

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Science de l'ingénierie
Département : Génie des procédés
Domaine : Science et technologie
Filière : Génie Des Procédés
Spécialité : Génie Des Procédés de l'environnement

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Thème :

Gestion des déchets pharmaceutiques de SAIDAL

Présenté par : *HARBI Marwa*
BARKAT Yasmine

Encadreur : *DJERAD Souad*

Grade: *Professeur* Université : *UBMA*

Jury de Soutenance :

Nom et prénom	Grade	Université	Président
DJERAD Souad	Professeur	UBMA	Directrice
Zerdaoui Mostefa	Professeur	UBMA	Président
Guilane Sarra	Doctorat	UBMA	Examinatrice

Année Universitaire : 2020/2021

Remercîment

En premier lieu, on tient à remercier **dieu tout puissant ALLAH**, notre créateur, pour nous avoir donné la force pour accomplir ce modeste travail

Ce travail est aussi le fruit de la contribution de plusieurs personnes. C'est pourquoi nous tenons à leur exprimer nos vifs remerciements.

Nous remercions tout le corps professoral de l'UBMA pour la formation de qualité qu'il nous a offerte en particulier les enseignants du master GPE.

On tient à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur **Mm DJERAD SOUAD** qui a bien voulu nous soutenir, nous orienter nous guider et nous aider au cours de la préparation de ce mémoire.

On tenait toute les deux à remercier aussi madame la directrice de SAIDAL Annaba madame D..akacem pour nous avoir donné cette chance de faire notre stage dans l'entreprise

Et sans oublier Mr **CHENICHEN**, notre maître de stage, merci infiniment nous avoir accueillie au sein de l'industrie pharmaceutique « **SAIDAL** » site- Annaba- , pour nous avoir guidé dans notre travail, pour sa confiance et ces conseils.

Je remercie les membres de jury qui en dépit de leur fonction, ont bien voulu nous honorer en jugeant ce travail.

On remercie très infiniment tous les étudiants de notre promotion 2021 de Génie des procédés de l'environnement avec qui on a passé des moments inoubliables avec des hauts et des bas.

Dédicace

*Nous remercions tout d'abord notre DIEU qui nous
donné la force.*

*Et la patience pour terminer ce travail
Je dédie ce travail à ma mère, que dieux lui fasse
miséricorde.*

*Celui qui a été toujours la source inspiratoire et de
courage.....ma famille.*

Mes frères Abdel Raouf et Mouhamed.

Mes sœurs Houda et Wided.

Mon fiancé Abbas.

*A mes meilleurs et fidèles amies : Houria, Marwa,
Kawther, Faiza.*

Et la promo de génie des procédés d'environnement.

YASMINE.

Enfin ; me voici à la fin du cursus de mes études supérieures avec l'aide de dieu tout puissant et de mes parents.

Je dédie ce modeste travail aux membres les plus proches de ma famille :

A mon père ma fierté mon pilier

A ma mère mon rayon de Soleil mon bonheur

A Ma Sœur que j'aime trop malgré nos disputes

A mes amies Amina Abir Asma Selma Lynda wissem et toutes les filles de l'UGEL...

A tous ceux qui me sont chers

Marwa 😊

Table des matières :

Introduction générale	
Chapitre I: Généralités sur la gestion des déchets des médicaments	1
I. Les médicaments	1
1. Définition	1
2. Historique...	1
3. Composantes d'un médicament.....	2
1. Principe actif... ..	2
2. Excipient... ..	2
3. Conditionnement	3
1. Primaire... ..	3
2. Secondaire	3
4. Cycle de vie du médicament... ..	4
5. Médicament périmé... ..	5
1. Définition	5
2. Date de péremption... ..	5
3. Médicament avarié ou défectueux... ..	5
6. Impacts des médicaments	6
1. sur l'environnement... ..	6
2. sur l'êtres humains... ..	6
7. Les déchets pharmaceutiques... ..	7
1. Déchets pharmaceutiques non dangereux... ..	7
2. Déchets pharmaceutiques potentiellement dangereux. ..	8
3. Déchets pharmaceutiques dangereux... ..	8
8. Type de déchets issus des médicaments.....	8
9. Gestion des déchets pharmaceutiques dans quelques pays d'Europe... ..	8
10. Transport transfrontière de déchets pharmaceutiques	9
11. Gestion des Déchets pharmaceutiques en Algérie.....	10
1. Mise en décharge	10
2. Incinération... ..	11
1. Type de déchets non convenables à l'incinération.....	11
2. Paramètres à respecter et conditions de combustion	12
.....	12
II. Présentation de groupe SAIDAL	12
III. Description de l'unité	14

Chapitre II: Les incinérateurs

I. Identification des différents types des déchets générés par SAIDAL Annaba	16
1. Déchets solides non dangereux	16
2. Déchets solide dangereux.....	16

3. Circuit des déchets destinés à incineration par SAIDAL	16
4. Quantité de poudre incinérée.....	17
II. Traitement des déchets non dangereux.....	18
1. Recyclage du carton et papier.....	18
III. Traitement des déchets dangereux	20
1. Incinération des déchets dangereux	21
2. Les incinérateurs d'ECFERAL.....	21
3. Description des incinérateurs d'ECFERAL	22
1. Description du four NAR 5000.....	24
2. Description Four NAR 3000 et adsorption au charbon actif..	26
4. Descriptif technique du système de lavage et de neutralisation des eaux de purge.....	28
a. traitement par absorption	28
b. traitement par adsorption... ..	29
5. Les résidus solides d'incinération	30
Concluion générale.	

Liste des figures :

Figure1 : Ampoules.....	2
Figure 2 : Boite de médicament.....	2
Figure 3 : Composition d'un médicament.....	4
Figure 4 : Schéma illustrant le cycle de vie d'un médicament.....	5
Figure 5 : Schéma de fonctionnement du réseau Cyclamed.....	9
Figure 6 : Localisation du groupe SAIDAL.....	14
Figure 7 : VITA C 500 mg.....	15
Figure 8 NEUROVIT.....	15
Figure 9 : CO PARALGAN 400mg.....	15
Figure 10 : DIAPHAG 80mg.....	15
Figure 11 : PARALGAN 500 mg.....	15
Figure 12 : Hangar où sont entreposés les déchets.....	18
Figure 13 : tris des différents déchets en papier et carton.....	19
Figure 14 : machine à compactage.....	19
Figure 15 : cartons transformés en Balles.....	19
Figure 16 : Processus de recyclage du papier.....	20
Figure 17 : Schéma de fonctionnement d'un incinérateur : utilisation d'électrofiltres et d'un traitement des fumées par voie humide.....	21
Figure 18 : Incinérateur-NAR 5000.....	22
Figure 19 : Incinérateur-Nar 1500.....	22
Figure 20 : Incinérateur Nar 2000.....	22
Figure 21 : Le four NAR 5000.....	24.
Figure 22 : L'entrée du four.....	24
Figure 23 : Schéma de l'incinérateur S1 de déchets industriels, le modèle Nar 5000.équipé d'un laveur.....	25

Figure 24 : Schéma illustrant les compartiments de l'incinérateur NAR 3000.....	26
Figure 25 : Station d'incinération NAR 3000 équipé d'un laveur et d'une colonne de charbon actif.....	27
Figure 26 : Exemple d'une colonne à pulvérisation	28
Figure 27 : Charbon actif utilisé pour l'adsorption des gaz	30
Figure 28 : les mâchefers récupérés après l'incinération	30

Liste des tableaux :

Tableau 1 : La quantité de poudre incinère en fonction des années	17
Tableau 2 : Types et quantités des déchets générés par SAIDAL de février 2019 jusqu'au 15 novembre 2019	18
Tableau 3 : Spécifications techniques des incinérateurs d'ECFERAL.....	23
Tableau 4 : Paramètres d'incinération.....	23
Tableau 5 : Capacités maximales de destruction de l'incinérateur NAR 5000	25

Liste des abréviations :

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes.

CA : Charbon actif.

CEE : Communauté économique européenne

CET : centre d'enfouissement technique.

CET : centre enfouissement technique.

COV : Composés organiques volatils.

CYCLAMED : Association française de collecte de médicaments.

DASRI: Déchets d'activité soins riche infectieux

GD : Gestion des déchets.

MATE : le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

ML : métaux lourd.

MNU : Médicaments non utilisés.

MO : matière organique

MS : matière solide

MUV/an : mouvement pour le village urbain/ an.

Nar 5000 : Incinérateur avec traitement au lavage.

Nar 3000 : I incinérateur avec traitement au lavage et au charbon actif.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

ONNED : observation national de l'environnement durable.

PCDD / F : Polychlorodibenzo-p-dioxines/dibenzofuranes (Dioxine / Furane).

PCDD/Fs : désigne les polychlorodibenzo-p-dioxines/dibenzofuranes.

PNAE : Plan National d'Actions pour l'Environnement.

PNAGDES : plan national de gestion des déchets spéciaux.

PROGDEM : programme national pour la gestion intégrée des déchets ménagers.

PNUE : Programme des nations unies pour l'environnement.

UCL: université catholique de Louvain.

UV/VIS: rayonnement ultra violet /visible.

WHO AFRO : Organisation mondiale de la santé régionale en Afrique.

Introduction Générale:

Toute activité humaine qu'elle soit industrielle, agricole ou sociale est génératrice de déchets et notre environnement est devenu le premier réceptacle de tous types de déchets, ce qui met la gestion des déchets au cœur des enjeux du développement durable. Une prise de conscience a suscité l'intérêt de la communauté internationale sur les questions environnementales. Les axes principaux sont la préservation de l'eau, des sols, de l'air sans oublier la protection des écosystèmes sensibles et la santé humaine. Plusieurs institutions internationales se sont intéressées à ce volet : WHO, AFRO, OCDE, PNUE, CEE, OMS et pharmaciens sans frontière, etc.

La gestion des déchets en Algérie est devenue ces dernières années une des préoccupations majeures des pouvoirs publics.

L'Algérie s'est impliquée dans l'élaboration de deux programmes, le premier PROGDEM : programme national pour la gestion intégrée des déchets ménagers, le deuxième PNAGDES : plan national de gestion des déchets spéciaux, institués par la loi 01/19 du 12 décembre 2001.

Malgré la mise en place de ces stratégies, la gestion des déchets reste un problème majeur en Algérie.

La gestion des déchets pharmaceutiques ou médicamenteux en Algérie n'a pas fait l'objet de prise en charge sérieuse et rigoureuse.

La gestion des déchets reste un problème majeur et l'Algérie hésite sur la politique de gestion à adopter, leur enfouissement est considéré comme la moins bonne des solutions, du fait qu'elle est coûteuse en espace, qu'elle présente des risques de contamination des sols, de l'air et des eaux, mais aussi car elle n'exploite pas le potentiel énergétique des déchets.

L'objectif de ce travail est de faire une étude sur la chaîne de gestion de déchets de groupe SAIDAL –ANNABA.

Ce mémoire est divisé en deux chapitres :

Dans le premier chapitre des données générales sur les déchets de médicaments, leur effet sur l'homme et l'environnement ainsi que leurs traitements seront présentés. L'unité de Saidal sera également brièvement présentée.

Le deuxième chapitre sera consacré à la gestion et au traitement des déchets médicamenteux de Saidal par incinération ainsi que le fonctionnement des différents fours.

On terminera ce manuscrit par une conclusion générale.

Chapitre I :
Présentation de
SAIDAL

I. Les médicaments :

1. Définition :

On entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique. Sont notamment considérés comme des médicaments les produits diététiques qui renferment dans leur composition des substances chimiques ou biologiques ne constituant pas elles-mêmes des aliments, mais dont la présence confère à ces produits, soit des propriétés spéciales recherchées en thérapeutique diététique, soit des propriétés de repas d'épreuve [1].

2. Historique :

Au début du 20^{ème} siècle, n'étaient considérés comme médicaments qu'une douzaine de produits de synthèse et une centaine de produits naturels. De nos jours, nous utilisons des centaines de substances synthétiques et il ne reste que très peu de remèdes courants d'origine exclusivement naturelle. Le 20^{ème} siècle a vu l'essor des médicaments de synthèse produits par des laboratoires pharmaceutiques. Depuis peu, les protéines, molécules du vivant, sont de plus en plus utilisées comme médicament [1].



Figure 1: Ampoules.



Figure 2 : Boîte de médicament.

3. Composantes d'un médicament:

Tout médicament est composé de trois éléments :

3.1. Principe actif :

C'est un composant qui est destiné à exercer une action pharmacologique ou un autre effet direct en rapport avec le traitement d'une maladie, le diagnostic d'une maladie, ou la prévention d'une maladie, ou à agir sur la structure ou les fonctions de l'organisme humain ou animal par des moyens pharmacologiques.

3.2. Excipient :

Les excipients, nommés également "véhicules" ou "adjuvants", sont des substances inactives par elles-mêmes, mais qui facilitent l'administration et la conservation du principe médicamenteux.

3.3. Conditionnement:

3.3.1. Primaire :

C'est un contenant en contact direct avec la forme galénique. Il a plusieurs rôles :

Rôle de protection : isole et conserve le médicament dans le temps.

Rôle fonctionnel : facilite l'utilisation du médicament par le malade.

Inerte, compatible / composants du médicament.

3.3.2. Secondaire (boîtes / cartons emballage) :

Il ne doit jamais être en contact avec le médicament.

Il permet la manipulation et le transport du médicament

Il a un rôle d'identification et d'information [2]

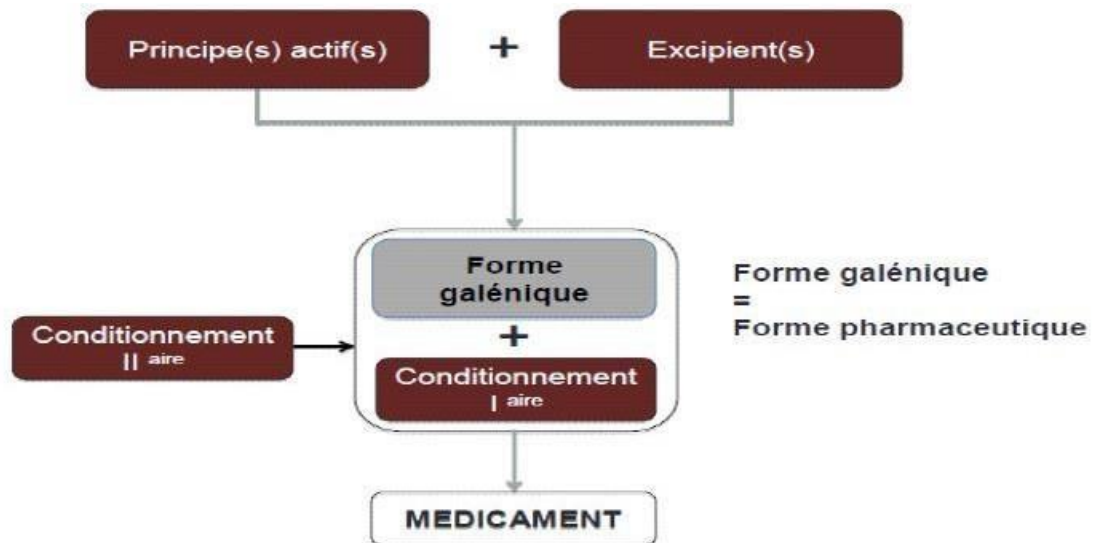


Figure 3: Composition d'un médicament [2].

4. Cycle de vie du médicament :

La production des médicaments se fait par les industries pharmaceutiques après les différentes étapes de fabrication sous des formes et classes thérapeutiques différentes. Ces produits finis seront commercialisés par des pharmacies pour être consommés par des patients qui en ont besoin. La vie d'un médicament ne se termine pas à la consommation mais il sera rejeté soit directement dans l'environnement (par exemple lorsqu'il est rejeté dans les décharges sauvages et cela pour les médicaments non utilisés qui finissent dans les eaux, les sols et les sédiments...) ou indirectement lorsque le médicament est consommé par des patients et qu'il est rejeté dans des eaux usées et atteint les stations d'épuration. Et comme ces dernières ne sont pas équipées pour gérer ce type de déchets ou la décomposition n'est pas fiable à 100% par conséquent ils finissent dans les écosystèmes aquatiques. En conséquence plusieurs organismes seront exposés à la toxicité et à la bioaccumulation [3].

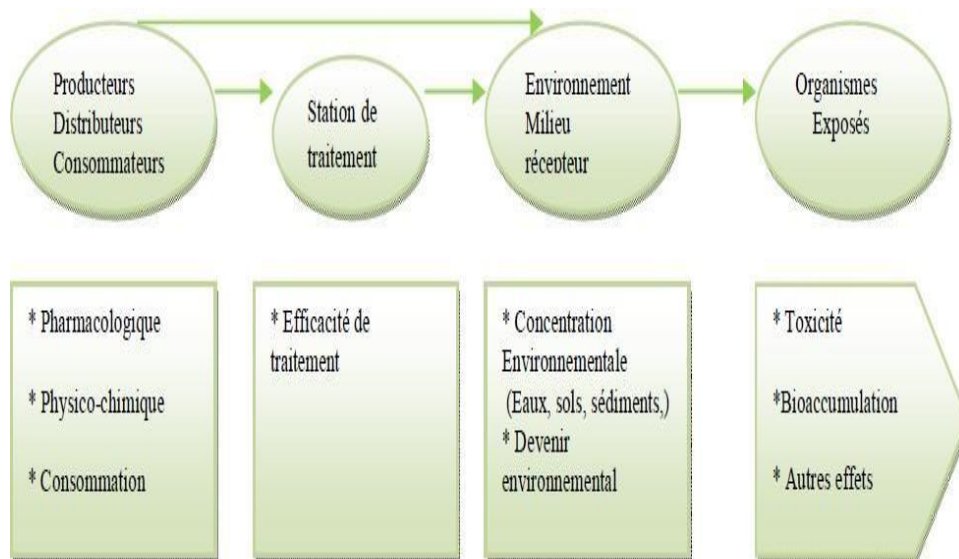


Figure 4 : Schéma illustrant le cycle de vie d'un médicament [3].

5. Médicament périmé :

- 5.1. Définition :** Un médicament est périmé lorsque sa date de péremption ou sa date limite d'utilisation est dépassée et qu'on ne peut plus utiliser car il devient toxique ou dangereux pour notre santé.
- 5.2. Date de péremption :** C'est la date à laquelle le médicament perd tout ou une partie de son activité pharmacologique. Le Principe actif se dégrade et n'a plus l'efficacité thérapeutique voulue. Le produit de dégradation est le plus souvent toxique, le médicament ne doit plus être utilisé ; il doit être détruit.
- 5.3. Médicament avarié ou défectueux :** Les médicaments sont fabriqués selon des normes bien établies qui garantissent leur qualité. S'ils sont conservés dans de mauvaises conditions, ils se détériorent avant même la date de péremption. La chaleur, la lumière et l'humidité sont les principales causes de détérioration des médicaments. Les médicaments peuvent aussi être endommagés physiquement (surtout au cours du transport) : les comprimés, les flacons, les ampoules se cassent ou s'écrasent facilement. Un produit détérioré ou avarié perd une partie voire même toute son efficacité thérapeutique [4].

6. Impacts des médicaments :

6.1. Sur l'environnement :

Une fois dans l'environnement, les médicaments sont transformés et transférés entre les différents milieux de l'environnement (eaux de surface et souterraines, sol, air). Des médicaments très liposolubles peuvent s'accumuler dans les tissus adipeux des

animaux ets'introduire ainsi dans la chaîne alimentaire.

Ces produits peuvent se dégrader soit en étant digérés et métabolisés par les organismes onprendra exemple des populations de vautours sur le sous- continent indien, par exemple, ont baissé en raison de leur empoisonnement au Diclofenac, un analgésique présent dans les carcasses dont les vautours se nourrissaient, soit dans le cadre de processus physico- chimiques dans les sols et l'eau. Certains produits dégradés peuvent être persistants mêmeaprès le traitement des eaux usées et poser problème [5].

6.2. Sur les êtres humains :

Les impacts possibles sont moins clairs pour les humains que pour l'environnement. Les niveaux des résidus dans l'eau potable ou dans les denrées alimentaires sont très faibles et considérés comme inoffensifs pour les humains, mais une exposition de

faible niveau à long terme peut se produire par ces voies, et les principales pathologies liées aux expositions par inhalation de l'air sont :

Les pathologies infectieuses : l'agent pathogène se multiplie dans l'organisme hôte.

Les pathologies d'origine immuno-allergiques : stimulation des défenses, dépressionimmunitaire et hypersensibilité.

Les pathologies d'origine inflammatoire : afflux de cellules sanguines, vasodilatation descapillaires et apport de facteurs tumoraux.

Les pathologies de mycotoxines direct et troubles généraux [5].

7. Les déchets pharmaceutiques:

Le terme « Pharmaceutique » embrasse une multitude d'ingrédients actifs et de type de préparation, allant des infusions aux métaux lourds contenant des médicaments très spécifiques. Dans ce fait, la gestion de ces déchets nécessite l'utilisation d'une

approche différenciée. Cette catégorie de déchets inclus les produits pharmaceutiques périmés ou non utilisables pour d'autres raisons (exemple : les campagnes de retrait de produits). Les déchets pharmaceutiques sont divisés en 3 classes. Leur traitement s'effectue d'une manière spécifique pour chaque classe, leur classification est la suivante :

7.1. Déchets pharmaceutiques non dangereux:

Cette classe comprend des produits pharmaceutiques tel que : des infusions de camomille ou les sirops antitussifs qui ne posent pas de danger lors de leur collecte, stockage intermédiaire et traitement. Ces déchets ne sont pas considérés comme dangereux et doivent être traités en même temps que les déchets municipaux [6].

7.2. Déchets pharmaceutiques potentiellement dangereux :

Cette classe comprend les produits pharmaceutiques qui présentent un danger potentiel lorsqu'ils sont mal utilisés par des personnes non autorisées. Ils sont considérés comme déchets dangereux et leur gestion doit se dérouler dans des unités d'élimination appropriées [6].

7.3. Déchets pharmaceutiques dangereux :

Ces déchets comprennent les éléments contenant des métaux lourds ainsi que les désinfectants contenant ces mêmes métaux qui à cause de leur composition requièrent un traitement spécial. Ils doivent être considérés comme déchets dangereux et leur gestion doit se faire dans des unités d'élimination appropriées [6].

8. Types de déchets issus des médicaments :

Les déchets se présentent comme suit :

- Matières premières servant à la fabrication des médicaments.
- Emballages primaires (blister, notices, étui, vignettes).
- Médicaments issus de protocoles d'essais thérapeutiques.
- Stupéfiants.

9. Gestion des déchets pharmaceutiques dans quelques pays d'Europe :

La majorité des pays européens comme en Suède, Norvège, Suisse, Allemagne, Belgique et Grande Bretagne suivent la même méthode de gestion des déchets pharmaceutiques. Cela consiste à renvoyer les MNU dans n'importe quelle officine ou un point de collecte désigné par la municipalité. Les médicaments sont renvoyés avec leurs conditionnements primaires et la notice suivant le schéma de la gestion des déchets ménagers, y compris les bouteilles vides et les blisters. En Italie les déchets pharmaceutiques sont retournés à la communauté des pharmaciens, sans emballages et notices. Par contre en France ils suivent la méthode de Cyclamed (le schéma de collecte français). Le Cyclamed garantit leur élimination respectueuse de l'environnement, par incinération avec récupération d'énergie.

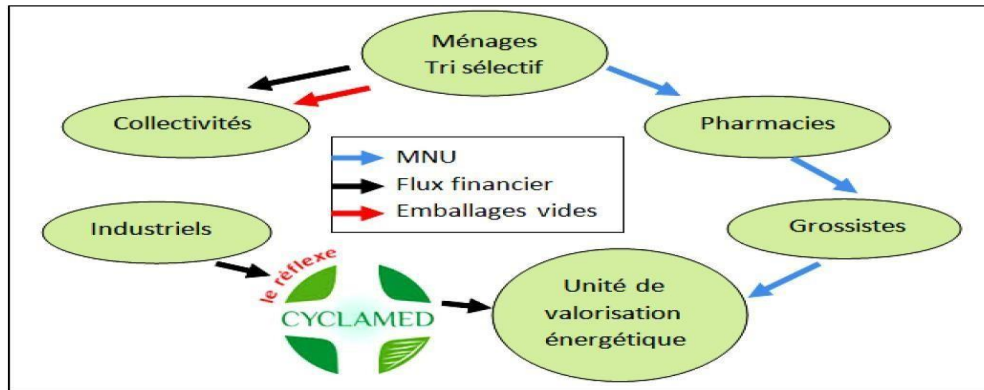


Figure 5 : Schéma de fonctionnement du réseau Cyclamed [7].

10. Transport transfrontière de déchets pharmaceutiques :

Il n'existe pas actuellement de convention internationale réglementant le transport de produits pharmaceutiques au-delà des frontières. Toutefois, les médicaments périmés ou avariés sont considérés comme déchets dangereux et, en tant que tels, sont soumis à la Convention de Bâle sur le transport transfrontière de déchets dangereux qui prescrit certaines formalités pour obtenir l'autorisation de traverser les frontières avant de pouvoir effectuer le transport. L'exécution de ces formalités peut prendre plusieurs mois.

11. Gestion des Déchets pharmaceutiques en Algérie

L'élimination des déchets pharmaceutique est devenue un problème pour les pouvoirs publics en raison des énormes quantités qui attendent d'être incinérées. En effet, entre 16 000 et 25 000 tonnes composées notamment de médicaments périmés sont stockées en attendant leur incinération. L'augmentation des quantités de médicaments périmés a pour origine l'absence de moyens d'incinération adéquats [8].

La mise en décharge et l'incinération sont les deux méthodes les plus utilisées pour l'élimination des déchets pharmaceutiques en Algérie.

1. Mise en décharge

Dans le cas de la mise en décharge, des aménagements sont faits pour prévenir la pollution des nappes aquifères par les substances chimiques. Le dépôt de médicaments non traités dans une telle décharge ne devrait être pratiqué que si le conditionnement préalable des déchets est impossible.

Lorsque des déchets non traités sont déposés dans une décharge non contrôlée et non aménagée, l'environnement local n'est pas protégé et cette solution est donc à proscrire. Le dépôt de médicaments non traités dans une telle décharge est par conséquent déconseillé sauf s'il n'existe absolument aucune autre solution. Dans ce cas, les médicaments devraient de préférence subir un traitement de conditionnement par solidification ou de neutralisation avant d'être déposés. En dernier recours, si ce conditionnement n'est pas possible, les déchets non traités doivent être rapidement recouverts d'une couche épaisse de déchets urbains pour éviter leur récupération.

2. Incinération :

C'est une méthode de traitement thermique des déchets qui consiste en une combustion et un traitement des fumées. De cette technique résultent trois catégories de résidus : mâchefers, cendres et résidus d'épuration des fumées. La chaleur générée par l'incinération fait l'objet de valorisation énergétique (production d'électricité et de chaleur) dans la plupart des unités. L'incinération consiste en une décomposition de la matière : oxydation, avec quatre types d'émissions :

- de constituant de l'air : N_2 , O_2 ...

- de gaz de combustion « classiques » : CO₂, H₂O ;
- de polluants gazeux qui peuvent être fonction de la composition du combustible : CO, NO, NO₂, SO₂, HCl, HF, métaux volatils, PCDD/F...
- des particules : suies, combustible imbrûlé, cendres volantes.

L'incinération des déchets pharmaceutiques génère plus ou moins de résidus en fonction de leur mélange ou pas avec les autres types de déchets comme les déchets ménagers, industriels ou hospitaliers.

Cette méthode est très utilisée dans la destruction des déchets pharmaceutiques car elle est définitive et produit une faible quantité de résidu solide qu'il est facile à mettre en décharge.

2.1. Type de déchets non convenables à l'incinération :

- Les emballages sous pression.
- Grande quantité en produits chimiques.
- Déchets radioactifs.
- Matières plastiques contenant des halogènes (surtout P.V.C), mercure, cadmium et ampoules contenant des métaux lourds.

2.2. Paramètres à respecter et conditions de combustion :

Une bonne combustion est régie par la « règle des trois T » qui définit les paramètres essentiels suivants :

- Température : Il est généralement admis que la température de combustion est de 850 °C au plus.
- Temps de séjour : Pour les solides, se sont la taille du four (diamètre, longueur) et sa vitesse de rotation qui définissent le temps de séjour,

- dépassant généralement une heure. Il est de 2 secondes dans le post combustion, c'est le temps durant lequel les gaz sont maintenus à une température élevée.
- Turbulence : Une turbulence dans la chambre de combustion est également nécessaire pour mélanger l'air et le carburant supplémentaire et la turbulence est recommandée avec un nombre de Reynolds à plus de 10.000 [9]. La turbulence permet le mélange intime des combustibles et de l'air comburant, tout en évitant les imbrûlés.

La réglementation impose que les gaz de combustion soient portés à au moins 6% d'oxygène. Ces gaz ne doivent pas contenir plus de 100 mg /N m³ de monoxyde de carbone (CO). Les mâchefers en sortie de four ne doivent pas receler plus de 5% d'imbrûlés.

II. Présentation de groupe SAIDAL:

Le groupe SAIDAL détient le monopole dans le domaine de la production pharmaceutique en Algérie. Il a pour but de développer, produire et commercialiser les produits pharmaceutiques à usage humain. Le groupe possède six unités de production qui sont localisées à :

1-Annaba : l'unité est spécialisée dans la fabrication des médicaments de forme sèche.

2-Constantine : il existe deux unités : la première unité produit des sirops et la deuxième unité produit l'insuline humaine avec trois types d'action : rapide (Rapide), lente (Basal) et intermédiaire.

3-Dar El Beida : où se trouve la direction générale. Située dans la zone industrielle d'Alger, cette unité produit une large gamme de médicaments sous plusieurs formes galéniques (sirop, comprimé et pommade).

4-Médéa.

5-Cherchell.

6- Zemirli (El Harrach)

Le groupe Saidal détient aussi 3 centres de distribution et deux laboratoires de contrôle et de recherche localisés à Constantine et Alger. Les centres de distribution sont localisés à :

Blida : qui assure la commercialisation des produits finis dans le centre de l'Algérie.

Batna : qui vise la commercialisation des produits dans l'est et le sud-est.

Oran : qui vise la commercialisation des produits dans les régions de l'ouest et du sud-ouest.



Figure 6 : Localisation du groupe SAIDAL [10].

Notre stage d'une semaine a été effectué au niveau de l'unité PHARMAL de Annaba

III. Description de l'unité :

- L'unité PHARMAL de Annaba est une unité de conditionnement et des médicaments, elle est composée de :

- Zone de réception
- Zone de stockage
- Zone de production
- Zone de contrôle de qualité
- Un service de maintenance.

Actuellement l'usine produit des médicaments qui sont : NEUROVIT-DIAPHAG et Vita c, PARALGAN, CO-PARALGAN.



Figure 7 : VITA C 500 mg.



Figure 8 : NEUROVIT.



Figure 9: CO PARALGAN 400mg.

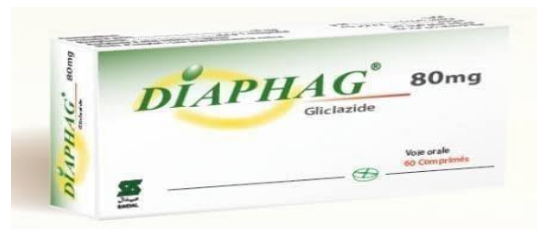


Figure 10: DIAPHAG 80mg.



Figure 11 : PARALGAN 500 mg.

Chapitre II :
Généralités sur la
gestion des déchets des
médicaments

I. Identification des différents types de déchets générés par SAIDAL Annaba :

SAIDAL comme toute industrie génère des déchets qui sont dangereux et non dangereux qu'on va énumérer ci-dessous :

1. Déchets solides non dangereux :

- Papier, carton : ces derniers sont récupérés par l'entreprise privé PAPIREC qui les trie et compacte en grosses balles ensuite les envois à l'entreprise TONIC qui réalise leur recyclage à Alger.
- Palets en bois : retournés au producteur

2. Déchets solides dangereux :

Comprimés et poudres : identifiés et incinérés à l'usine ECFERAL.

3. Circuit des déchets destinés à l'incinération par SAIDAL :

L'usine de SAIDAL génère des déchets dangereux qui doivent être détruits par incinération. Lorsque la quantité des déchets arrive à 500 kg, une collecte est effectuée pour les acheminer vers une unité d'incinération située à Alger.

Pour les produits périmés, SAIDAL est chargé de transporter les différents déchets en respectant les modalités de transport des déchets spéciaux dangereux relatif au décret exécutif n°04-409 du 14 décembre 2004.

Ce dernier se fera en fonction de sa forme galénique (capsules, poudres, solutions, ~~sirops~~ comprimés, capsules, poudres pour injection, crèmes, lotions, gels, bombes à aérosol, inhalateurs, sirops, etc...). Le tri se fait au niveau de SAIDAL.

Une fois arrivé à l'unité d'incinération, le personnel vérifie la bonne fonctionnalité de l'incinérateur et utilise le gaz ou le gasoil comme carburant en fonction de l'appareil à utiliser. L'incinération est réalisée en présence des

membres de la commission de destruction et des autorités compétentes, qui établissent un PV de destruction après quoi le représentant de l'établissement pharmaceutique procède au paiement des indemnités des participants à la destruction.

Un huissier procède à l'établissement du procès-verbal de destruction.

4. Quantité de poudre incinérée :

L'unité SAIDAL perd chaque année une quantité de poudre qu'elle fait incinérer par l'unité ECFERAL. Les quantités incinérées sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : La quantité de poudre incinère en fonction des années.

Année	Quantité de poudre incinérée en Kg
2010	659
2011	1343
2012	1158
2018	1745
2019	1624
2020	1370

Ces dernières années les quantités incinérées sont de plus en plus importantes comparé à l'année 2010 probablement à cause de l'augmentation de la demande des consommateurs. Ainsi, plus la demande des médicaments s'accroît plus leur production augmente et par conséquent plus les déchets générés par Saidal sont importants. Sur le tableau suivant sont représentés les différents types de déchets de médicaments générés par SAIDAL en 2019.

Tableau 2 : Types et quantités des déchets générés par SAIDAL de février 2019 jusqu'au 15 novembre 2019.

Déchets	Poids en kg
Grains	692 kg
Comprimés	166 kg
Blisters	83 Kg
Amidons de maïs	2 kg
Clorohydropyridoxine	2kg
TOTAL	945

II. Traitement des déchets non dangereux :

1. Recyclage du carton et papier :

La différence entre le papier et le carton se situe dans leur poids au m². On parle de papier jusqu'à 170 g/m², au-delà de ce poids, il s'agit du carton.

Dans le cas de SAIDAL, la collecte se fait 2 fois par semaine, un camion de l'usine PAPIREC qui se situe à SAINT TIER commune de Sidi Amar Wilaya d'ANNABA vient chercher les déchets en papier et carton de SAIDAL et les entrepose dans un grand hangar (figure 12). Ensuite les déchets sont triés (figure 13) et compactés grâce à une machine de compactage (figure 14). Les déchets sont ensuite transformés en grosses balles (figure 15) puis envoyés à l'entreprise TONIC localisée à Alger pour le recyclage.



Figure 12 : Hangar où sont entreposés les déchets.



Figure 13 : tris des différents déchets en papier et carton.



Figure 14 : machine à compactage.
Balles.



Figure 15 : cartons transformés en

A la papeterie TONIC, les papiers et cartons sont réduits mécaniquement en pâte avec un apport d'eau. Celle-ci est ensuite désancrée avec du savon et de l'eau oxygénée. Cette étape permet aussi d'éliminer les substances et les objets indésirables (colles, plastiques, agrafes), ainsi qu'une partie des fibres devenues trop courtes. La pâte blanchie est enrichie en additifs nécessaires et est répartie sur un tamis déroulant, pour former de longues feuilles, qui seront pressées, avant d'être enroulées.

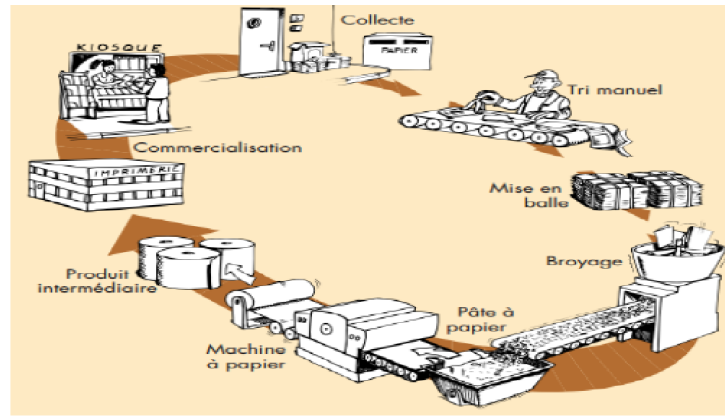


Figure 16 : Processus de recyclage du papier.

Chaque fois que l'on recycle du papier, les fibres raccourcissent et perdent de ce fait en force et en élasticité. Leur capacité à se lier entre elles diminue également. Le papier a moins de tenue et devient plus délicat. Selon le type de papier à produire, la part de pâte recyclée pourra donc être plus ou moins importante : 100% pour du carton ondulé, jusqu'à 80% pour du papier journal, alors que le papier pour les arts graphiques (blancheur maximale et fermenté optimale des fibres) en contient moins de 10% [11].

III. Traitement des déchets dangereux :

L'unité de SAIDAL à Annaba génère différents déchets dangereux (poudres, grains, comprimés, amidons de maïs...). Ces derniers sont traités par l'entreprise ECFERAL qui les fait incinérer dans deux stations. La première station est celle d'El Harrach possédant un incinérateur (Nar 5000) (figure 23). Cet incinérateur est équipé d'un laveur.

La deuxième station est située dans la localité de Si-Mustapha, Wilaya de BOUMERDES, elle dispose d'un incinérateur (Nar 3000) (figure 25) équipé d'un laveur et d'une colonne d'adsorption au charbon actif. La station de Boumerdes comporte quatre incinérateurs d'une capacité d'une (01) tonne/h. Cette station est plus équipée que celle d'El Harrach car elle fait incinérer en même temps les déchets hospitaliers.

1. Incinération des déchets dangereux :

C'est un procédé thermique qui consiste à la destruction complète du déchet et sa transformation en éléments simples et inertes sous l'action d'une forte chaleur (entre 850°C et 1000°C) et de l'oxygène de l'air.

Elle se différencie selon qu'il y ait ou non, lors de la combustion, récupération d'énergie. Elle doit être assortie d'un traitement performant des fumées. L'incinération permet une réduction de 70 % de la masse des déchets entrants et de 90 % du volume [12]. La plupart des incinérateurs sont conçues selon le même modèle, mais comporte quelques variantes dans les systèmes de filtration et/ou de dépollution. La figure ci-dessous présente les différentes parties d'un incinérateur moderne équipé de plusieurs étages de dépollution des effluents gazeux [13].

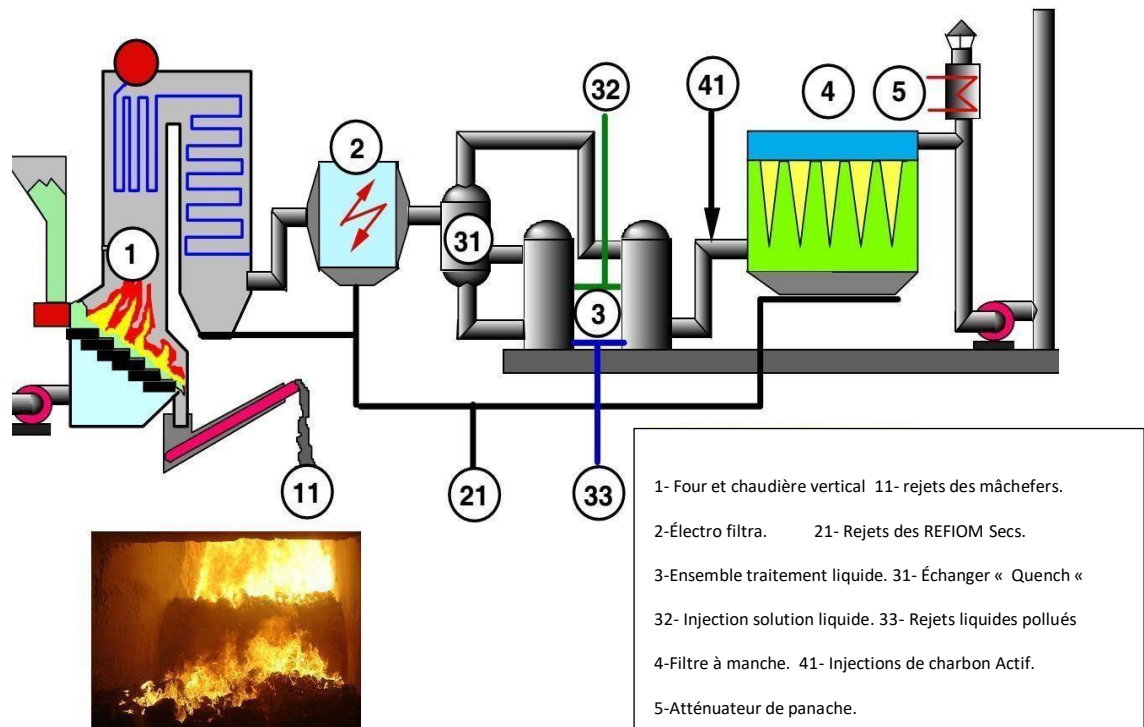


Figure 17: Schéma de fonctionnement d'un incinérateur : utilisation d'électrofiltres et d'untraitement des fumées par voie humide.

2. Les incinérateurs d'ECFERAL :

Les incinérateurs type NAR sont des fours horizontaux statiques à sol fixe constitués d'une enveloppe métallique avec un traitement de surface (peinture antirouille) et finition en peinture résistante aux hautes températures. Afin de réduire les pertes calorifiques vers l'extérieur, un renforcement constitué d'un revêtement réfractaire est mis en interne [14].



Figure 18 : Incinérateur-NAR 5000



Figure 19 : Incinérateur-Nar 1500



Figure 20 : Incinérateur Nar 2000

3. Description des incinérateurs d'ECFERAL :

La gamme de fabrication est composée de plusieurs modèles standards, leurs capacités de traitement varient entre 30 à 250 kg/h. Chaque modèle comporte les compartiments ci-dessous :

- Une chambre de combustion principale équipée d'un brûleur à gaz naturel ou fuel domestique (pour le NAR 5000, la chambre de combustion est équipée de deux brûleurs), qui sert à enflammer les déchets, assurer la combustion et maintenir la température du foyer (850°C - 1200°C). Ce

dernier est piloté par un régulateur électronique qui contrôle la température transmise par la sonde placée au niveau du foyer.

La chambre de combustion est aussi dotée d'une porte d'enfournement et une trappe inférieure pour collecter les résidus d'incinération (les mâchefers).

- Une chambre de post combustion qui a pour but l'élimination des imbrûlés et les odeurs contenues dans les fumées. Cette dernière est équipée d'un brûleur à gaz naturel ou fuel domestique. Ce brûleur, de conception identique à celui du foyer est piloté par un régulateur électronique qui contrôle la température transmise par la sonde placée au niveau de la chambre de post combustion. Cette chambre est aussi dotée d'une trappe de visite et ce, pour assurer le nettoyage [14].

Après incinération des déchets pharmaceutiques, on contrôle les rejets liquides, solides, gazeux en procédant à des analyses.

Tableau 3 : Spécifications techniques des incinérateurs d'ECFERAL [25].

	Puissance postcombusti (Kcal/h)	Capacité destruction (Kg/h)	PCI mo (Kcal /k	Puissance combustion (Kcal /h)	Longueur (sans brul mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Poids vide (kg)
NAR 1500	140000	30 -60	3500	140000	2000	1060	1400	3500
NAR 2000	140000	50-80	3500	140000	2500	1060	1400	4200
NAR 2500	140000	100-130	3500	140000	1500	1200	3000	3000
NAR 5000	340000	150-250	4500	2× 340000	3793	2030	7833	14000

Tableau 4 : Paramètres d'incinération.

	NAR 5000	NAR 3000
Déchets incinérés	Médicaments périmés	Hospitaliers (DASRI)
T de combustion	950°C	1100°C
Capacité Max (Kg/ h)	187	256

3.1. Description du four NAR 5000:

Le four Nar 5000 est horizontal, il est constitué d'une enveloppe métallique renforcée par un revêtement interne de 150 mm qui a pour but de réduire les pertes calorifiques à l'extérieur. Cet incinérateur comporte :

- Une partie centrale qui se compose d'une chambre de combustion principale équipée de deux brûleurs disposés latéralement inclinés vers le bas, d'un premier ventilateur assurant l'apport en air primaire dans le foyer, à travers des buses d'insufflation, situées au ras de la génératrice intérieure.
- Une chambre de post combustion équipée d'un brûleur et d'un ventilateur d'appoint, assurant l'apport de l'air secondaire qui est réparti uniformément par une série de tubulures d'insufflation disposées en surplomb dans l'enceinte de post combustion. Cette dernière se prolonge par une chambre verticale suivie d'une cheminée d'évacuation des fumées de même isolation thermique. L'opération de l'enfournement est effectuée soit manuellement, soit par une trémie automatique pour les déchets solides et par pulvérisation pour les déchets liquides.
- Système de traitement des fumées humides avec neutralisation des gaz acides (HCl, HF et SO₂). La capacité de destruction varie entre 150 à 250 kg/h.
- Les eaux de purge sont traitées, par un système de décantation et réinjectées dans le circuit de lavage des gaz de combustion.



Figure 21 : Le four NAR 5000



Figure 22 : L'entrée du four

Les capacités maximales de destruction de l'incinérateur NAR 5000 sont regroupées dans le tableau 9 [15].

Tableau 5 : Capacités maximales de destruction de l'incinérateur NAR 5000 [15]

Déchets	Siccité	MO / MS	PCI MO	Température D'incinération	Capacité Max
Industriels et Médicaments	%	%	Kcal/kg MO	°C	Kg /h
	77	95	5500	950	187
Hospitaliers	74	88	4500	1100	256

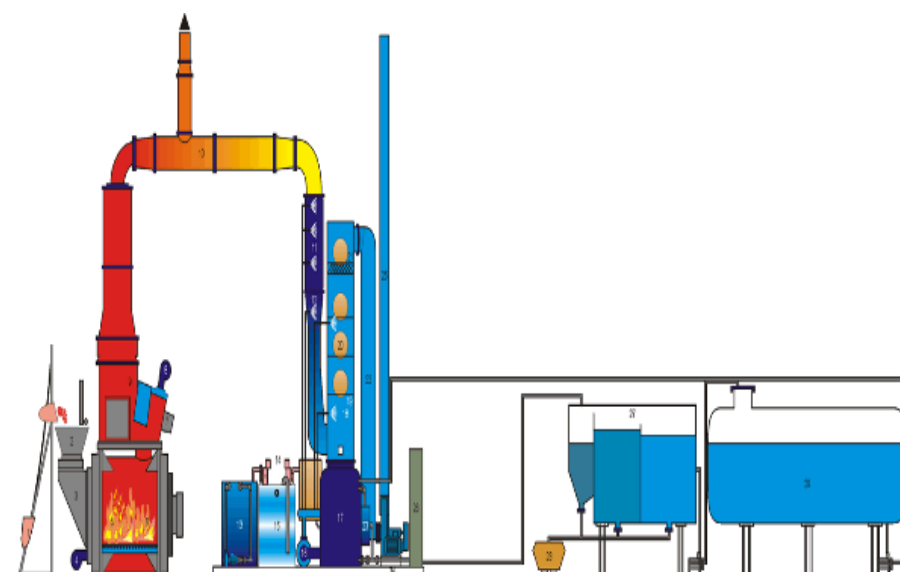


Figure 23 : Schéma de l'incinérateur de déchets industriels, le modèle Nar 5000.équipé d'un laveur.

1. Système d'enfournement
2. Ventilateur primaire
3. Brûleur de chambre de combustion

4. Chambre de combustion
5. Brûleur de chambre de postcombustion
6. Ventilateur d'air secondaire
7. Chambre de postcombustion
8. Jonction équipée d'un registre de sécurité
9. Quench
10. Venturi
11. Cuve de neutralisation des eaux de purge
12. Pompe doseuse
13. Cuve de solution aqueuse saturée de soude caustique
14. Pompe de recirculation des eaux de lavage
15. Cuve des eaux de lavage
16. Colonne à plateaux
17. Plateaux d'absorption des gaz acides
18. Porte de visite
19. Dévésiculeur
20. Gaine de liaison
21. Trop-plein
22. Chapeau chinois
23. Cheminée
24. Armoire de commande
25. Ventilateur de tirage
26. Fosse de collecte des eaux de purge
27. Fosse de collecte de l'eau filtrée
28. Pompe immergée
29. Décanteur des eaux de purge
30. Filtre à sable
31. Réservoir des eaux
32. Échangeur de chaleur.

3.2. Description du four NAR 3000 :

L'incinérateur de si Mustapha (Nar 3000) a été équipé d'une colonne à charbon actif, en plus du système de lavage, l'efficacité de l'adsorption sur charbon actif est généralement élevée, cette technologie a été largement

utilisée dans les usines d'incinération des pays développés et a donné d'excellents résultats dans la diminution des polluants tels que les PCDD (dioxines), HF et les BTEX. L'adsorption sur charbon actif est une technologie simple et pratique.

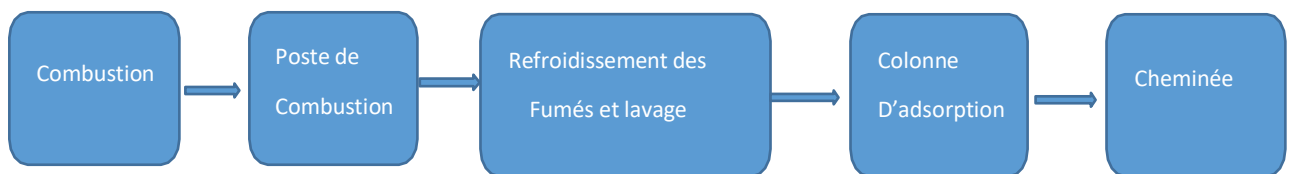


Figure 24 : Schéma illustrant les compartiments de l'incinérateur NAR 3000.

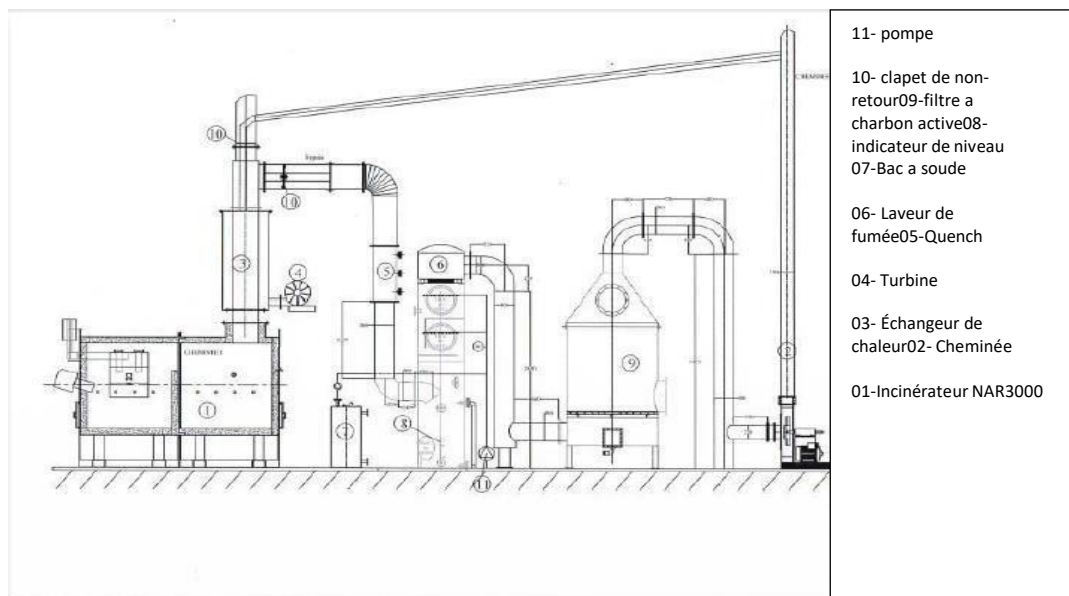


Figure 25 : Station d'incinération NAR 3000 équipée d'un laveur et d'une colonne de charbon actif.

4. Descriptif technique du système de lavage des gaz au niveau des deux incinérateurs :

a- Traitement par absorption :

Un laveur humide est installé en aval des deux types d'incinérateurs, il assure le traitement des gaz de combustion des déchets avant leur rejet à l'atmosphère. Il est ainsi exigé par les législations de ne pas dépasser les normes de rejets des gaz. Les polluants tels que le SO_2 et les NO_x par exemple ne doivent pas dépasser les valeurs limites de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement.

Le laveur des fumées permet de capter les poussières (appelées aussi cendres volantes dans le cas de l'incinération) et les gaz en phase humide par mouillage en milieu turbulent.

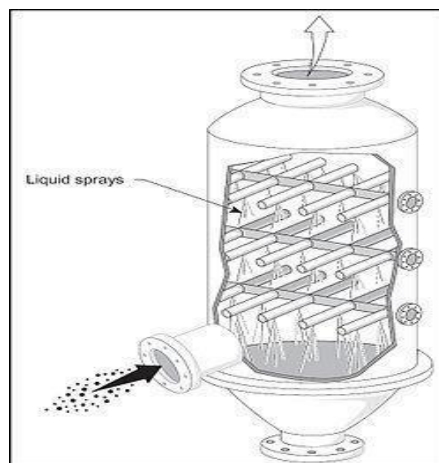
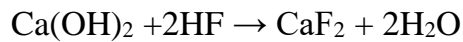
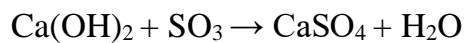
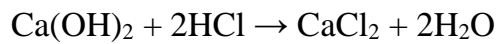
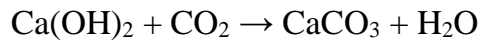


Figure 26 : Exemple d'une colonne à pulvérisation.

L'eau de lavage peut être utilisée seule ou mélangée avec un produit alcalin pour une meilleure efficacité de traitement. La solution alcaline est souvent composée de lait de chaux. L'utilisation de la soude caustique étant plus chère. Les réactions de neutralisation peuvent avoir lieu sont présentées ci-après :



La présence de CO_2 peut consommer le réactif, elle est considérée comme une réaction parasite :



Les deux incinérateurs utilisent une solution alcaline.

b- traitement par adsorption

L'incinérateur NAR 5000 utilise uniquement le lavage humide alors que le NAR 3000 utilise l'adsorption comme traitement supplémentaire au lavage. La présence des DASRI des hôpitaux (présence de déchets biologiques dangereux) produisant plus de gaz polluants impose cette précaution.

L'adsorption est un phénomène d'interface (phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide) pouvant se manifester entre un solide et un gaz, ou entre un solide et un liquide.

Le charbon actif est le plus utilisé car c'est un produit peu cher et possède de très bonnes caractéristiques physico-chimiques. Ainsi, sa surface spécifique peut aller de 600 à 1600 m^2/g et peut adsorber différents types de polluants comme les composés organiques volatils non retenus par le lavage humide. Cependant si les gaz issus de l'incinération contiennent trop de poussières que le laveur ne pourra pas enlever, elles risquent d'endommager l'adsorbeur en obstruant les pores.

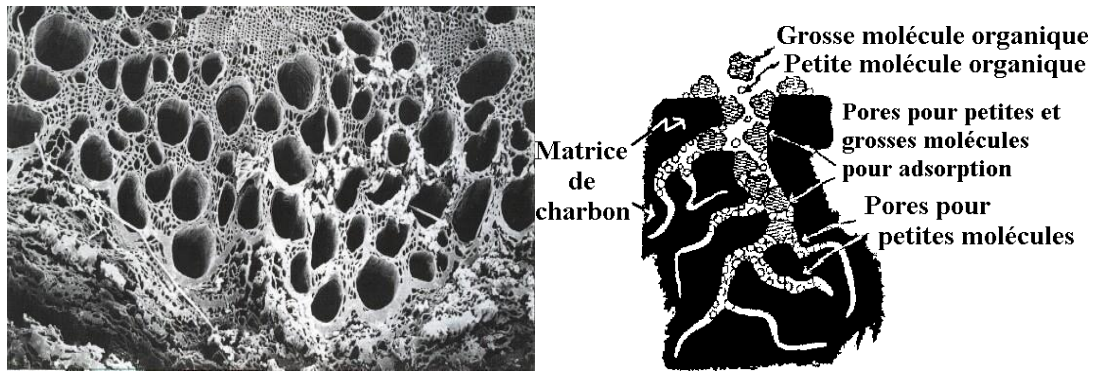


Figure 27 : Charbon actif utilisé pour l'adsorption des gaz.

5. Les résidus solides d'incinération

L'incinération des déchets génère un résidu solide appelé Mâchefer. Ce solide ressemble à des pierres de couleur grise de différentes dimensions. Dans les pays développés on procède à leur analyse en appliquant des tests de lixiviation. Si les mâchefers s'avèrent être stables, ils sont alors valorisés dans les sous couches de fondations d'ouvrages comme les routes en remplacement de ciment car ils sont composés d'agglomérat de métaux. Dans le cas contraire ils sont placés en décharge de classe II. On manque de données concernant le traitement des résidus des deux incinérateurs mais il est fort probable qu'ils soient déposés en décharges.



Figure 28 : les mâchefers récupérés après l'incinération [16]

Conclusion Générale :

« Le stage d'une semaine qu'on a effectué à Sidal avait pour but de visiter l'unité d'incinération des déchets pharmaceutiques. Au départ l'information qu'on nous a donnée était que l'unité se trouvait à Annaba. Malheureusement, après plusieurs jours de stage, l'information nous ai parvenue qu'elle se trouvait dans la région centre du pays. Il nous a été impossible de changer de sujet de stage. On a alors effectué des visites pour le centre de collecte des papiers et cartons PAPIREC et essayé de récolter un maximum de données concernant l'incinération des déchets de Sidal ».

L'entreprise Sidal sous-traite le traitement des déchets qu'elle produit par d'autres entreprises. En effet, le papier et le carton sont récupérés par une entreprise « PAPIREC » située à Annaba qui collecte les emballages et les envoie vers une autre entreprise localisée à Alger « TONIC » qui les recycle. Ce circuit est vertueux car il évite l'abattage des arbres pour fabriquer le papier et carton.

En effet, il faut 17 arbres pour fabriquer une tonne de papier vierge. De plus, recycler le papier consomme moins d'eau et d'énergie. En effet, une tonne de papier recyclé permet d'économiser 21 m³ d'eau et 1000 litres de pétrole.

L'incinération des produits périmés et autres déchets pharmaceutiques semble être la méthode la plus efficace car elle détruit définitivement ces déchets en produisant des résidus en petites quantités. Reste cependant le contrôle des post-traitements (qu'on n'a pas vu) et qui constituent généralement le point noir des procédés d'incinération.

Les déchets de Sidal sont détruits par l'entreprise ECFERAL grâce à deux types d'incinérateurs qui restent de petites tailles comparés aux unités d'incinération existant dans d'autres pays. La qualité de l'incinération et des post-traitements effectués, l'application des analyses sur les rejets mais aussi les précautions prises par les employés lors des opérations sont des critères importants que toute entreprise doit respecter afin de prévenir tout risque de contamination des personnes et de pollution de l'air.

Liste des Références :

- [1] : https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9dicament#D%C3%A9finition_officielle
- [2] : Melle Nouar Ahlem 2018 Validation analytique d'un procédé de fabrication d'une forme sèche (VITA-C® 500mg) p 25
- [3] : Ecole des mines d'Alés, 2016
- [4] : guide de destruction des médicaments périmé ou avarié page 2
- [5] : <https://www.greenfacts.org/fr/produits-pharmaceutiques/environnement/index.htm>
- [6] : Manuel Organisation Mondiale de la Santé Programme des Nations Unies pour l'Environnement / SCB
- [7] : Cyclamed.fr, 2016.
- [8] : MEMOIRE 2016 DE BEN SAID FAIZA ET DJOUADI AGHILAS
Thème Gestion des déchets médicamenteux de la commune de Tizi-Ouzou :
Enquête auprès des ménages et des officines. P35
- [9] : G. McKay dioxine caractérisation, la formation et la minimisation des déchets solides municipaux au cours (MSW) incinération: examen.Chem Eng J; 86: 343-68. (2002).
- [10] : Article. L .5111-1 du code de santé publique.
- [11] : mémoire de Melle LOUCIF Imane 2016 Etude de la valorisation des déchets en papiers et cartons au sein de Tonic Industrie (Approche économique, sociale et écologique) p 16 et 17
- [12] : E.D. Enger, B.F. Smith, Environmental Science: a Study of Interrelationships, McGraw-Hill,(2000).
- [13] : Abad E, Adrados MA, Caixach J, Rivera J. Dioxin abatement strategies and mass balance at a municipal waste management plant. Environ Sci Technol;36:92-9. (2002).
- [14] <http://www.ecferal.com/produit/nar.html>

[15] : thèse de doctorat Mme *AIT AHSENE Fetta (épse AISSAT)* 2016 thème
ETUDE DES COMPOSES TOXIQUES ISSUS DE L'INCINERATION DES
MEDICAMENTS PERIMES ETDES DASRI page 23 et 25

[16] : Document de référence sur les meilleures techniques disponibles
Incineration des déchets Août 2006.