoir d'éventuelles réactions non contrôlables dans le cas de fuites et d'accidents.

Le tri permet de se mettre en conformité réglementaire et d'améliorer de façon significative la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement.

Faire le tri des déchets chimiques d'un laboratoire consiste à :

- Organiser le positionnement, le nombre et les signalétiques des récipients,
- Eviter les mélanges impropres par affichage, sensibilisation et contrôles,
- Planifier les capacités de stockage interne en fonction des quantités de produits et équiper tout stockage de bacs de rétention et finalement regrouper les déchets relevant d'une même filière de traitement [21].

Le tri des déchets chimiques s'effectue en trois étapes comme suit :

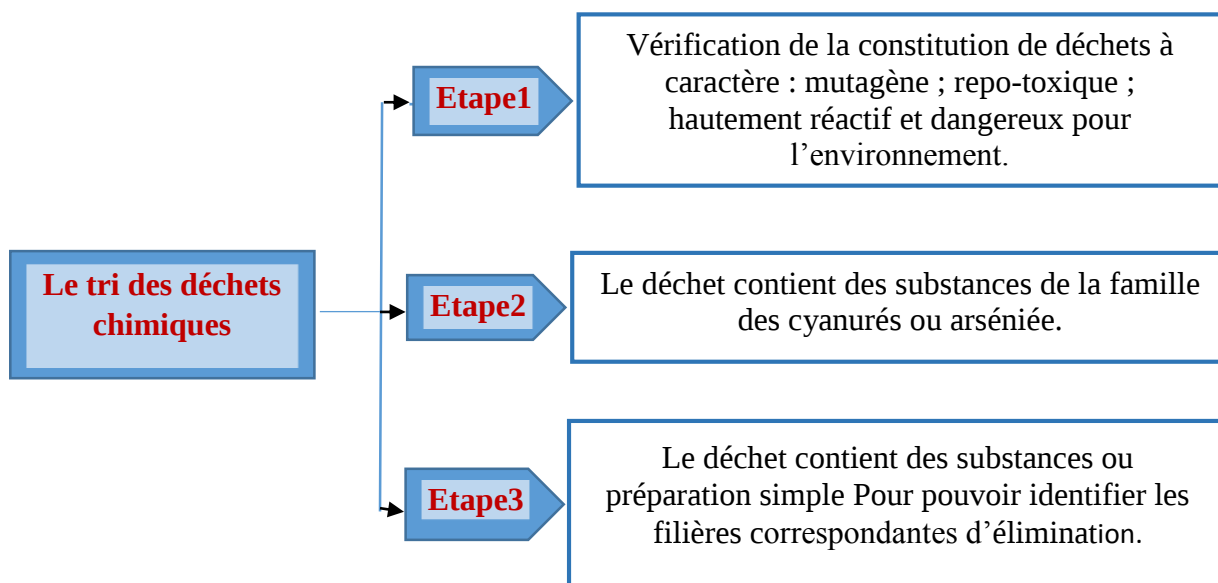


Figure III-2 Etapes du tri des déchets chimiques.

III-2-2 Organisation de la collecte :

La gestion de collecte des déchets peut s'effectuer différemment d'un laboratoire à l'autre, elle peut être centralisée au niveau d'un service dédié du site de deux façons différentes :

- les déchets sont enlevés par le responsable du service dédié du site ;
- les déchets sont apportés au point de collecte du site.

Dans les deux cas, il faudra se conformer aux instructions données par le responsable de déchets du site. L'unité traite directement avec le prestataire collecteur, dans ce cas, des règles seront établies en concertation avec le prestataire et consignés sous forme d'un guide de tri des déchets du laboratoire.

III-2-3 Emballages des déchets chimiques :

Les déchets doivent être directement conditionnés dans des emballages homologués fournis par le prestataire (ou par l'intermédiaire du responsable des déchets du site) et dédiés à chaque catégorie de déchets.

Les emballages de laboratoire se composent de petits conteneurs de déchets compatibles, conditionnés dans des matériaux absorbants.

Chaque flacon doit être correctement fermé, identifié et calé.

III-2-4 Etiquetage des déchets

Les emballages des déchets qui ne comportent plus l'étiquetage CLP sont remplacés par les pictogrammes de l'étiquetage ADR.

Le prestataire fournira (directement ou par l'intermédiaire du responsable des déchets du site) les conditionnements et les étiquettes appropriés aux types de déchets du laboratoire.

Si les déchets contiennent des produits CMR, une étiquette supplémentaire sera apposée. Cette dernière n'est pas prévue dans l'étiquetage ADR.

Si cette étiquette n'est pas fournie par le prestataire, le modèle peut être réalisé par le laboratoire.

III-2-5 Stockage

Un stockage défaillant peut s'avérer lourd de conséquences : réactions chimiques dangereuses, dégagement important de produits nocifs, voire explosion ou incendie, intoxication, chute de plain-pied, blessures, ... De nombreux paramètres jouent un rôle dans la sécurité du stockage :

- la quantité des produits stockés,
- la présence de produits volatils, inflammables ou incompatibles entre eux ou avec les matériaux présents,
- la ventilation,
- l'arrimage des emballages,
- la stabilité des produits d'emballage aux variations de température [22].

Le tableau ci-dessous regroupe les principaux types d'équipements existant et les critères à prendre en compte lors de leur achat.

Tableau III-1 : Equipement de stockage des produits chimiques

Type d'équipement	Produits stockés	Caractéristiques techniques
Armoires pour corrosifs	Acides et bases	Extraction autonome ou filtration opérationnelles
Armoires de sécurité inflammables et explosifs	Produits volatils, inflammables et explosifs	Extraction autonome ou filtration
Armoires de bouteilles de gaz sécurités	Bouteilles de gaz.	Extraction autonome seulement
Caissons sécurisés	Produits volatils.	Extraction autonome ou filtration
Réfrigérateurs et congélateurs sécurisés	Produits volatils, inflammables et explosifs	

Remarques :

- Certains produits peuvent réagir violemment les uns avec les autres, ils ne doivent donc pas être stockés au même endroit [23].
- Le stockage doit se faire par famille de produits en tenant compte des incompatibilités.
- Certaines classes de dangers sont absolument incompatibles.

A cet effet, La figure III-3 indique les règles de base des incompatibilités [24].

									
	O	-	-	-	-	-	-	+	-
	-	+	-	-	-	-	-	+	-
	-	-	+	O	-	-	-	-	-
	-	-	O	+	O	-	-	-	-
	-	-	-	O	O	O	O	O	O
	-	-	-	-	O	+	+	+	+
	-	-	-	-	O	+	+	+	+
	+	+	-	-	O	+	+	+	+
	-	-	-	-	O	+	+	+	+

+ Peuvent être stockée ensemble.

O Ne doivent être stockés ensemble que si certaines dispositions particulières sont appliquées.

- Ne doivent pas être stockés Ensemble.

Figure III-3 : Incompatibilité au stockage

Si un produit comporte plusieurs pictogrammes de danger, le rangement en sécurité prendra en compte l'ordre croissant de préséance suivant :

Comburant > inflammable > corrosif > Toxique > nocif > irritant.



Figure III-4 : Ordre de rangement des produits

III-2-6 Registre des déchets :

Le registre permet de retracer la chronologie des opérations relatives à l'élimination des déchets. Pour chaque collecte, doivent figurer dans ce registre :

- la date d'expédition,
- la nature du déchet,
- la quantité.

Remarque

Il importe de réfléchir avant toute séance d'activité expérimentale, à la toxicité des produits utilisés et de prévoir des flacons de récupération si nécessaire.

III-3 Les filières existantes d'élimination des déchets

Les déchets chimiques issus des laboratoires suivent les mêmes filières de traitement que les déchets dangereux produits en plus grandes quantités à savoir :

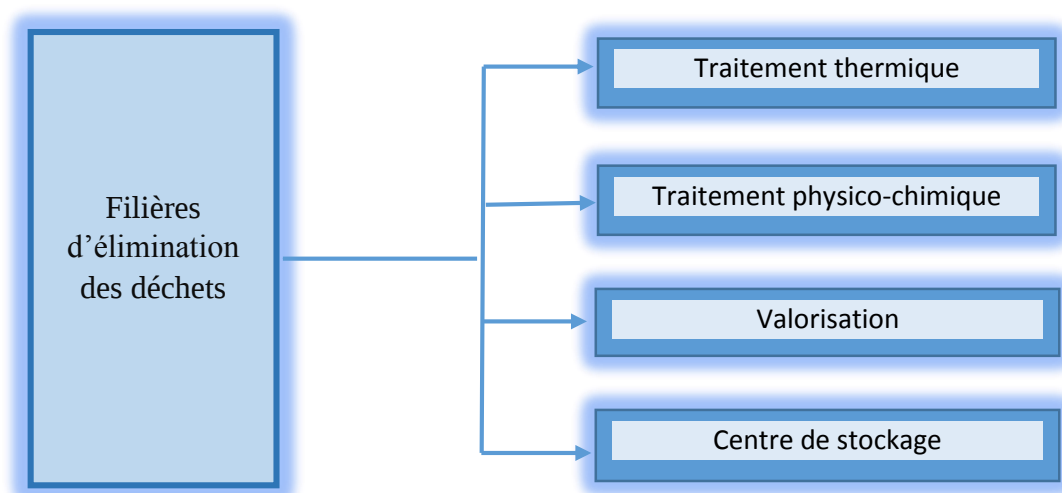


Figure III-5 : Filières d'élimination des déchets

Aussi, en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, certains déchets pourront être valorisés. L'ensemble des filières existantes sont présentées ci-dessous :

III-3-1 traitement thermique

Par traitement thermique, on peut réaliser l'incinération, le séchage et dégazage, la pyrolyse et gazéification ainsi que l'oxydation.

a- Incinération

L'incinération est utilisée pour une large gamme de déchets. Son but vise à réduire le volume des déchets ainsi que leur dangerosité tout en détruisant par combustion les substances organiques pouvant être nocives.

Le principe de cette méthode consiste à oxyder les matériaux combustibles contenus dans les déchets. En effet, ils sont constitués généralement de matières hautement hétérogènes, composées essentiellement de substances organiques, de minéraux, de métaux et d'eau. Lors de l'incinération, des gaz brûlés sont générés, ils contiendront la majorité de l'énergie combustible disponible sous forme de chaleur [25].

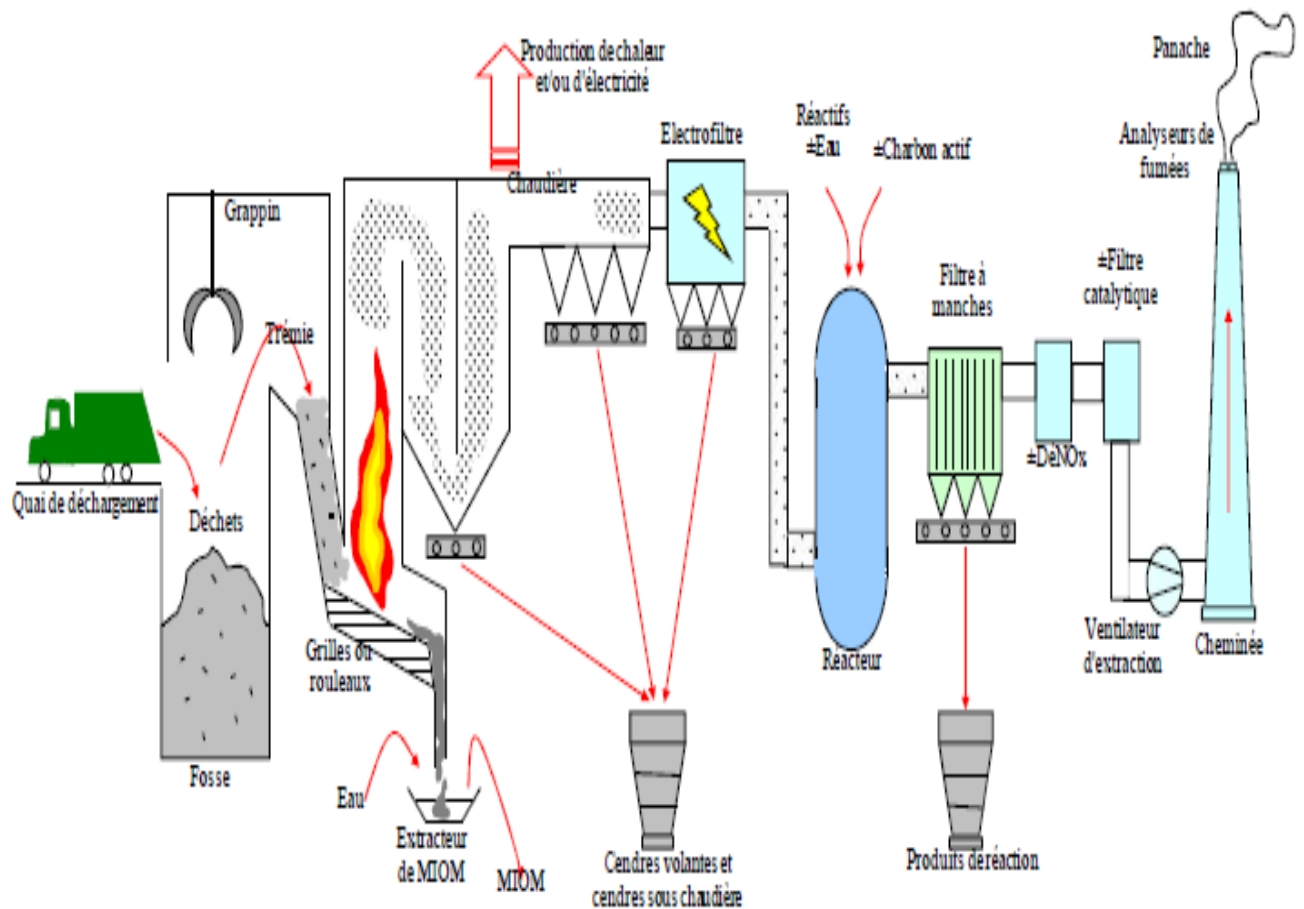


Figure III-6 : Installation d'incinération

De multiples traitements thermiques sont applicables aux différents types de déchets mais pas tous sont appropriés à tous les déchets. Néanmoins, tout processus d'incinération suit les mêmes étapes.

b - Séchage et dégazage

Lors de cette étape, le contenu volatil augmente en température pour se situer entre 100 et 300°C. Ces phases n'ont pas besoin d'agents oxydants et dépendent uniquement de la chaleur apportée.

c - Pyrolyse et gazéification

La première phase consiste en la décomposition supplémentaire des substances organiques en l'absence d'agent oxydant (entre 250 et 700°C). La seconde phase quant à elle, correspond à la réaction des résidus carbonés avec la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone à des températures comprises entre 500 et 1000°C. Le tout permettant le transfert de la matière organique vers la phase aqueuse.

d - Oxydation

Les gaz combustibles ainsi formés sont oxydés, selon la méthode d'incinération choisie, à des températures comprises entre 800 et 1450°C.

En ce qui concerne les déchets dangereux, la technologie la plus appropriée est le four rotatif. Le four rotatif comprend un vase cylindrique légèrement incliné sur un axe horizontal. Le vase est placé sur des rouleaux, permettant au four de tourner autour de son axe. Les déchets sont transportés au travers du four par gravité pendant qu'il tourne.

L'injection directe est particulièrement utilisée pour les déchets liquides, gazeux ou pâteux (pouvant être pompés).

Le temps de maintien du matériau solide dans le four est déterminé par l'angle horizontal du vase et la vitesse de rotation : un temps de maintien compris entre 30 et 90 minutes est normalement suffisant pour réaliser un bon brûlage des déchets.

III-3-2 Traitements physico-chimiques :

Le traitement physicochimique des déchets permet de les transformer grâce à des réactions chimiques ou des procédés physiques de séparation.

Le choix d'un procédé de traitement doit être adapté selon différents paramètres dont :

- l'état physique du déchet,
- le type de polluant contenu,
- le pH de la solution

Ainsi, on distingue les possibilités suivantes

a-Cassage chimique/ultrafiltration

Cela consiste à séparer la phase huileuse de la phase aqueuse à l'aide d'un briseur d'émulsion ou par des membranes semi-perméables. Cela s'applique aux déchets organiques et permet de traiter les émulsions huileuses et les mélanges eau-hydrocarbures.

b -Centrifugation

Elle permet de séparer dans certaines émulsions, les eaux des hydrocarbures.

c - Neutralisation

L'intérêt essentiel de la neutralisation est de réduire la toxicité des déchets.

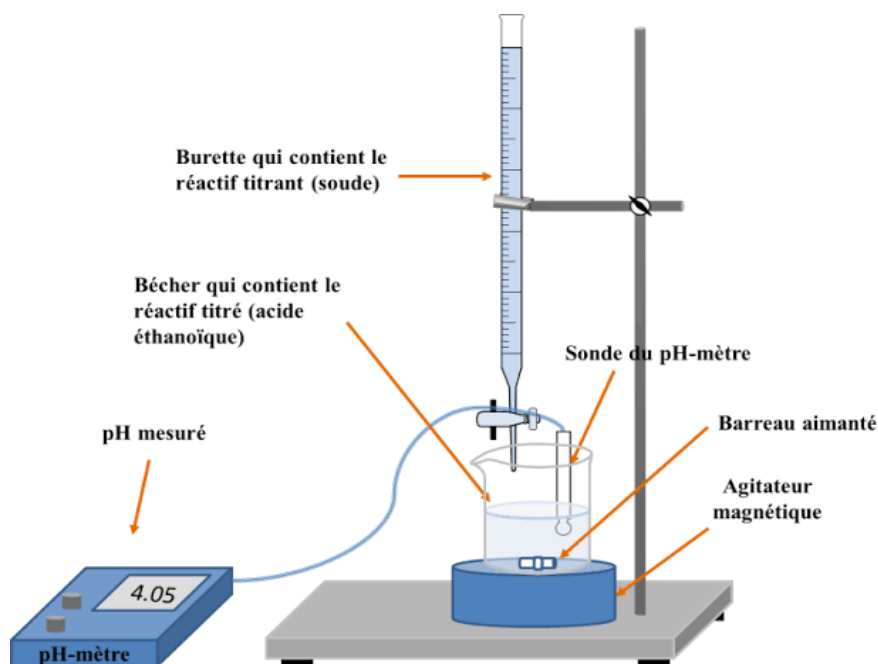


Figure III-7 : Procédé de neutralisation

Les déchets qui peuvent donc être neutralisés sont les acides minéraux et les acides organiques aliphatiques (méthanoïque, éthanoïque, propanoïque, ...) de faible concentration c'est-à-dire $c < 1$ mol/L avec une solution de base (hydrogénocarbonate ou carbonate de sodium, soude) jusqu'à obtenir un mélange de $\text{pH} = 8$. En outre, les solutions plus concentrées devront être diluées avant d'être neutralisées.

- la plupart des bases minérales après neutralisation par un acide minéral (HCl ou H_2SO_4) jusqu'à $\text{pH} = 8$
- la plupart des oxydants neutralisés par des réducteurs et des réducteurs neutralisés par des oxydants : liqueur de Fehling, eau oxygénée, solutions de di-ode neutralisées, de thiosulfate de sodium ou potassium ou de permanganate de potassium
- les amines après neutralisation en milieu acide
- les alcools comme le méthanol, l'éthanol, le propanol, l'éthylène-glycol
- les solutions renfermant des ions métalliques alcalins ou alcalino-terreux jusqu'à $\text{pH} = 8$.

d - Précipitation

Elle permet de faire déposer dans des solutions minérales, les métaux contenus dans une solution sous forme de boues d'hydroxydes, par ajout de lait de chaux ou de lessive de soude. Cette boue est ensuite déshydratée (pressée ou séchée) pour être traitée ou stockée.

e - Déchromatation

Il s'agit d'une réduction permettant de modifier le caractère hexavalent très toxique du chrome en chrome trivalent moins toxique. Il est ensuite précipité sous forme de boues d'hydroxyde. Aussi, les solutions contenant des cyanures et du chrome VI devront subir une décyanuration avant la déchromatation.

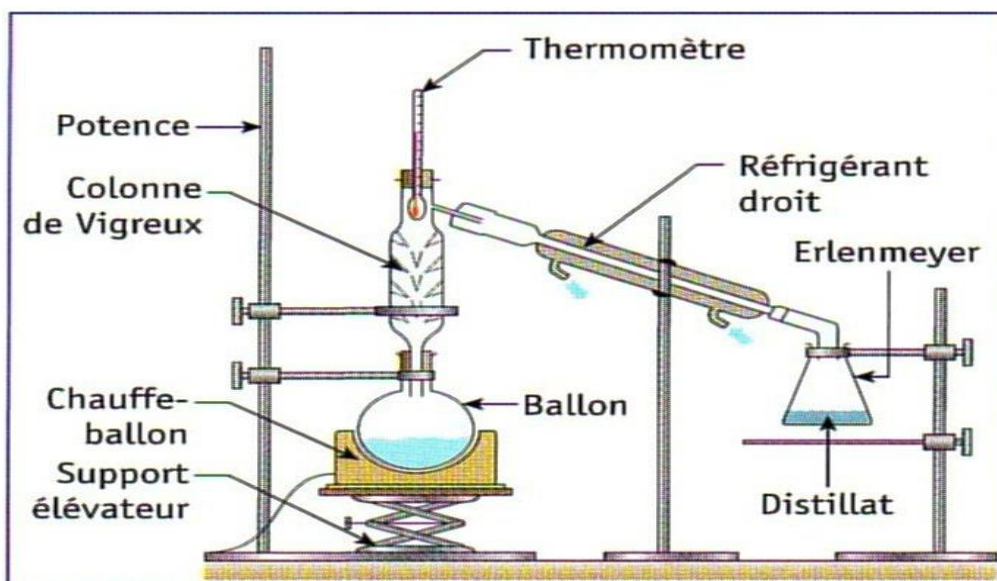
f- Décyanuration :

Contrairement à la déchromatation, cela consiste en une réaction d'oxydation des cyanures toxiques en cyanates voire en azote ; la solution obtenue est ensuite traitée par la voie classique neutralisation/précipitation.

g - Distillation

La solution habituelle la plus durable et la plus économique pour récupérer des dissolvants organiques est la distillation. La matière première est introduite dans un récipient où le vide est maintenu pour réduire la température d'ébullition et réduire ainsi la chaleur appliquée pour réchauffer le composé. En fonction du niveau de polluants dans la matière première initiale, on peut régler la température et la pression du vide afin d'atteindre l'objectif qui est la récupération du dissolvant.

Cette caractéristique fait que ce procédé est très utilisé et le rend viable pratiquement quelle que soit la composition du mélange initial des dissolvants, ce qui représente un important avantage face aux autres procédés [26-27].



FigureIII-8 : Montage de distillation

h - Autres procédés de traitement des déchets chimiques liquides

Ces traitements font intervenir des phénomènes physiques et des réactions chimiques. Ce mode de traitement comprend plusieurs procédés dont la plupart sont fréquemment mis en œuvre dans le traitement des eaux résiduaires industrielles.

Les principales techniques de traitement physico-chimique applicables aux déchets liquides de laboratoire sont :

- la coagulation/précipitation,
- les échanges d'ions,
- le procédé d'oxydation avancée,
- le procédé d'échanges d'ions,
- l'adsorption.

Certains résidus peuvent être mis à la poubelle, parmi lesquels :

- Tous les solides inertes comme les oxydes de fer, la silice, ...
- Les papiers filtres usagés sauf s'ils ont contenu des sels de métaux lourds (Hg, Cd, Pb, ...)
- les plaques utilisées pour la chromatographie.

Des résidus peuvent être aussi rejetés à l'évier dans certaines conditions.

Il est possible de se servir des valeurs limites de concentration pour une eau pure, consignées au tableau III-2, afin d'apprécier si le rejet à l'évier est envisageable ou non en fonction des ions contenus dans la solution [8].

Tableau III-2 : concentration limite de rejets à l'évier.

Concentration maximal en mol /L	Ions	Elimination
Entre 10^{-3} et 10^{-2}	Cl^{-} , SO_4^{2-} , Na^{+} , Mg^{2+} , Ca^{2+}	Rejet à l'évier après dilution.
Entre 10^{-4} et 10^{-3}	NO_3^{-} , K^{+}	Rejet à l'évier après dilution.
Entre 10^{-6} et 10^{-4}	Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+}	Le rejet à l'évier après grande dilution peut être envisagé pour des faibles concentrations.

Entre 10^{-8} et 10^{-6}	Pb^{2+} , Ni^{2+} , Ba^{2+} , ions du chrome et du manganèse, Ag^+ , Cd^{2+}	Ne doivent pas être jetés à l'évier. Pb, Cr et Mn : cancérogènes, nocifs pour l'environnement par effet cumulatif.
Entre 10^{-9} et 10^{-8}	Hg^{2+}	Tout rejet est formellement interdit.

III-3-3 Valorisation des déchets

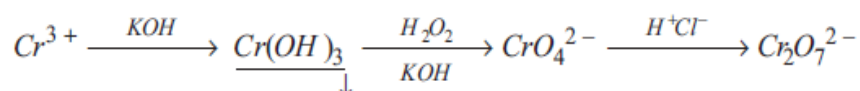
La valorisation consiste dans le remploi recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie.

a - Valorisation des métaux lourds

La valorisation et le traitement des métaux lourds se fait par des réactions chimiques, dans le but de les transformer en leurs oxydes ou bien hydroxydes non-nocifs pour l'environnement, chaque métal a des réactions de récupération spécifiques.

- Exemple du Chrome (Cr) :

On utilise souvent comme réactif d'oxydation le chrome VI sous forme de $Cr_2O_7^{2-}$ ou CrO_3 pour des expériences de cours (oxydation des alcools, ...) ou pour des travaux pratiques de synthèse organique.



Après séparation du produit d'oxydation, le mélange réactionnel contenant Cr^{3+} et du chrome VI ne sera jamais rejeté dans l'évier à cause de son écotoxicité importante. On pourra mettre en œuvre le traitement suivant :

Procédure de récupération du chromate

Dans un bécher de 1 L on place 300 mL de la phase aqueuse résiduelle d'une réaction d'oxydation. On y ajoute une solution d'hydroxyde de potassium à 20 % ($w(KOH) = 0,20$) jusqu'à obtention d'une solution de $pH = 12$. On observe alors la précipitation de $Cr(OH)_3$. Sous agitation on ajoute alors lentement une solution de peroxyde d'hydrogène à 30% (formation de mousse) jusqu'à apparition d'une coloration jaunâtre. Tant que la teinte verte persiste il faut continuer l'addition du peroxyde d'hydrogène (au besoin rajouter également de l'hydroxyde de potassium). On obtient ainsi les ions chromates CrO_4^{2-} .

On peut maintenant précipiter $K_2Cr_2O_4$ ou l'acidifier pour obtenir le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$. On évapore la solution jaunâtre jusqu'à un reste de 100 mL environ. Il sera éventuellement nécessaire de filtrer alors les substances insolubles.

Après refroidissement dans un bain d'eau glacé on ajoute, sous agitation, 400 mL de méthanol. Le chromate de potassium précipite. Il sera filtré, lavé avec du méthanol et séché.

Par distillation on récupère le méthanol qui servira à nouveau pour la même opération.

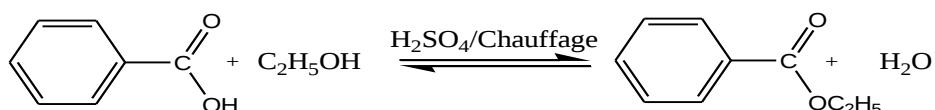
La phase aqueuse restante sera récupérée dans le bidon de récupération «métaux lourds» ou le bidon «chrome» selon le cas [28].

b - Valorisation des composés organiques

Pour la chimie organique il est également possible de mettre en œuvre des suites de réactions permettant de revenir au réactif de départ comme le montrent les deux exemples suivants :

Cycle C_6H_5COOH / $C_6H_5COOC_2H_5$ / C_6H_5COOH

Préparation du benzoate d'éthyle à partir de l'acide benzoïque :



- **Mode opératoire succinct**

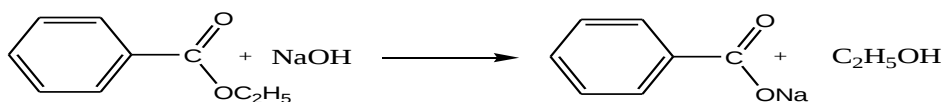
- Chauffage à ébullition sous reflux total pendant deux heures le mélange réactionnel (122 g acide benzoïque, 0,6 L éthanol et 50 mL acide sulfurique à 98 %) avec agitation.
- Distillation du mélange réactionnel pour séparer l'excès d'éthanol qui sera réutilisé.
- Décantation du mélange hydro-organique restant.

La phase aqueuse contient l'acide sulfurique, un peu d'acide benzoïque, de l'éthanol et un peu de benzoate d'éthyle (0,05 g pour 100 g d'eau à 20°C).

- Séparation et après neutralisation, la phase aqueuse peut être rejetée.

Le benzoate d'éthyle est séché sur sulfate de magnésium puis filtré. Le sulfate de magnésium est récupéré.

Saponification du benzoate d'éthyle :



Mode opératoire succinct :

- Chauffage à 60°C, à reflux du mélange réactionnel (0,6 L eau, 20 mL de solution NaOH 50 % masse et 40 mL de benzoate d'éthyle).
- Dosage des ions OH restants
- Suivi de l'avancement de la réaction (toutes les trente minutes).

Quand la réaction de saponification est terminée, on laisse refroidir le mélange réactionnel à 20°C.

- Ajout de l'acide chlorhydrique à 10 % jusqu'à obtention d'une solution de pH = 2. L'acide benzoïque précipite. On fait une vérification de la précipitation complète.
- Filtration de l'acide sur Büchner
- Neutralisation du filtrat avec une solution d'hydrogénocarbonate de sodium avant le rejet à l'évier.

Cette eau contient encore un peu d'acide benzoïque [28].

c - Contrôle des produits valorisés

Avant de réutiliser les réactifs recyclés il faut faire un contrôle de qualité pour déterminer leur pureté. Ceci permet également d'inclure la chimie analytique dans ce projet de minimisation des déchets.

Ces analyses permettent également d'introduire les concepts de systèmes d'assurance qualité.

Quelques exemples de contrôle de pureté des réactifs recyclés***Analyse du sulfate de cuivre :***

• Les ions cuivre II peuvent être analysés par iodométrie par exemple. On dissout 700 mg de sulfate de cuivre hydraté recyclé dans 250 mL d'eau. On prélève 50 mL de cette solution que l'on dilue à 150-200 mL, on ajoute 2 g KI et 5 mL d'acide acétique glacial. Après agitation et repos de trois minutes, on dose avec une solution de thiosulfate de sodium $Na_2SO_3^{2-} = 0,100 \text{ mol L}^{-1}$ par exemple, avec de l'empois d'amidon comme indicateur ajouté juste avant la fin de la réaction.

On peut aussi doser les ions Cu^{2+} par spectrophotométrie par exemple par formation de l'ion complexe $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.

Les ions Sulfates SO_4^{2-} peuvent être dosés par gravimétrie ou par conductimétrie par exemple.

Analyse du bichromate de potassium :

Les ions dichromate CrO_7^{2-} peuvent être dosés par iodométrie par exemple selon le bilan :



Les manipulations de valorisation des déchets permettent d'atteindre plusieurs objectifs :

- économie,
- réduction de la pollution générée par le laboratoire de chimie,
- prise de conscience de la nécessité d'une gestion des ressources,
- illustration de techniques mises en œuvre, à plus grande échelle, dans les filières de destruction des déchets.

La chimie peut, par ce biais également, participer largement à l'éducation à la citoyenneté. Traiter les déchets dangereux diffus implique de les identifier et de les conserver dans des conditions optimales de sécurité [28].

III-3-4 Centres de stockage des déchets

C'est une installation d'élimination de déchets par dépôt ou enfouissement sur ou sous la terre. Il constitue l'étape finale et obligatoire de toute filière de traitement des déchets industriels. Ce sont des résidus issus des procédés de traitement ou des déchets sans valorisation, où le traitement n'est pas envisageable dans des conditions techniques et économiques du moment. Leur stockage ne doit pas avoir d'impact sur l'environnement, notamment à moyen ou à long terme.

Le fonctionnement d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) peut être assimilé à un réacteur bio - physico - chimique donnant lieu à des réactions et à des évolutions complexes qui aboutissent à la transformation chimique, physique et biologique du déchet ainsi que son interaction avec son milieu de stockage[29].

Conclusion générale

A travers notre travail, il nous a été permis d'acquérir des connaissances concernant les risques chimiques et les moyens de prévention ainsi que les traitements des déchets chimiques dans les laboratoires.

Nous avons étudié la question concernant l'évaluation du risque chimique par la vérification de l'hypothèse posée dans la problématique.

Afin d'assurer l'amélioration continue en matière de santé et sécurité au travail au niveau du laboratoire, nous nous sommes proposés d'apporter quelques recommandations, afin de pouvoir résoudre les dysfonctionnements constatés dont on cite les principaux :

- Respecter la réglementation en vigueur,
- Respecter les consignes de sécurité,
- Former et informer les travailleurs sur les dangers des produits chimiques,
- Respecter les consignes de stockage inscrites sur les étiquettes,
- Hiérarchiser les produits chimiques,
- Refuser tous les produits sans étiquettes,
- Respecter les règles d'hygiène : Ne pas fumer ni boire ni manger dans les lieux où l'on préparer les produits chimiques,
- Conserver les produits inflammables éloignés des flammes ou des sources de chaleur,
- Conserver les produits dans leur emballage d'origine. Eviter strictement de les transvaser dans un autre récipient ou de leur affecter un autre emballage,
- Déclarer immédiatement l'apparition de toute lésion, irritation de la peau ou de tout malaise suspect,
- Sensibiliser tout le personnel sur l'importance de porter les Equipements de Protection Individuelle (EPI),
- Afficher les panneaux d'obligation (au sein des magasins, ateliers, ...),
- Afficher les panneaux de sauvetage et de secours,
- Mettre à la disposition du personnel les Fiches de Données de Sécurité (FDS) des produits manipulés,
- Faire une liste complète de tous les produits chimiques présents notamment les produits dangereux.

L'évaluation de risque chimique et la mise à jour périodique et notamment à l'occasion de toute modifications est nécessaire et vitale, car elle met en cause la santé du personnel et de toute la structure.

L'évaluation a révélé qu'une prise en charge satisfaisante des produits chimiques dans ces laboratoires pourrait être améliorée pour répondre aux normes internationales requises.

Finalement nous avons réalisé une synthèse des conditions nécessaires pour améliorer la gestion des déchets chimiques pour réduire les coûts, minimiser les risques et améliorer la sécurité au sein des laboratoires de l'université.

Il en ressort qu'il serait profitable de procéder à :

- La création d'un bureau de coordination de la prévention des risques qui mettrait à disposition des assistants un référentiel des produits chimiques,
- L'application des mesures visant à utiliser des substances chimiques plus efficacement et de manière plus sécurisée

Aussi, l'accent doit être mis sur le fait que, travailleurs et employeur, sont tenus de prendre en compte les dangers encourus par manquement de sécurité et de faire face à la responsabilité qui leur incombe, chacun selon son rôle et sa place.

Pour clore ce sujet dont l'importance des retombées est lourde de responsabilités, une phrase de feu, Henri Grouès :

“ La responsabilité de chacun implique deux actes, vouloir savoir et oser dire ”

Références bibliographiques

- [1] CHABANI Islam. 2014 Contribution à l'étude de la gestion des Déchets des laboratoires : Cas de la Faculté S.N.V, Université Constantine 1. Master : Ecologie et l'environnement : Constantine .
- [2] < <https://www.atousante.com.cdn.ampproject.org/risques-chimiques-cmr/> > [consulté le 20/11/2020].
- [3] MEHANDI et AISSANI. 2016. Quantification des risques chimiques de laboratoire d'analyse et contrôle qualité par la méthode OPERA. Algérie : INGM-UMBB.
- [4] < <http://inrs.fr/risques/classification-étiquetage-produits-chimiques.html> > [consulté le 15/09/2020].
- [5] < <http://monographs.iars.fr/ENG/classification/index.php> > [consulté le 27/10/2020].
- [6] < <http://www.slideplayer.fr> > [consulté le 27/09/2020].
- [7] < http://ge.ch/sme/media/sme/files/fichiers/documents/tri_filieres.pdf > [consulté le 25/10/2020] .
- [8] < <http://ons.education.gouv.fr/> > [consulté le 25/10/2020].
- [9] Université d'Ottawa. Bureau de la gestion du risque. Lignes directrices sur l'utilisation des égouts, 2004.
- [10] FOURNIER B.A. 2019. manipulations dans les laboratoires de chimie. 3^e ed. Paris : Atelier F.causse.
- [11] < <http://www.stcs.fr> > [consulté le 27/09/2020].
- [12] < <http://www.stcs.sante-travail.fr> > [consulté le 27/09/2020].
- [13] < <http://anged.nat.tn/déchets.industriels.et.spéciaux> > [consulté le 27/10/2020].
- [14] < <http://www.cdg35.fr> > [consulté le 27/09/2020].
- [15] BOUTERFAS Imene . 2017 Identification et caractérisation des déchets ménagers solides : de la ville de Tlemcen. Master : sciences biologiques : Université de Tlemcen

- [16] < <https://orme-conseil.com/specialite-risque-chimique/>> [Consulté le 21/11/2020].
- [17] <<http://www.ac-strasbourg.fr/>> [Consulté le 23/11/2020].
- [18] LEGROS A. & LHOEST P.2000. Sécurité dans le laboratoire de chimie. Edition PREVENT, rue gachard, 88 bte 4, 1050 Bruxelles.
- [19] <<http://joradp.dz/>> [consulté le 21/09/2020].
- [20] Loi n°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, définit les principes de base qui conduisent à une gestion intégrée des déchets, de leur génération à leur élimination ;
- [21] <[http://www.anged.nat.tn/déchets industriels et spéciaux/suivi des flux](http://www.anged.nat.tn/déchets_industriels_et_spéciaux/suivi_des_flux)> [Consulté le 27/11/2020].
- [22] SCHILTZ C.2017. Stockage et élimination des produits chimiques. 1^e ed. 101 rue de Tolbiac-75654 Paris-Cedex 13.
- [23] <<http://www.inrs-info@inrs.fr>> [consulté le 27/10/2020].
- [24] < <http://www.unece.org/trans/danger/public/adr/adr2005/05contantsF.html>> [Consulté le 24/09/2020].
- [25] GUINCHARD Ombeline.2019 la gestion des dechets chimiques des laboratoires .master :parcours qualité environnement santé toxicologie :Université de lile.
- [26] < <https://istsurface.com/fr/>> [Consulté le 10/11/2020].
- [27] <<https://www.ofru.com/distribution/>> [Consulté le 11/11/2020]
- [28] MATHIS A.1998. Valorisation des déchets de laboratoire. Actualités pédagogiques,vol 92, pages 01-14.
- [29] ADDOU A 2009. Traitement des dechets des déchets et choix des filieres,Valorisation , élimination.Paris :ellipses.

Résumé

Les laboratoires de recherche, d'analyse, de contrôle, mais aussi les hôpitaux, l'université, les établissements scolaires sont des producteurs de différents déchets chimiques générés de manière croissante. Les dangers auxquels ils exposent constituent un problème sanitaire et environnemental. L'enjeu majeur réside dans la gestion de ces derniers. L'objet de ce travail est de déterminer dans quelle mesure les pratiques de gestion des déchets sont-elles conformes aux normes. Il est nécessaire de revenir sur la notion de déchets chimiques puis, de déterminer le processus et les pratiques normatives de traitement des déchets chimique générés par les laboratoires de chimie. Nous avons réalisé une synthèse des conditions nécessaires pour améliorer la sécurité au sein des laboratoires et minimiser les risques.

Mots clés : déchet chimique, risque chimique, traitement physico-chimique, valorisation, prévention.

Abstract

Research, analysis and control laboratories, but also hospitals, universities and schools are producers of various chemical wastes generates in an increasing manner. The dangers to which they expose constitute a health and environmental problem. The big challenge lies in the management of the latter. The aim of our work is to determine the extent to which waste management practices , it is to come back to the notion of chemical waste, to determine the process and the normative practices of management of chemical wastes generates by chemistry laboratories . We have produced a summary of the conditions necessary to improve the safety within the laboratories and to minimize the risks.

Keywords: chemical, waste chemical hazard, physical and chemical treatment, waste recovery, prevention.