

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

التعليم العالمي و البحث العلمي وزارة

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة احمد بوقره بومرداس



Faculté des Sciences de L'Ingénieur

Mémoire fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme MASTER en :

Filière : Génie de Procédé

Option : Génie de l'environnement

Thème

Caractéristiques des rejets gazeux et solides issus de l'incinération des déchets pharmaceutiques

Présenté par :

Mlle BOUKARI Naima

Mlle BOUCHAREB Nawel

Encadreur : GUENANE. F

Soutenu le : 17 Juin 2017, devant le jury composé de :

Mr MESSAOUD BOURAGHDA.M.E

MCA President

Mr. AKSAS. H

MCA Examineur

M^{me} OUSLIMANI. N

MCA Examinatrice

Mr HACHEMI. M

Pr Promoteur

Année universitaire 2016-2017



REMERCIEMENT

Tout d'abord on remercie DIEU le tout les puissants qui nous a donné, le courage et l'ambition pour réaliser ce travail modeste travail de Master en génie de l'environnement

On remercie notre encadreur de son aide et ses encouragements durant la réalisation de notre travail. Il nous a orientés vers le succès avec ses connaissances en partageant nos idées et sans oublier ses encouragements tout au long de notre épreuve, et sa présence à tout moment : M^{ell} GUENANE Feriel

Nous exprimons nos gratitude et nos reconnaissances au Dr HACHEMI M, pour l'intérêt qu'il a porté à notre formation et d'avoir accepté de nous aider

Nous remercions tous les membres de jury, d'accepter de juger notre travail.

Nous désirons aussi, exprimer nos profonds remerciements à directeur de ECFERAL , et les personnel de l'unité de traitement

Sans oublier Tous les enseignants du département de génie de l'environnement

Dédicaces

A ma très chère mère O.U.A.H.B.A,

Honorable, aimable : vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Votre prière et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous es sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Vous avez fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher Père S.A.D.E.K

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes frères : Ahmed, Mohammed, Farid, Amar, Djamel, Mahrez

A mes sœurs : Fatma Zohra, Souad, Nasira, Fadhela .

Aux enfants de mes sœurs, qui sont : Meriem, Fatma, Hiba.

Et je n'oublie pas l'aide du G.A.R.N.F.N.O.U.C.H.E

Abtisam, ma belle sœur.

A mes camarades, spécialement B.O.U.R.K.A.R.I

Naima et la promo de Génie de l'environnement

2^{me} années Master

B.O.U.C.H.A.R.E.B Nawel



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

**- Ma mère, que je lui souhaite la
santé et la longévité**

**- Mon père sur son soutien continu
jusqu'à sa mort la miséricorde de die**

**- mon dicteur du mémoire pour son
abnégation**

-Tous mes proches de prés ou de loi.

**-Tous les enseignants de mon cursus
scolaire.**

Tous mes amis.

BOUKARI Naima

ملخص:

إن النمو السكاني و التنمية الصناعية اضافة الى التطور التكنولوجي أدى الى زيادة انتاج مختلف النفايات التي تشكل تهديد وخطورة على الانسان والبيئة. و من بين هذه النفايات نجد النفايات الصيدلانية بمختلف انواعها. توجد العديد من العمليات لتخلص من هذه النفايات لكن اخترنا في موضوعنا عملية الحرق، كما تكمن مهمتنا في حماية البيئة عن طريق الحد من هذه الانبعاثات بتحليل هذه الغازات علي مستوي وحدة المعالجة إكفيرال . كما نقوم بتحليل مخلفات الحرق (الرماد)

كلمات مفتاحية : النفايات الصيدلانية ,معالجة النفايات ,الغازات السامة ,الأدخنة ,مخلفات الحرق

Résumé :

La croissance démographique, le développement industriel et le développement de la technologie une augmentation de la production des différents types de déchets responsables d'une menace sérieuse pour l'homme et l'environnement. Parmi ces déchets, nous retrouvons les déchets pharmaceutiques.

Il existe plusieurs voies d'élimination des déchets, mais dans notre travail, nous avons opté pour l'incinération. Elle est avantageuse car elle permet la réduction du volume des déchets pharmaceutique, néanmoins elle s'accompagne toujours d'émissions de fumée et des gaz toxiques. Notre travail vise à protéger l'environnement par la réduction ou l'élimination de ces émissions. Nous avons analysé ces gaz après le traitement au niveau de l'unité ECFFERAL. Nous avons également analysé les cendres et les mâchefers.

Mots clés : déchet pharmaceutique, traitement des déchets, gaz toxiques, fumées, mâchefers.

Abstract

Population growth, industrial development and technology development an increase in the production of different types of waste responsible for a serious threat to man and the environment. Among these wastes are pharmaceutical waste.

There are several ways of disposing of waste, but in our work we have opted for incineration. It is advantageous because it allows the reduction of the volume of pharmaceutical waste, but it is always accompanied by emissions of smoke and toxic gases. Our job is to protect the environment by reducing or eliminating these emissions. We analyzed these gases after treatment at the ECFFERAL unit. We also analyzed the ash and bottom ash.

Key-words: pharmaceutical waste, waste treatment, toxic gases, smoke, bottom ash.

SOMMAIRE

sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures et photo

Liste des tableaux

Introduction générale : Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

I.1	Définition de déchet	Erreur ! Signet non défini.
I.2	Origine des déchets	Erreur ! Signet non défini.
I.3	Classification des déchets	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1	Selon l'origine des déchets	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1.1	Les déchets urbains	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1.2	Les déchets ménagers et assimilés	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1.3	Les déchets encombrants	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1.4	Déchets hospitaliers	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1.5	Déchets industriels :.....	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1.6	Déchets agricoles	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2	Selon leur nature	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2.1	Les déchets solides	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2.2	Les déchets liquides	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2.3	Les déchets gazeux	Erreur ! Signet non défini.
I.3.3	Selon le mode de traitement et d'élimination	Erreur ! Signet non défini.
I.3.3.1	Les déchets banals	Erreur ! Signet non défini.
I.3.3.2	Les déchets dangereux	Erreur ! Signet non défini.
I.3.4	Selon le comportement et les effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
I.3.4.1	Les déchets inertes	Erreur ! Signet non défini.
I.3.4.2	Les déchets fermentescibles	Erreur ! Signet non défini.
I.3.4.3	Les déchets toxiques	Erreur ! Signet non défini.
I.3.4.4	Les déchets radioactifs	Erreur ! Signet non défini.
I.4	Les déchets pharmaceutiques	Erreur ! Signet non défini.
I.4.1	Définition déchets pharmaceutique(DP)	Erreur ! Signet non défini.
I.4.2	La réglementation	Erreur ! Signet non défini.
I.4.3.1	Les types des déchets pharmaceutiques	Erreur ! Signet non défini.
I.4.3.1	Déchets pharmaceutiques non dangereux	Erreur ! Signet non défini.
I.4.3.2	Les déchets pharmaceutiques potentiellement dangereux	Erreur ! Signet non défini.
I.4.3.3	Les déchets pharmaceutiques dangereux	Erreur ! Signet non défini.
I.4.3.4	Les déchets pharmaceutiques cytotoxiques	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4	Les formes pharmaceutiques	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4.1	Les comprimés	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4.2	Les gélules	11
I.4.4.3	Les sirops	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4.4	Les suspensions	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4.5	Les pommades	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4.6	Les collyres	Erreur ! Signet non défini.
I.4.4.7	Les préparations injectables	Erreur ! Signet non défini.
I.4.5	Les catégories des déchets pharmaceutiques	Erreur ! Signet non défini.
I.4.6	Les risques associés aux déchets pharmaceutiques	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

- I.4.6.1 Les risques pour le personnel Erreur ! Signet non défini.
- I.4.6.2 Les risques pour l'environnement Erreur ! Signet non défini.
- I.4.6.3 Risques associés aux déchets cytotoxiques Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

- II Les méthodes d'élimination Erreur ! Signet non défini.
- II.1 Renvoi ou retour au donateur ou au fabricant Erreur ! Signet non défini.
- II.2 Mise en décharges Erreur ! Signet non défini.
- II.2.1 Décharges ouvertes non aménagées mais autorisées où l'environnement local n'est pas protégé Erreur ! Signet non défini.
- II.2.2 Décharges aménagées Erreur ! Signet non défini.
- II.2.3 Centres d'enfouissement ou décharges contrôlées et aménagées ... Erreur ! Signet non défini.
- II.3 Conditionnement Erreur ! Signet non défini.
- II.3.1 Solidification Erreur ! Signet non défini.
- II.3.2 Neutralisation physique Erreur ! Signet non défini.
- II.4 Ecoulement ou déversement Erreur ! Signet non défini.
- II.5 Broyage ou concassage Erreur ! Signet non défini.
- II.6 Incinération Erreur ! Signet non défini.
- II.6.1 Les types d'incinérations Erreur ! Signet non défini.
- II.6.1.1 Brûlage en enceinte ouverte ou incinération à basse température ($\leq 400^{\circ}\text{C}$) Erreur ! Signet non défini.
- II.6.1.2 Incinération à moyenne température (800°C à 1000°C) Erreur ! Signet non défini.
- II.6.1.3 Incinération à haute température ($> 1000^{\circ}\text{C}$) Erreur ! Signet non défini.
- II.6.2 Caractéristiques d'incinération Erreur ! Signet non défini.
- II.6.3 Condition de combustion Erreur ! Signet non défini.
- II.6.3.1 Détermination du pouvoir calorifique Erreur ! Signet non défini.
- II.6.3.2 Température de combustion Erreur ! Signet non défini.
- II.6.3.3 Temps de séjour Erreur ! Signet non défini.
- II.6.3.4 Turbulence Erreur ! Signet non défini.
- II.6.4 Type d'incinérateurs Erreur ! Signet non défini.
- II.6.4.1 Les fours rotatifs Erreur ! Signet non défini.
- II.6.4.2 Les fours à lit fluidisé Erreur ! Signet non défini.
- II.6.4.3 Les fours à grilles 25
- II.6.4.4 Les fours à soles ou à gradins 26
- II.6.4.5 Les fours statiques à sole fixe Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

- III Les polluants issus de l'incinération Erreur ! Signet non défini.
- III.1 Polluants gazeux et particulaire émis de l'incinération Erreur ! Signet non défini.
- III.1.1 Monoxyde de Carbone (CO) Erreur ! Signet non défini.
- III.1.1.1 Mécanisme de formation du CO Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

III.1.1.2 Effets sur l'environnement et la santé :	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.2.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.2.2 Effets sur environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2 Dioxyde de carbone CO ₂	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2.1 Mécanisme de formation du CO ₂	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2.2.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2.2.2 Effets sur environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3 D'oxyde d'azote (NO _x)	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3.1 Mécanisme de formation des NO _x	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3.1.1 Formation du NO	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3.1.2 Formation du NO ₂	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3.2 Les effets sur l'environnement et la santé	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3.2.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3.2.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.4 Dioxyde de soufre (SO ₂)	Erreur ! Signet non défini.
III.1.4.1 Mécanismes de formation	Erreur ! Signet non défini.
III.1.4.2 Effets sur l'environnement et la santé	Erreur ! Signet non défini.
III.1.4.2.1 Effet sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.4.2.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5 Métaux lourds	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.1 Mécanisme de formation	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2 Effet sur l'environnement et la santé	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.1 Mercure	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.1.1 Effet sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.1.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.2 Cadmium	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.2.1 Effet sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.2.2 Effet sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.3 Plomb	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.3.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.3.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.4 Nickel	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.4.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.4.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.5 Arsenic	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.5.1 Effet sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5.2.5.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6 Chlorure d'hydrogène (HCl)	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.1 Mécanisme de formation	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.1.1 Formation d'HCl à partir des chlorures minéraux	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.2 Effets sur l'environnement et la santé	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.2.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.2.2 Effet sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.2
III.1.7 Fluorure d'hydrogène (HF)	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.1 Mécanisme de formation	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.2 Effets sur l'environnement et la santé	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.2.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.2.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.8 Dioxines et furanes	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

III.1.8.1 Mécanisme de formation	Erreur ! Signet non défini.
III.1.8.2 Effet sur l'environnement et la santé.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.8.2.1 Effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.8.2.2 Effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.
III.1.9 Poussière	Erreur ! Signet non défini.
III.1.9.1 Mécanismes de formation des poussières	Erreur ! Signet non défini.
III.1.9.2 Effet sur l'environnement et la santé	Erreur ! Signet non défini.
III.1.9.2.1 Les effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.1.9.2.2 Les effets sur l'environnement.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2 Les résidus solides	Erreur ! Signet non défini.
III.2.1 Cendres	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2 Mâchefers	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3.1 Effets sur l'environnement et santé	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3.2 Les effets sur l'homme	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3.2 Les effets sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE IV: METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

1^{ème} partie : méthodologie

IV.1.1 Description du four NAR 5000	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1.1 Capacité physique du foyer	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1.2 Limitation thermique du foyer	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1.3 Post combustion	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1.4 Fonctionnalité	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2 Descriptif technique du système de lavage et de neutralisation des eaux de purge	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2.1 Caractéristiques techniques	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3 Procédure de traitement des déchets pharmaceutiques périmés par ECFERAL	Erreur ! Signet non défini.5
IV.1.4 Prélèvement d'échantillonnage	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.1 Prélèvement isocinétique des poussières	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.2 Caractérisation des mesures par Horiba PG-250	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.2.1 L'analyseur multi-gaz Horiba PG-250	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.2.2 Calibration de l'analyseur	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.2.3 Analyse in-situ des gaz	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.2.4 Conditionnement des gaz	59
IV.1.5 Le niton XRF	59
IV.1.5.1 Domaine d'utilisation	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.5.2 Application	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.5.3 Principe de la technique	Erreur ! Signet non défini.

2^{ème} PARTIE : LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.2.1	Calcul de la masse des poussières	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2	Application numérique	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.1	Masse de particules.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.2	Volume mesuré	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.3	Concentration des poussières dans les conditions normales	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.4	Comparaison à la valeur limite de poussières fixée : journal officiel (J.O) N°24	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.5	Campagnes d'analyse des rejets gazeux	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.5.1	Résultats d'analyses	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.5.2	Campagne d'analyse des produits pharmaceutique liquides	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.5.3	Enregistrements des Evolutions temporelles des températures chambre et la post-combustion	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.6	Résulta de l'analyse de résidus solides	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.6.1	Préparation de l'échantillon à analyser	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2.6.2	Etude des métaux lourds associés aux cendres	Erreur ! Signet non défini.
	Conclusion générale	Erreur ! Signet non défini.
	Bibliographique	Erreur ! Signet non défini.
	ANNEXE	

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Désignations
CFC :	ChloroFluoroCarbone
CO :	MonOxyde de Carbone
CO₂ :	DiOxyde de Carbone
COV :	Composés Organique Volatils
DBM :	Déchet BioMédicaux
DI :	Déchet Industriel
DP :	Déchet Pharmaceutique
FFOM :	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
Hcl :	Chlorure d'Hydrogène
H₃CO :	CarbOxyHémoglobine
HF :	Fluorure d'Hydrogène
HNO₂ :	Acide Nitrique
HNO₃ :	Acide Nitrique
HSO₃ :	Acide Sulfureux
HSO₄ :	Acide Sulfurique
NOX :	D'Oxyde d'Azote
OM :	Ordure Ménagère
PCB :	PolyChloroBiphényles
PCDB :	PolyChloro-Dihydroxy-Biphényles
PCDD :	DibenzoparaDioxinesPolyChlorées
PCDF :	DibenzoFuranesPolyChlorés
PCDPE :	PolyChloro-DiPhényl-Ethers
PCI :	Pouvoir Calorifique Inférieur
PCPP :	PolyChloroPhénoxyPhénols
PRG :	Pouvoir de Réchauffement Global
PVC :	PolyChlorure de Vinyle
Q :	Débet
SMOG :	SMog + FOG
SNAPO :	Syndicat National Algérien des Pharmaciens d'Officine
SO₂ :	Anhydride Sulfureux
T :	Temps
V :	Volume.

LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS

Liste des figures

Figure II.1 : Les fours rotatifs.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II.2 : Le four à lit fluidisé	Erreur ! Signet non défini.
Figure II.3 : Les fours à grilles.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II.4 : Les fours à soles ou à gradins	Erreur ! Signet non défini.
Figure II.5: Les fours statiques à sole fixe	Erreur ! Signet non défini.
Figure III.01: mécanisme de formation du NO « combustible »	Erreur ! Signet non défini.
Figure IV.1.01 : station des déchets spéciaux	Erreur ! Signet non défini.
Figure IV.1.02 et Photo IV.1.01: Station d'Incinération	Erreur ! Signet non défini.
Figure IV.1.03 : Schéma de l'échantillonneur iso-cinétique de poussière (Clean Air Europe).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure IV.1.04 : Horiba PG-250.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure IV.2.01: Histogramme mesurée la masse de poussière de chaque produit.....	66
Figure IV.2.02 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité.....	68
Figure IV.2.03 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité.....	69
Figure IV.2.04: Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité.....	70
Figure IV.2.05 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité.....	72
Figure IV.2.06 : analyseur des produits pharmaceutiques liquides	73
Figure IV.2.07 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité.....	74
Figure IV.2.08 : Histogramme des Concentrations moyenne journalières des rejets Gazeux	75
Figure IV.2.09 : enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé Novoformine	76
Figure IV.2.10 : enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé NOBAC :	76
Figure IV.2.11 : enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé VICTOZ	77
Figure IV.2.12: enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé KLAVOX :	77
Figure IV.2.13: enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé SARGENOR	78

Liste des photos

Photo IV.1.01 et Figure IV.1.02 : Station d'Incinération	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.1.02 : prélèvement isocinétique des poussières.....	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.1.03 : NITON XRF ANALYSER.....	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.01 :Boite de filtre.....	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.02 : Produit pharmaceutique périmé : Novoformine	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.03 : Produit pharmaceutique périmé : Sargenor	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS

Photo IV.2.04: Filtre vide	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.05 :Filtre chargée-novoformine	63
Photo IV.2.06 :Filtre chargée Sargenor	63
Photo IV.2.07: Produit pharmaceutique périmé : klavox	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.08: Produit pharmaceutique périmé : Victoza.....	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.09: Produit pharmaceutique périmé : NOBAC	Erreur ! Signet non défini.
Photo IV.2.10 :Filtre chargée : Klavox.....	64
Photo IV.2.11 :Filtre chargée: Victoza	64
Photo IV.2.12 :Filtre chargée: NOBAC	64
Photos IV.2.13 : Etuve.....	79
Photos IV.2.14 : Porcelaine.....	79
Photos IV.2.15 : Tamiseur	79
Photos IV.2.16: Echantillon (cendre).....	79
Photos IV.2.17: Porte Echantillon	79
Photos IV.2.18 : Produit net Novoformine.....	80
Photos IV.2.19 : Cendre de Novoformine	80
Photos IV.2.20 : Produit net Sargenor	80
Photos IV.2.21 : Cendre de Sargenor	80
Photos IV.2.22 : Produit net KLA VOX.....	80
Photos IV.2.23 : Cendre de Klavox.....	80
Photos IV.2.24 : Produit net VICTOZA	81
Photos IV.2.25 : Cendre de VICTOZA	81
Photos IV.2.26 : Produit net NOBAC.....	81
Photos IV.2.27 : Cendre de NOBAC	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1: les avantages et les inconvénients de l'incinération à basse température (< 400°C)	19
Tableau II.2: les avantages et les inconvénients de l'incinération à température moyenne (800-1000°C)	20
Tableau II.3 : les avantages et les inconvénients de l'incinération à haute température (>1000°C)	21
Tableau III.01: effet du CO en fonction de la concentration(%) de carboxyhémoglobine dans le sang	29
Tableau III.02 : effet du CO en fonction de la concentration dans l'air en mg/m³	30
Tableau III.03 : Toxicité aigue du CO₂ sur l'homme en fonction de la concentration dans l'air du CO₂	31
Tableau III.04 : Toxicité chronique du CO₂ sur l'homme en fonction de la concentration dans l'air du CO₂]	32
Tableau III.05: effet du HCl sur l'homme en fonction de la concentration dans l'air ...	42
Tableau IV.1.01 : Capacités maximales de destruction de l'incinérateur NAR 5000.....	51
Tableau IV.2.01: les masses de particules	63
Tableau IV.2.02 : les volumes mesurés.....	65
Tableau IV.2.03 : les concentrations des poussières dans les conditions normales.....	65
Tableau IV.2.04: la quantité des polluants issus de combustion de Novoformine	67
Tableau IV.2.05 : la quantité des polluants issus de combustion de Sargenor.....	68
Tableau IV.2.06 : la quantité des polluants issus de combustion de KLAVOX.....	70
Tableau IV.2.07 : la quantité des polluants issus de combustion de VICTOZA	71
Tableau IV.2.08 : la quantité des polluants issus de combustion de NOBAC	73
Tableau IV.2.09 : Les Concentrations moyenne journalières des rejets gazeux.....	74
Tableau IV.2.10 : L'analyse la quantité des Métaux lourds en ppm par NITON XRF ..	81

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

La gestion des déchets en Algérie est devenue ces dernières années l'une des préoccupations majeures des pouvoirs publics et de la société. La diversité des déchets et les quantités générées par les ménages et les industriels font qu'il y a nécessité d'agir rapidement afin de trouver des solutions appropriées.

La quantité des médicaments périmés, avariés, invendus et stockés dans les officines privées à travers le territoire algérien est estimée à 10.000 tonnes selon les dernières déclarations de Messaoud Belambri, président du Syndicat national algérien des pharmaciens d'officine (SNAPO). Près 8.000 tonnes relevant du secteur public seraient stockées dans les dépôts en 2016. [1]

Afin de pouvoir régler définitivement ce problème des médicaments périmés qui prend des proportions alarmantes, les pouvoirs publics ont jugé utile d'autoriser le secteur privé d'installer des incinérateurs afin de procéder à l'élimination thermique des déchets et de réduire les volumes des médicaments périmés.

En 2011 l'entreprise d'incinération ECFERAL a été autorisée par le MATE (Autorisation N°08/11) pour l'incinération de divers déchets (déchets hospitaliers, périmés pharmaceutiques et parapharmaceutique, produits avariés,...etc.). A cet effet plusieurs stations équipées de systèmes de traitement de fumées et de neutralisation des eaux de purge ont été installées au niveau de son site situé à SI-MUSTAPHA et ce pour répondre au besoin national en matière d'incinération des déchets industriels Spéciaux et Spéciaux Dangereux.

Notre étude s'intéresse principalement à l'analyse des rejets gazeux et rejets solides issus de l'incinération de diverses formes galéniques des produits pharmaceutiques périmés

INTRODUCTION GENERALE

Pour cela nous avons analysé d'abord les rejets gazeux au niveau de la cheminée de la station d'incinération, ensuite nous avons prélevé des échantillons de rejets solides après l'incinération des produits pharmaceutiques.

Cette étude s'articule sur les chapitres suivants:

- Le premier chapitre s'appuiera sur généralités sur les déchets, les définitions de différents déchets, les origines des déchets, la classification des déchets.
- Le deuxième chapitre est consacré sur les méthodes de traitement des déchets pharmaceutiques.
- Le troisième chapitre représente les différents polluants issus de l'incinération, leurs effets sur l'environnement et la santé

Une partie pratique qui est composée :

- Méthodologie
- Résultats et discussions

Enfin le présent travail se terminera par une conclusion générale

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR LES DECHETS

I.1 Définition de déchet :

Le déchet comme un produit ou n'importe quel résidu issu du métabolisme ou d'une activité humaine : domestiques, industrielles et agricoles, quand il ne peut plus être utilisé à d'autres fins par celui qui l'a fabriqué. L'ensemble de ces résidus se présentent sous forme solide, voire liquide quand ils sont contenus dans des récipients étanches. [2]

I.2 Origine des déchets :

La production des déchets est inéluctable pour les raisons suivantes :

- **biologiques** : tout cycle de vie produit des métabolites
- **chimiques** : toute réaction chimique est régie par le principe de la conservation de la matière et dès que veut obtenir un produit à partir de deux autres on en produira un quatrième
- **technologiques** : tout procédé industriel conduit à la production de déchet
- **économiques** : les produits en une durée de vie limitée
- **écologiques** : les activités de la dépollution (eau, air) génèrent inévitablement d'autres déchets qui nécessiteront une gestion spécifique
- **accidentelles** : les inévitables dysfonctionnements des systèmes de production et de consommation sont eux aussi à l'origine de déchets. [3]

I.3 Classification des déchets :

Les déchets constituent souvent des mélanges hétérogènes dont la composition varie selon l'époque et le lieu (exemple des déchets ménagers dont la nature est différente qu'ils soient produits à la ville ou à la campagne, l'été ou l'hiver). Plusieurs classifications sont été proposées. L'une d'entre elles, basée sur le périmètre de collecte, permet de faire un tour d'horizon complet, en distinguant les origines municipales, industrielles et agricoles. Les limites de cette classification résident dans les nombreuses interférences existant entre ces différentes origines. [4]

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

I.3.1 Selon l'origine des déchets :

I.3.1.1 Les déchets urbains :

Les déchets solides urbains sont définis par l'article 2 du décret n° 84-378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement des déchets solides urbains qui sont les déchets domestiques et qui sont assimilables par la nature et le volume. Il s'agit notamment :

Des ordures ménagères industrielles ou collectives,

Des produits résultant du nettoyage tels que balayage, curage des égouts,

Des déchets encombrants, objets volumineux, ferrailles, gravats, décombres, carcasses automobiles,

- des déchets anatomiques ou infectieux provenant des hôpitaux, chimiques ou autres de soins,
- des déchets et issues d'abattoirs,
- des déchets commerciaux, emballages et autres résidus générés par les activités commerciales. [5]

I.3.1.2 Les déchets ménagers et assimilés :

Déchets ménagers et assimilés sont les déchets produits par l'activité des ménages, les commerçants, les artisans, les déchets urbains (nettoyement des rues et des marchés), les déchets verts, les déchets encombrants, mais également par les collectivités locales (boues des stations d'épuration), les entreprises et les industries lorsque ces déchets ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant : papiers, cartons, bois, verre, plastique, emballages... [6]

I.3.1.3 Les déchets encombrants :

Déchets de l'activité domestique occasionnelle des ménages, qui, en raison de leur volume ou de leur poids, ne peuvent être pris en compte par la collecte des ordures ménagères; ils comprennent notamment les équipements ménagers usagés (électroménager, vieux meubles et literie, textiles et vêtements, gros cartons, vélos), les déblais, les gravats, les déchets verts des ménages. leur remise se fait dans une déchetterie (espace aménagé, gardé et

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

clôture); oil le public peut apporter ses déchets encombrants et éventuellement d'autres déchets triés en les répartissant dans des contenants distincts en vue de valoriser et traiter (ou stocker) au mieux les matériaux qui les constituent ;

- déchets de chantier : bâtiment (bois, matières plastiques, métaux, briques, béton, tuiles) et génie civil (asphalte, revêtements routiers et matériaux d'excavation) ;
- matières usagées provenant de collecte séparées : déchets valorisables issus des ménages, de la petite industrie et de l'artisanat (vieux papier, compost, verre, textiles)
- déchets valorisables issus de l'industrie et de l'artisanat essentiellement des métaux (rebus de l'industrie des machines-outils, et électrotechnique, déchets d'aluminium), matières plastiques, pneus usagés et déchets de câbles enrobés de matière plastique. [4]

I.3.1.4 Déchets hospitaliers :

Ce sont des déchets spécifiques des activités de diagnostic médical, de suivi et de traitement préventif et curatif. Ces déchets sont classés comme des déchets dangereux, et doivent être séparés des autres déchets. Ils utilisent des emballages à usage unique avant l'enlèvement, des durées maximales d'entreposage sont imposées, le transport de ces déchets répond aux exigences imposées aux matières dangereuses (conditionnement, étiquetage, classement par risque biologique). [7]

I.3.1.5 Déchets industriels :

On range sous l'appellation générale déchets industriels (DI)" les déchets qui ne peuvent être ni admis en décharge ni ramassés avec les ordures ménagères (OM) en raison de leur toxicité .leur diversité n'a d'égale que la variété de leurs caractéristiques, puisqu'ils dépendent étroitement des produits finis et des modes de fabrication. "

Les déchets industriels se différencient des déchets des ménages par la variation plus rapide de leur composition et des quantités produites et également par la grande variation de leur caractère toxique en fonction du type d'activités. [4]

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

I.3.1.6 Déchets agricoles :

Avec une production (probablement sous-estimée) de 374 millions de tonnes de déchets par an, le secteur de l'agriculture (élevage et culture) présente la particularité de produire en grande quantité des fermentescibles et d'en réutiliser une bonne partie lui-même (épandages des fumiers par exemple). Cette valorisation en interne ne permet pas d'obtenir des chiffres précis sur le volume du gisement.

Les déchets de l'agroalimentaire représentent environ 40 millions de tonnes. Ils sont souvent comptabilisés avec les déchets industriels.

Fermentescibles pour l'essentiel, ils sont dirigés vers des filières qui leur sont souvent spécifiques.

Les éleveurs sont les plus gros producteurs avec une moyenne de 280 Mt/an. [8]

I.3.2 Selon leur nature :

La classification des déchets d'après leur nature aboutit à trois catégories essentielles. [9]

I.3.2.1 Les déchets solides :

Ils sont constitués par des débris combustibles et non combustibles tels que les papiers, cartons, bois, paille, briques, pierres et autres. [9]

I.3.2.2 Les déchets liquides :

Ces sont des eaux usées ménagères, industrielles et agricoles, ..., ils sont produit à travers les travaux de ménage, les besoin de salubrité, les activités rémunératrices comme la teinture. [9]

I.3.2.3 Les déchets gazeux :

Pour ce déchet, il y a présence de la fumée, poussière, gaz à effet de serre. [9]

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

I.3.3 Selon le mode de traitement et d'élimination :

I.3.3.1 Les déchets banals :

Cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastique, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et déchets ménagers.

Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielle (boues de peintures ou d'hydroxyde métallique, cendres d'incinération etc.). Certains déchets sont aussi dits spéciaux lorsque leur production importante sur un même site entraîne des effets préjudiciables pour le milieu naturel (mâchefers des centrales thermiques, phosphogypse, ainsi que certains déchets provenant des laboratoires universitaires et hospitaliers etc.). [4]

I.3.3.2 Les déchets dangereux :

Issus de la famille des déchets spéciaux, ils contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risques pour le milieu naturel (poussières d'aciéries, rejets organiques complexes, bains de traitement de surface contenant soit du chrome, cyanure ou une forte acidité, les matériaux souillés par les P.C.B. , les déchets de C.F.C. et mercuriels. [4]

I.3.4 Selon le comportement et les effets sur l'environnement :

I.3.4.1 Les déchets inertes :

Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante ; ne se décompose pas, ne brûle pas, et ne produit aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradable et ne détériore pas d'autres matières avec lesquelles il entre en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. [3]

I.3.4.2 Les déchets fermentescibles :

Ils sont constitués de matières organiques biodégradables: tontes de gazon, épluchures de fruits et légumes, déchets de viande, de charcuterie, les papiers et cartons, le bois non traité et les textiles naturels. Les matières plastiques, bien que se décomposant à long

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

terme, en sont exclues. On définit aussi la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM) comprenant les composés organiques biodégradables contenus dans les ordures ménagères. [10]

I.3.4.3 Les déchets toxiques :

Poisons chimiques ou radioactifs qui sont générés soit par des industries, soit par des laboratoires ou tout simplement par des particuliers qui se débarrassent avec leurs ordures de certains résidus qui devraient être récupérés séparément (ex : flacons de médicaments, seringues, piles et autres gadgets électroniques etc.) [4]

I.3.4.4 Les déchets radioactifs :

Les déchets radioactifs sont des déchets qui émettent des rayonnements radioactifs d'activités différentes.ils sont classés en fonction de leur activité radioactive et de leur période (durée de vie) :

- Déchet de très faible activité
- De faible activité
- De moyenne activité
- De haute activité

Et par rapport à leur période radioactive en :

- Durée de vie très courte (période inférieure à 100 jours)
- Courte durée de vie (période inférieure ou égale 30 ans)
- Longue durée de vie (période de vie supérieure à 30 ans) [6]

I.4 Les déchets pharmaceutiques :

I.4.1 Définition déchets pharmaceutique(DP) :

Les déchets biomédicaux (DBM) spéciaux tels que les médicaments périmés et leur emballage, restes de médicaments utilisés, médicaments non utilisés ou inutilisables.

Sont aussi considérés comme DP, les produits pharmaceutiques retirés du marché, les produits cosmétiques et d'hygiène corporelle, les produits diététiques, les réactifs de

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

laboratoire, les matières premières pour usage pharmaceutique périmées ou avariées et leurs emballages. [11]

I.4.2 La réglementation :

Décret exécutif n° 03-478 du 15 Chaoual 1424 correspondant au 9 décembre 2003 définissant les modalités de gestion des déchets d'activités de soins

La loi 10-03 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable et le décret exécutif 104-6 daté du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.

Il a également rappelé le décret exécutif 207-07 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumée, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.

Des catégories de déchets d'activités de soins et des modalités de leur pre-collecte

Art. 10. — Sont qualifiés de déchets toxiques, les déchets constitués par :

- les déchets résidus et produits périmés des produits pharmaceutiques, chimiques et de laboratoire ;
- les déchets contenant de fortes concentrations en métaux lourds ;
- les acides, les huiles usagées et les solvants.

Des prescriptions relatives au traitement et l'élimination du déchet d'activités de soins

Art. 23. — Les déchets toxiques sont traités dans les mêmes conditions que les déchets spéciaux de même nature, et ce, conformément à la réglementation en vigueur. [12]

I.4.3.1 Les types des déchets pharmaceutiques :

I.4.3.1 Déchets pharmaceutiques non dangereux :

Comprend des produits pharmaceutiques tels que des infusions de camomille ou lessivants antitussifs qui ne posent pas de danger lors de leur collecte, stockage intermédiaire et traite-

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

ment. Ces déchets ne sont pas considérés comme dangereux et doivent être traités en même temps que les déchets municipaux. [13]

I.4.3.2 Les déchets pharmaceutiques potentiellement dangereux :

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. [13]

I.4.3.3 Les déchets pharmaceutiques dangereux :

Déchets pharmaceutiques 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. [13]

I.4.3.4 Les déchets pharmaceutiques cytotoxiques :

Les déchets pharmaceutiques cytotoxiques sont ceux qui peuvent provenir de l'utilisation administration aux patients), de la fabrication et de la préparation de produits pharmaceutiques avec un effet cytotoxique (antinéoplasique). Ces substances chimiques peuvent être divisées en six groupes principaux: les substances alkylées, les antimétabolites, les antibiotiques, les plantes alcaloïdes, les hormones et les autres. Un risque potentiel pour les personnes qui manipulent les produits pharmaceutiques cytotoxiques provient surtout des propriétés mutagènes, carcinogènes et tératogènes de ces substances. En conséquence, ces déchets posent un danger et les mesures qui doivent être prises doivent également inclure les mêmes dispositions que celles requises par la médecine et Sécurité du travail... [13]

I.4.4 Les formes pharmaceutiques :

I.4.4.1 Les comprimés :

Ce sont des préparations de consistance solide, des formes diverses (ovales, ronds, ...). On distingue les comprimés à avaler et les comprimés à usage gynécologique.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

I.4.4.2 Les gélules :

Ce sont de petites boîtes cylindriques constituées de deux enveloppes rigides en gélatine s'emboîtant l'une dans l'autre et contenant une poudre médicamenteuse.

I.4.4.3 Les sirops :

Ce sont des préparations liquides contenant une forte proportion de sucre et destinées à être avalées.

I.4.4.4 Les suspensions :

Ce sont des poudres contenues dans un flacon. Avant utilisation, le malade ajoute un volume précis d'eau propre (indiqué sur le flacon), puis il dissout correctement la poudre en agitant fortement le flacon.

I.4.4.5 Les pommades :

Ce sont des préparations de consistance molle, destinées à être appliquées sur la peau ou les muqueuses. On distingue les pommades dermiques (pour la peau), ophtalmiques (pour les yeux) et anales (pour l'anus).

I.4.4.6 Les collyres :

Ce sont des médicaments destinés au traitement des maladies oculaires.

I.4.4.7 Les préparations injectables :

Ce sont des solutions ou des poudres que l'on dissout avant l'administration au patient. Ces produits sont destinés à être injectés à travers la peau. [14]

I.4.5 Les catégories des déchets pharmaceutiques :

Chaque établissement ou structure doit procéder à la collecte et au tri des DP par catégorie, définie selon le type, la forme et la nature du déchet :

Catégorie 1 : produits solides et semi-solides : comprimés, capsules, granulés, poudres, crèmes, pommades, gels, suppositoires, etc.

Catégorie 2 : produits liquides : solutions, émulsions et suspensions liquides, sirops, lotions, etc. ;

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

Catégorie 3 : produits gazeux ou liquéfiés : bombes à aérosol, y compris les atomiseurs avec gaz propulseur et les inhalateurs ;

Catégorie 4 : produits particuliers à risques, nécessitant des conditions de gestion particulières : stupéfiants et psychotropes, antinéoplasiques (ou anticancéreux cytotoxiques), quelque soit la présentation ou la forme ;

Catégorie 5 : articles de conditionnement et d'emballage vides. [11]

I.4.6 Les risques associés aux déchets pharmaceutiques :

Nombre de produits chimiques et pharmaceutiques utilisés dans les établissements de soins médicaux sont des produits chimiques dangereux (par exemple, toxiques, corrosifs, inflammables, réactifs, explosifs, sensibles aux chocs, cytotoxiques ou génotoxiques). On retrouve une partie de ces produits dans les déchets biomédicaux et les déchets de soins médicaux, après leur utilisation ou lorsqu'ils deviennent inutiles. [15]

Les déchets chimique peuvent être issus des activités de soins (médicament, notamment médicaments anticancéreux), des activités de diagnostic (bains de radiologie, solvants et réactifs utilisés par les laboratoires,...). [16]

I.4.6.1 Les risques pour le personnel :

Ces produits peuvent provoquer des effets très toxiques, par exposition aiguë ou chronique, et des lésions, y compris des brûlures. L'absorption de substances chimiques ou pharmaceutiques à travers la peau ou les muqueuses, ou encore par inhalation ou ingestion, peut entraîner une intoxication. Le contact de réactifs inflammables, corrosifs ou réactifs avec la peau, les yeux ou la muqueuse pulmonaire (par exemple du formaldéhyde ou d'autres produits chimiques volatils) peuvent provoquer des lésions. Les plus courantes sont des brûlures. [15]

Le mode d'action des molécules anticancéreuses est basé leur forte toxicité, qui associe une inhibition des divisions cellulaires (effet antimittotique) à une accélération de la mort des

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS

cellules (effet cytotoxique). Cet effet, non spécifique des cellules tumorales, fait courir des risques aux personnes exposées (autres les malades), risque présents à trois niveaux :

Lors de la préparation et de l'administration de ces médicaments ;

Lors de la manipulation des déchets issus de ces deux opérations ;

Suite à des rejets dans l'environnement, que ce soit au niveau des fumées d'incinération ou au niveau des rejets dans le réseau d'eaux usées, rejets issus du patient ou résidus de nettoyage.

En outre, ces produits présentent des risques particuliers liés à leur potentiel mutagène, cancérigène et tératogène : des études épidémiologiques ont notamment montré une augmentation du risque d'avortement spontané chez des femmes enceintes exposées (infirmières préparant ces médicaments sans protection appropriée). [16]

I.4.6.2 Les risques pour l'environnement :

Les désinfectants forment un groupe particulièrement important de produits chimiques dangereux, dans la mesure où ils sont utilisés en grandes quantités et sont corrosifs. Il convient également de noter que les produits chimiques réactifs peuvent former des composés secondaires fortement toxiques. Les résidus chimiques rejetés dans les eaux d'égout peuvent avoir des effets toxiques sur le fonctionnement des stations de traitement des eaux usées utilisant des processus biologiques, ou sur les écosystèmes naturels des milieux récepteurs.

Les résidus pharmaceutiques peuvent avoir les mêmes effets, dans la mesure où ils peuvent contenir des antibiotiques et d'autres médicaments, des métaux lourds tels que le mercure, des phénols et des dérivés phénols, ainsi que d'autres désinfectants et antiseptiques. [15]

Les patients vont excréter une certaine quantité de molécules actives dans le réseau d'eaux usées de l'hôpital, mais aussi à domicile, sans que ces effluents fassent l'objet d'un traitement spécifique. Peu de données existent sur le devenir de ces molécules dans le réseau, sur leur stabilité, leur accumulation éventuelle et leur influence sur la biomasse des stations d'épurations.

D'autre part, l'incinération de ce produit, conduite à trop faible température et mauvaise oxygénation, serait susceptible, de générer des molécules toxiques dans les fumées. [16]

I.4.6.3 Risques associés aux déchets cytotoxiques :

La gravité des risques qui menacent le personnel de soins médicaux manipulant des déchets cytotoxiques résulte de la combinaison des effets de la substance toxique et de l'ampleur de l'exposition pouvant intervenir pendant la manipulation ou l'élimination de ces déchets. Une exposition à des substances cytotoxiques peut se produire dans le cadre de soins médicaux, au cours de la préparation de ces substances, avant le traitement. Les principales voies d'exposition sont l'inhalation de poussières ou d'aérosols, l'absorption cutanée ou l'ingestion de nourriture entrée accidentellement en contact avec des médicaments, des produits chimiques ou des déchets cytotoxiques (antineoplasiques), ou le contact avec des sécrétions provenant de patients traités par chimiothérapie. **[15]**

CHAPITRE II:

LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

II Les méthodes d'élimination :

Compte tenu des ressources financières limitées dont on dispose pour l'élimination des médicaments inutilisés, il est nécessaire de veiller à appliquer des méthodes de gestion et d'exécution à la fois efficaces et économiques. La première mesure à prendre à cet égard consiste à trier les médicaments pour réduire le volume soumis au traitement, étant donné que celui-ci est coûteux et complexe. [17]

II.1 Renvoi ou retour au donateur ou au fabricant :

Toutes les fois qu'il est possible, il faut renvoyer au fabricant ou au donateur les DP qui posent des problèmes majeurs de destruction ou d'élimination tels que les antinéoplasiques.

Dans le cas des dons de médicaments non demandés et inutilisés, en particulier ceux qui arrivent périmés ou en voie de l'être, il faut envisager leur renvoi au donateur pour élimination. A défaut, il faut exiger au donateur la prise en charge des frais liés à leur destruction et/ou élimination. [17]

II.2 Mise en décharges :

Par mise en décharge, on entend le dépôt direct des DP sur un site de décharge sans traitement ni préparation préalables. La mise en décharge est la méthode la plus ancienne et la plus couramment utilisée pour l'élimination des déchets solides dans les pays en développement. Les décharges sont classées en trois types : [17]

II.2.1 Décharges ouvertes non aménagées mais autorisées où l'environnement local n'est pas protégé :

Cette solution est à proscrire puisque les risques de pollution et de contamination des eaux potables et/ou de récupération des DP par des individus malintentionnés ou non avertis sont élevés. [17]

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

II.2.2 Décharges aménagées :

Dans ces décharges, des aménagements sont faits pour prévenir dans une certaine mesure, la pollution des nappes d'eau par les substances chimiques. Le dépôt de DP non traités dans une telle décharge ne devrait être pratiqué que si le conditionnement (solidification, neutralisation) préalable des DP est impossible. Dans ce cas aussi, les déchets non traités doivent être rapidement recouverts d'une couche épaisse de déchets urbains ou de terre pour éviter leur récupération. [17]

II.2.3 Centres d'enfouissement ou décharges contrôlées et aménagées :

Il s'agit d'aménagements correctement construits et exploités. Ils constituent un lieu d'élimination relativement sûr pour bon nombre de DP. La première condition à laquelle doit satisfaire une telle décharge est la protection des nappes d'eau. La décharge doit être constituée par un puits perdu ou une fosse creusée dans le sol, située à l'écart des cours d'eau et au-dessus du niveau de la nappe. Les déchets déposés chaque jour sont compactés et recouverts d'une couche de terre pour assurer la protection sanitaire. [11]

II.3 Conditionnement :

II.3.1 Solidification :

La solidification consiste à fixer les déchets pharmaceutiques dans un matériau dur à l'intérieur d'un fût en plastique ou en acier.

Cette méthode est destinée à la destruction des anti-infectieux, médicaments réglementés et antinéoplasiques

La solidification est une variante du conditionnement et se déroule comme suit :

- Les produits solides, semi-solides et les poudres devraient être extraits de leur emballage extérieur (à jeter avec les ordures ménagères), mais être maintenus dans leur emballage intérieur (article de conditionnement primaire)
- Remplir le fût à 75% de leur contenance par les produits pharmaceutiques additionnée de liant (ciment ou ciment+chaux, sable bitumeux...)
- Fermer le fût et poser des joints.

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

Après fermeture, les fûts seront placés au fond d'une décharge publique et recouverts de déchets solides au triple de la hauteur du fût afin d'éviter toute récupération par le public. [18]

II.3.2 Neutralisation physique :

La neutralisation consiste à broyer les médicaments et à les mélanger avec de l'eau, du ciment et de la chaux.

Cette méthode est applicable aux produits solides, semi-solides et les poudres.

La neutralisation est une variante du conditionnement et se déroule comme suit :

- Sortir les produits de leur emballage (papier, carton et plastique). Les comprimés seront également extraits de leur emballage thermoformé
- Broyer les médicaments et les mélanger de manière homogène dans un mortier avec de l'eau, du ciment et de la chaux (65% déchets pharmaceutiques + 15% chaux + 5% eau)
- Le mélange obtenu, à l'état liquide, est alors transporté sur un camion bétonnière jusqu'à la décharge publique et déversé sur les déchets urbains
- Procédé peu coûteux.

Les agents chargés de la destruction doivent porter des vêtements protecteurs appropriés, ainsi que des masques, compte tenu du risque d'inhalation de poussières et de gaz. [18]

II.4 Ecoulement ou déversement :

L'écoulement ou le déversement consiste à répandre ou à déverser une quantité de DP liquides après dilution ou non avec de l'eau, par petites quantités à la fois, sans qu'il en résulte de risques sérieux pour la santé publique ou pour l'environnement. L'écoulement peut se faire dans les décharges ou espaces aménagés et/ou contrôlés et les cours d'eau à écoulement rapide, après de fortes dilutions. [11]

II.5 Broyage ou concassage :

Le broyage ou le concassage consiste à réduire les DP en de très petits morceaux par écrasement à l'aide d'un broyeur ou simplement sur une surface dure inerte ou dans un fût ou sceau en métal, au moyen d'une grosse cale en bois ou d'un marteau. Cette méthode concerne

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

les petits conditionnements en verre (flacon ou ampoule). Le verre pilé devrait être recueilli isolé ou avec son contenant, placé dans un récipient convenant aux objets coupants ou tranchants. Le récipient doit être fermé et déposé dans une décharge ou incinéré. Le personnel effectuant ces opérations doit porter un équipement de protection composé de lunettes, de masques, de bottes, de vêtements et de gants. [11]

II.6 Incinération :

Méthode de traitement thermique des déchets qui consiste en une combustion (technologie et température variant selon la nature du déchet) 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 cinq types d'émissions : Eau. Gaz : CO, CO₂, NO_x, SO₂, HCl. Poussière minérale (cendres) Métaux lourds : plomb, cuivre, mercure, cadmium. [19]

II.6.1 Les types d'incinérations :

II.6.1.1 Brûlage en enceinte ouverte ou incinération à basse température ($\leq 400^{\circ}\text{C}$) :

Le brûlage en enceinte ouverte est l'action de brûler à basse température et à l'air libre des DP en utilisant un mélange à volume égal de pétrole et de gasoil, selon le ratio arbitraire de 1,2 litre à 2 litres/m³ (soit 40 litres pour un container standard de 20 pieds estimé à 33,18 m³ de volume).

Cette méthode, qui entraîne un risque de libération de polluants toxiques dans l'atmosphère, n'est donc pas recommandée pour les formes pharmaceutiques. Les récipients et emballages en chlorure de polyvinyle (PVC) ne doivent pas non plus être brûlés car ils libèrent des proportions élevées de substances halogénées. Si l'on doit y recourir, il est vivement recommandé d'utiliser de très petites quantités de DP. De plus, il convient de recouvrir les cendres de 10 à 15 cm de terre.

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

Par contre, les emballages en papier et en carton, si l'on ne prévoit pas leur recyclage, peuvent être brûlés. [20]

❖ Les avantages et les inconvénients

Tableau II.1: les avantages et les inconvénients de l'incinération à basse température (< 400°C) [21]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">▪ Réduction du volume et du poids des déchets▪ Pas de formation poussée nécessaire▪ Désinfection relativement efficace	<ul style="list-style-type: none">▪ Peut nécessiter un combustible ou des déchets secs pour mettre la combustion en route▪ Combustion incomplète▪ Risque de stérilisation incomplète▪ Risque de piqûres par les aiguilles dans la mesure où elles ne sont pas détruites▪ Emissions toxiques (métaux lourds, dioxines, furanes, cendres volantes) qui présentent un risque pour la santé et ne sont pas conformes à la réglementation sur l'hygiène de l'environnement▪ Emission d'importantes fumées et risque d'incendie▪ Production de cendres dangereuses contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furannes risquant de polluer le sol et l'eau▪ Production des déchets Secondaires

II.6.1.2 Incinération à moyenne température (800°C à 1000°C) :

L'incinération est l'action de réduire les DP à l'état de cendres par le feu. Elle est dite de moyenne température si la température de combustion est comprise entre 800°C et 1000°C. Elle utilise un four à ciment ou un incinérateur à deux chambres fonctionnant à une température minimale de 800 °C, avec un temps de séjour d'au moins deux secondes dans la deuxième chambre.

Ce type d'incinérateur n'est pas conçu pour brûler dans de bonnes conditions les composés halogénés. Cependant, compte tenu de la très faible teneur en produits halogénés de la plupart

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

des médicaments, il est peu probable que la teneur en composés halogénés des gaz de combustion dépasse les seuils admis. [20]

❖ les avantages et les inconvénients

Tableau II.2: les avantages et les inconvénients de l'incinération à température moyenne (800-1000°C) [21]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">▪ Réduction du volume et du poids des déchets▪ Réduction du matériel infectieux▪ Empêche la réutilisation des aiguilles▪ Permet d'obtenir une stérilisation complète des déchets contaminés	<ul style="list-style-type: none">▪ Peut nécessiter un combustible ou des déchets secs pour mettre l'incinération en route et entretenir des températures élevées▪ Emissions toxiques possibles (métaux lourds, dioxines, furannes, cendres volantes) qui présentent un risque pour la santé et ne sont pas conformes à la réglementation sur l'hygiène et de l'environnement▪ Possibilité de fumées épaisses▪ Production de cendres dangereuses contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furannes risquant de polluer le sol et l'eau▪ L'exploitation du système exige du personnel formé▪ Risque de piqûre par les aiguilles dans la mesure où certaines peuvent ne pas être détruites

II.6.1.3 Incinération à haute température (> 1000°C) :

L'incinération est dite de haute température si la température de combustion est au minimum de 1000°C. L'incinération est faite dans un incinérateur à deux chambres fonctionnant à une température élevée (au moins 1000 °C dans la chambre secondaire), et équipé d'un système d'épuration des gaz de combustion. La chambre de combustion secondaire (dispositif de postcombustion) garantit l'incinération complète de ces produits.

Les incinérateurs à hautes températures sont des installations très coûteuses et complexes. Dans notre contexte de ressources limitées, il est quasi impossible de les exploiter de façon

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

rentable, uniquement pour la destruction des déchets pharmaceutiques et chimiques. Il est donc plus intéressant et plus économique de recourir aux installations existantes de certaines branches industrielles (cimenteries, fonderies, ...) qui utilisent des procédés (fours à ciment) et des conditions appropriées : températures de combustion nettement supérieures à 1000 °C, longue durée de séjour dans la chambre de combustion, dispersion des gaz de combustion à des altitudes élevées grâce à des cheminées de grande hauteur.[20]

❖ Les avantages et les inconvénients

Tableau II.3 : les avantages et les inconvénients de l'incinération à haute température (>1000°C) [21]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">▪ Combustion complète et stérilisation du matériel d'injection ayant servi▪ Emissions toxiques réduites▪ Réduction considérable du volume des déchets	<ul style="list-style-type: none">▪ Coût élevé de la construction, de l'exploitation et de la maintenance▪ L'exploitation exige le courant électrique, du combustible et du personnel formé▪ Emissions toxiques possibles (métaux lourds, dioxines, furannes, cendre volantes) qui présentent un risque pour la santé et ne sont pas conformes à la réglementation sur l'hygiène de l'environnement en l'absence de dispositifs de lutte contre la pollution▪ Production de cendres dangereuses contenant des métaux lixiviables, des dioxines et des furannes risquant de polluer le sol et l'eau

II.6.2 Caractéristiques d'incinération

Cette technique de traitement des déchets caractérise par :

- La réduction la plus complète et la plus rapide du volume des déchets au moyen d'une minéralisation presque totale des produits incinérés
- Dans le cas de l'incinération permet de réduire plus de 70% de la masse des déchets entrant et réduire le volume de plus de 90%

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

- La plus grande partie des sous- produits formés n'est pas éliminée en décharge, mais valorisée comme remblai dans des travaux routiers
- Une préparation des déchets en amont du traitement réduite au minimum. Elle se limite à homogénéiser, par un mélange dans la fosse au moyen d'un grappin, les déchets avant introduction dans la trémie d'alimentation
- Un fonctionnement adapté à une variation de pouvoir calorifique lié à l'hétérogénéité des déchets et à son évolution au cours du temps
- Une valorisation énergétique sous forme de chaleur distribuée par un réseau ou sous forme de production d'électricité
- Aux déchets dangereux dans des fours spécifiques, en général en présence d'un appoint de combustible. [22]

II.6.3 Condition de combustion :

II.6.3.1 Détermination du pouvoir calorifique :

La caractéristique essentielle pour une élimination des déchets par incinération est le pouvoir calorifique inférieur (PCI), officiellement exprimé en (joules/kg), il indique la quantité de chaleur lors de la combustion complète d'une unité de masse du corps.

En pratique, le PCI représente l'énergie qui se dégage au cours de la combustion. sa valeur indique si la combustion doit s'effectuer avec ou sans combustible d'appoint, donc si la combustion est auto-entretenue. [23]

II.6.3.2 Température de combustion :

En général, de l'ordre de 850°C à 900°C. La plupart des équilibres thermodynamiques de la combustion sont favorisés par la température.

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

- <1200°C : c'est à partir de cette température que certaines substances minérales se ramollissent et forment des cendres dites collantes
- >1200°C : combustion de certains déchets difficilement auto combustibles, notamment les polychlorobiphényles, les phénols, etc. [24]

II.6.3.3 Temps de séjour :

Calculé pour permettre la combustion complète des déchets. Le temps de séjour moyen est déterminé par la relation :

$$T = V/Q \quad (\text{Eq 1})$$

Avec :

Q : le débit en volume de gaz produit par la charge incinérée

V : le volume de la chambre de combustion.

- Pour les solides, le temps de séjour dans le four peut varier entre une demi-heure et trois heures. Il est en moyenne de 60 minutes.
- Pour le déchet liquide, fonction de la qualité de la pulvérisation (quelques secondes). [24]

II.6.3.4 Turbulence :

- Permet de maintenir l'homogénéité du mélange gazeux par un mélange intime des combustibles et de l'air comburant
- Permet d'éviter la présence de zones froides qui diminueraient les vitesses de réaction
- Elle peut être obtenue :
 - Soit directement dans les brûleurs par injection d'effluents : la viscosité du produit doit permettre une bonne atomisation et par suite un mélange rapide avec l'air comburant soufflé à grande vitesse
 - Soit dans les fours grâce à des aménagements divers (changement de vitesse par des restrictions ou nids d'abeille jouant le rôle d'accumulateur de chaleur)

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

inversion de parcours des fumées, disposition judicieuses d'injection d'air et de produits [24]

II.6.4 Type d'incinérateurs :

Etant donné que la combustion des déchets se déroule au niveau du four, la différence principale entre les procédés d'incinération réside dans le type et le principe de fonctionnement du four, peut distinguer. [25]

II.6.4.1 Les fours rotatifs :

Ils ont pour avantage d'accepter des déchets de toute nature (solide/liquide/gaz). Ce procédé est essentiellement utilisé pour les déchets industriels (boues), car il permet d'assurer des temps de séjour très longs, donc peu d'imbrûlés dans les résidus solides.

Le four, légèrement incliné, est animé d'un mouvement de rotation ou de va et vient afin d'assurer le retournement du déchet et sa combustion complète. Le déchet chemine alors au fur et à mesure de la combustion et les cendres sont récupérées en sortie de foyer. Un air, dit primaire est injecté sous le lit de déchet tandis que l'air secondaire est introduit au dessus du déchet afin de compléter la combustion. Le four peut ou pas, selon les technologies, être muni d'une chambre de combustion. [23]

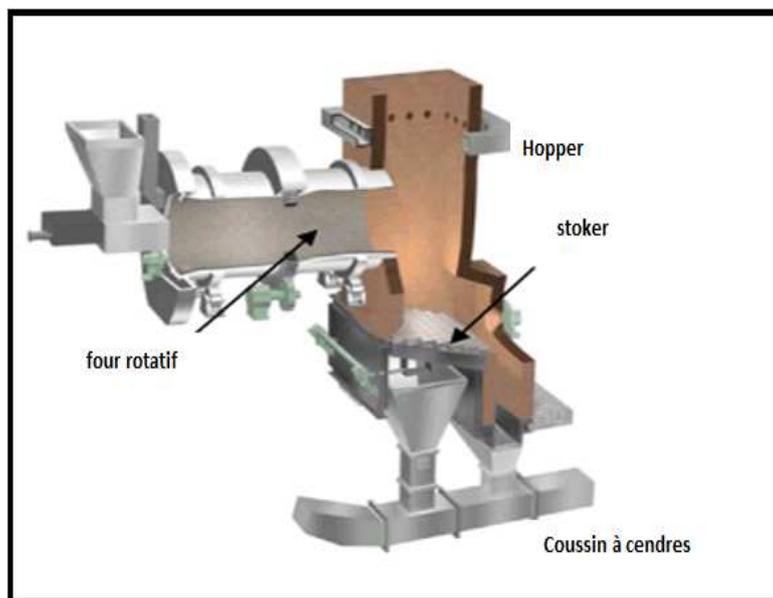


Figure II.1 : Les fours rotatifs [26]

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

II.6.4.2 Les fours à lit fluidisé :

Le principe est de constituer un mélange homogène entre le combustible solide et le comburant en mélangeant le déchet à un lit inerte en suspension, souvent de la silice. Cette suspension est obtenue par injection, à la base du foyer d'air à très forte vitesse. L'homogénéité obtenue contribue à éviter les pics de température, à assurer un temps de séjour suffisant et une bonne turbulence. De plus, des additifs de neutralisation des fumées ou de traitement des gaz en général peuvent être ajoutés au sein même de la chambre de combustion. [23]

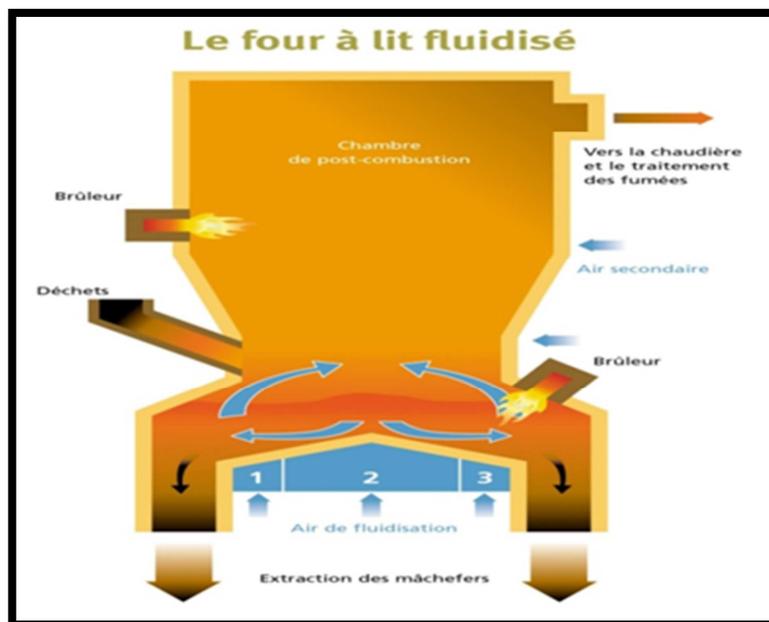


Figure II.2 : Le four à lit fluidisé [27]

II.6.4.3 Les fours à grilles :

Il s'agit de la technique la plus répandue en France et en Europe, représentant plus de 70% du parc des incinérateurs. Elle est apparue en Europe à la fin du XIX^{ème} siècle, Utilisée d'abord pour le charbon, puis pour les déchets.

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

Ses principales qualités sont :

- Offre de bons rendements thermiques et de destruction,
- Ne nécessite pas de préparation particulière du déchet,
- Technique bien maîtrisée,
- Peu dépendante de l'hétérogénéité des déchets,
- Constructions de très grandes capacités possibles. [23]

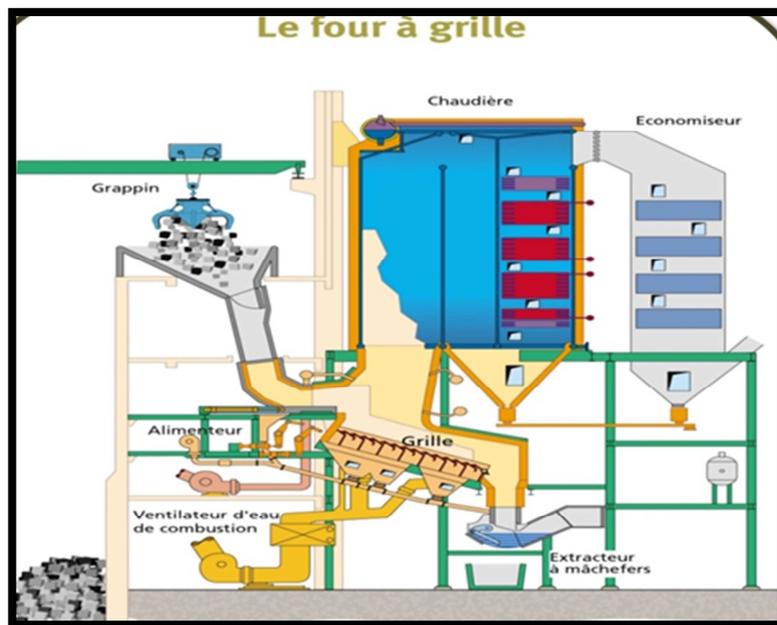


Figure II.3 : Les fours à grilles [28]

II.6.4.4 Les fours à soles ou à gradins :

Cette technique ancienne n'est plus du tout utilisée à l'heure actuelle. La conception générale est similaire à celle d'un four à grilles tandis que le déchet repose sur une dalle inclinée en ciment, donc fixe. Les normes anti-pollution étant de plus en plus contraignante, cette technologie n'est plus à été abandonnée [23]

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

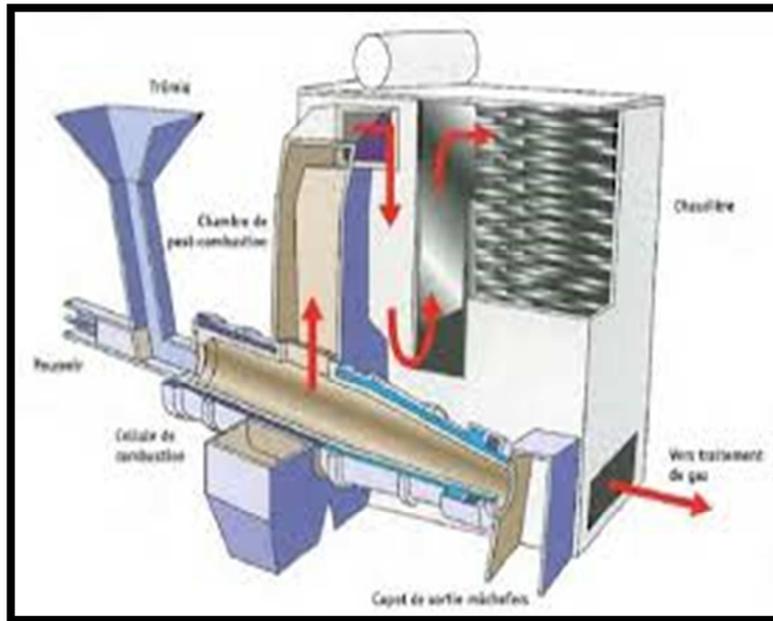


Figure II.4 : Les fours à soles ou à gradins [29]

II.6.4.5 Les fours statiques à sole fixe :

Us comportent un foyer à deux chambres, l'une étant le four, où se gazéifie le combustible en atmosphère restreint, l'autre est la chambre de post combustion où les gaz mis en présence d'air secondaire terminent leur oxydation [30]

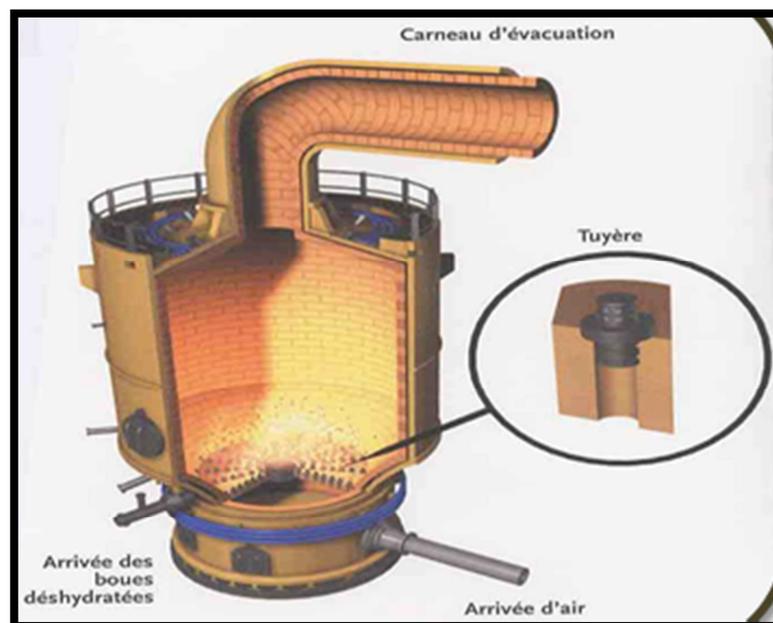


Figure II.5: Les fours statiques à sole fixe [31]

CHAPITRE II : LES METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS PHARMACEUTIQUES

CHAPITRE III :

LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

III Les polluants issus de l'incinération :

Les gaz sortant du four renferment généralement des acides, des oxydes de soufre, les oxydes d'azote, des dioxines et des furanes. Il est donc indispensable dans un souci de respect de l'environnement et de la santé humaine d'installer des équipements de traitement des gaz et fumées afin de diminuer des concentrations de ces rejets dans l'atmosphère. L'incinération des déchets dégage cinq types d'émission en plus de l'eau :

- Des gaz composé de CO, CO₂, NO_x, SO_x, HCL, HF
- Des métaux lourds (Hg, Cu, Pb, Cu, Ni, As, Zn, Cd ...)
- Des dioxines et furanes
- Des poussières
- Des cendres et des mâchefers. [6]

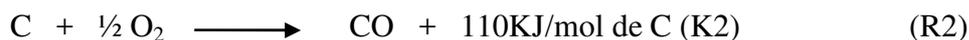
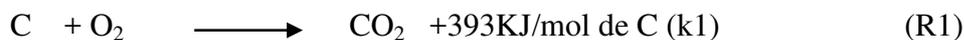
III.1 Polluants gazeux et particulaire émis de l'incinération :

III.1.1 Monoxyde de Carbone (CO) :

C'est un gaz fortement toxique qui est très dangereux car il est sans couleur et inodore la concentration maximum autorisée dans des lieux de travail est de 50 ppm pendant 8 heures. [32]

III.1.1.1 Mécanisme de formation du CO :

- Le monoxyde de carbone est produit par la combustion incomplète des déchets solides et liquide.
- Si la combustion est effectuée avec une quantité d'air suffisante, le carbone réagit en quasi-totalité avec l'oxygène de l'air pour une température des gaz inférieure à 1500°C.
- La combustion du carbone donne lieu aux réactions suivant :



- On a $K_1 > K_2$ et K_3 relativement élevée, donc avec un excès d'air suffisant et des températures de l'ordre 1000°C, le CO est totalement transformé en CO₂.
- La combustion incomplète peut être duc.

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

- à une disponibilité insuffisante de l'oxygène (mauvaises conditions de mélange dans la chambre de combustion).
- à une température insuffisante provoquée par un excès d'air trop important (cool combustion) et/ou par une variation de la charge calorifique. [33]

III.1.1.2 Effets sur l'environnement et la santé :

III.1.1.2.1 Effets sur l'homme :

Chez les êtres vivants, le monoxyde de carbone formé lors de la combustion des composés carbonés est absorbé par les poumons. Entre 80% et 90% du monoxyde de carbone absorbé est fixé sur l'hémoglobine (l'affinité de celle-ci pour le CO est 200 fois supérieure à celle de l'oxygène). Pour former carboxyhémoglobine (H₈CO). La présence de CO va diminuer la libération de l'oxygène par l'hémoglobine vers les tissus, provoquant un défaut d'oxygène dans l'organisme. Après l'arrêt de l'exposition, le taux de carboxyhémoglobine dans le sang diminue avec une durée de demi-vie de 3 à 5 heures. Le CO est éliminée essentiellement par ventilation pulmonaire. [34]

Tableau III.01: effet du CO en fonction de la concentration(%) de carboxyhémoglobine dans le sang [34]

Concentration (%) de carboxyhémoglobine dans le sang	Effets probables
0,3 - 0,5	Niveau normal chez une population non exposée aucun effets attendus.
5 - 10	Diminution de la capacité à effectuer un effort physique intense, possibilité d'effets neurocomportementaux.
10 - 20	Maux de tête légers troubles visuels fatigue, vertiges.
20 - 30	Maux de tête sévères, nausées, tachycardie.
30 - 40	Maux de tête sévères, nausées vomissements, faiblesse musculaire, confusion.
40 - 50	Syncope, coma, convulsions.
50 - 60	Coma, dépression cardiaque et respiratoire parfois fatales.
>60	Mort.

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

Tableau III.02 : effet du CO en fonction de la concentration dans l'air en mg/m³ [34]

Concentration dans l'air en mg/m ³	Effets probables
230	Maux de tête 2 à 3 heures après l'exposition
460	Maux de tête et nausées 1 à 3 heures après l'exposition
658-800	Maux de tête et nausées 1 heure après l'exposition
1370	Danger immédiat pour la vie et la santé
1820	Maux de tête et nausées vertiges en 20 min, coma et risque de morte 2 heures après l'exposition
3650	Maux de tête et nausées vertiges en 5 min, coma et risque de morte en 30min
7300	Maux de tête et nausées vertiges en 1 à 2 min, coma et risque de morte en 15 min
22800	Coma et morte en 4 min

III.1.1.2.2 Effets sur environnement :

- Le CO a une durée de vie dans l'atmosphère de 2 mois.
- Si le CO est un gaz à effet de serre ayant un pouvoir de réchauffement global assez faible, il réagit dans l'atmosphère avec les radicaux OH, réduisant leur présence. Or, ces radicaux ont tendance à diminuer la durée de vie de certains gaz à haut pouvoir de réchauffement, comme le méthane. Le CO provoque aussi l'augmentation de la quantité d'ozone dans l'atmosphère.
- Pour la faune, les effets sont identiques à ceux subis par l'homme. On note également une baisse des naissances. [34]

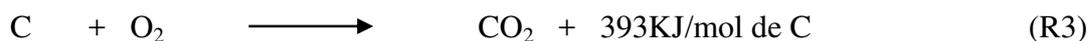
III.1.2 Dioxyde de carbone CO₂ :

Le CO₂, gaz incolore, inerte et non toxique, est le principal gaz à effet de serre à l'état naturel, avec la vapeur d'eau. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 100 ans. Il est produit lorsque des composés carbonés sont brûlés et en présence d'oxygène. [35]

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

III.1.2.1 Mécanisme de formation du CO₂ :

- Le dioxyde de carbone est produit par la combustion complète des déchets solides ou liquide.
- Si la combustion est effectuée avec une quantité d'air suffisante, le carbone réagit en quasi-totalité avec l'oxygène de l'air pour une température des gaz inférieure à 1500°C.
- La combustion du carbone donne lieu aux réactions suivantes :



- Pour un excès d'air suffisant et des températures de l'ordre de 1000°C, la combustion du carbone se fait principalement selon la première réaction. [33]

III.1.2.2 Les effets sur l'environnement et la sante :

III.1.2.2.1 Effets sur l'homme :

Compte tenu de ses caractéristiques, le principe voie d'absorption du CO₂ est l'inhalation, il est diffusé par le sang à tous les organes. [34]

- **Toxicité aigue :**

Le CO₂ est un gaz asphyxiant qui peut entrainer la mort à forte concentration :

Tableau III.03 : Toxicité aigue du CO₂ sur l'homme en fonction de la concentration dans l'air du CO₂ [34]

Concentration dans l'air du CO ₂	Effets
2%	Augmentation de l'amplitude respiratoire
4%	Accélération de la fréquence respiratoire
5%	Maux de tête, sensation de vertige, augmentation de la fréquence cardiaque
10%	Trouble, visuels tremblements, hypersudation, hypertension artérielle et perte de connaissance chez certains sujets au bout de 10 min
20%	Dépression respiratoire, convulsion, coma et mort

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

- Toxicité chronique :

Tableau III.04 : Toxicité chronique du CO₂ sur l'homme en fonction de la concentration dans l'air du CO₂ [34]

Concentration Dans l'air du CO ₂	Effets
1%	Hyperventilation des sujets (augmentation de la pression partielle de CO ₂ dans le sang)
2%	Phénomènes précédents accentués et faible diminution du PH
3%	Forte hyperventilation, baisse du PH artériel (acidose respiratoire)
4%	Maux de tête, fatigue généralisée, augmentation du nombre de globules rouge dans le sang
20%	Dépression respiratoire, convulsion, coma et mort

III.1.2.2 Effets sur environnement :

Les conséquences des émissions de CO₂ sont multiples et controversées. L'augmentation de la concentration en CO₂ de l'atmosphère entraîne une série de phénomènes, et en particulier l'augmentation des effets de serre, avec toutes les conséquences connues des (augmentations des températures, augmentation du niveau de la mer de 18 à 59 Cm.

Le phénomène d'acidification des océans par absorption du CO₂ est une autre conséquence préoccupante du CO₂ sur l'environnement (notamment pour les récifs coralliens et la faune-flore aquatique associée) en modifiant la composition chimique des océans. [34]

III.1.3 D'oxyde d'azote (NO_x):

Les oxydes d'azote (NO_x) résultent de la combinaison dans l'air à haute température de l'azote et de l'oxygène. Ils regroupent essentiellement deux types de molécules polluantes :

- le monoxyde d'azote (NO)
- le dioxyde d'azote (NO₂). [36]

III.1.3.1 Mécanisme de formation des NO_x :

Inerte à basse température, l'azote se combine avec l'oxygène à haute température en donnant le monoxyde d'azote, en premier lieu au cours de la combustion, seul le NO se forme selon les 2 mécanismes explicités ci-après. En-dessous de 600°C, le NO s'oxyde en NO₂. [37]

III.1.3.1.1 Formation du NO :

Formation du NO « thermique » : oxydation de l'azote moléculaire par l'air de combustion suivant 2 étapes principales (mécanisme de Zeldovich) :



Le NO thermique dépend des conditions les quelles se produit l'incinération, et notamment de la température et de l'excès d'air. [37]

Formation du NO « combustible » : oxydation des composés organiques azotés contenus dans la partie combustible formant des radicaux tels que HNC, NH₃, N[•], CN[•], NH[•]. [37]

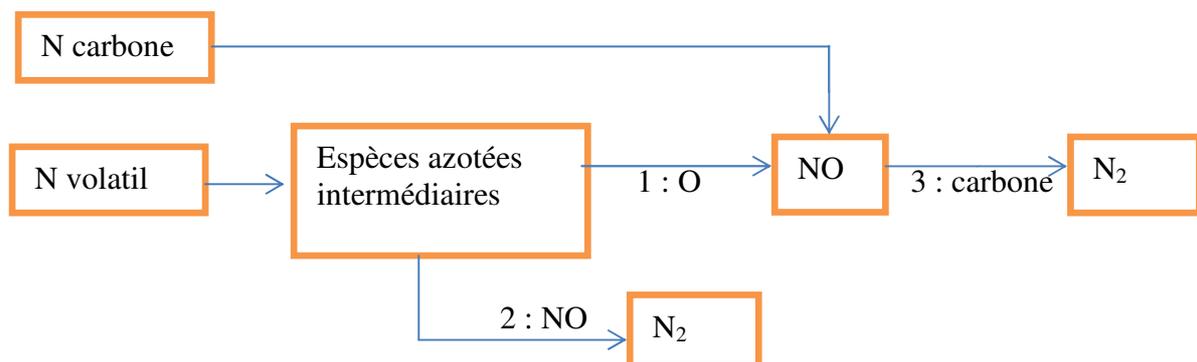
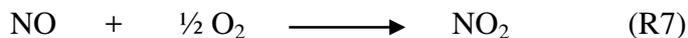


Figure III.01: mécanisme de formation du NO « combustible » [37]

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

III.1.3.1.2 Formation du NO₂ :

Le NO₂ résulte de la transformation du NO au cours de la phase de dilution dans l'air. La réaction a lieu en-dessous de 600°C :



La conversion du NO en NO₂ dépend de la quantité disponible en oxygène et du temps de séjour des gaz résiduels. Il faut éviter une trempe rapide qui contribue à empêcher la décomposition du NO d'un mélange gazeux contenant 10% d'oxygène et 300 ppm de NO. [37]

III.1.3.2 Les effets sur l'environnement et la santé :

III.1.3.2.1 Effets sur l'homme :

Le monoxyde d'azote comme le NO₂, est un irritant des muqueuses respiratoires. La toxicité du monoxyde d'azote est difficilement dissociable de celle du dioxyde d'azote en raison de sa réactivité en présence d'oxygène :

- Augmentation de la résistance des voies aériennes à partir de 24 mg/m³.
- Action toxique du NO au niveau des plaquettes et la formation de nitrosylthémoglobine et de méthémoglobine. [34]

III.1.3.2.2 Effets sur l'environnement :

Les NO_x, par réaction avec les composés organiques volatils (COV), forment les phénomènes de « SMOG » sous l'effet du soleil.

Les NO_x réagissent avec l'eau (formation d'acide nitrique HNO₃ ou d'acide nitreux HNO₂), le SO₂ ou d'autres substances présentes dans l'air pour former les phénomènes de pluies (ou neige, brouillard,...) acides, contaminant la faune, la flore et les bâtiments. La durée de vie moyenne des NO_x dans l'atmosphère est de 1,5 jour.

Le protoxyde d'azote N₂O est un puissant gaz à effet de serre ayant un pouvoir de réchauffement global (PRG) sur 100 ans 310 fois plus élevé qu'une masse équivalente de dioxyde de carbone CO₂. Sa durée de vie dans l'atmosphère est de l'ordre de 150 ans.

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

Dans les milieux aquatiques, les NO_x augmentent la quantité d'azote présente (excès de nutriment). Ce phénomène amène une diminution de la quantité d'oxygène dans l'eau.

L'excès d'azote (généré par les retombées sèches et humides) a pour effet de dégrader la micorhize (filament des champignons) et serait à l'origine d'une croissance trop rapide des arbres, source de fragilisation. [34]

Remarque :

Le mot smog provient des expressions : smoke (fumée) + fog (brouillons) → SMOG

Et comme son nom l'indique, le smog fait référence à la présence de polluant acide.

III.1.4 Dioxyde de soufre (SO₂) :

Les oxydes de soufre sont les différents types de composés contenant du soufre et de l'oxygène, et dont la structure suit la formule générale S_xO_y. Les plus stables étant SO₂ et SO₃. [38]

III.1.4.1 Mécanismes de formation :

A partir de 250°C, le soufre contenu dans le déchet est oxydé en SO₂ par l'oxygène de l'air de combustion : [39]



III.1.4.2 Effets sur l'environnement et la santé :

III.1.4.2.1 Effet sur l'homme :

- Une forte exposition peut entraîner des brûlures sévères de la peau, des yeux et des voies respiratoires à concentration plus élevée, allant jusqu'à un œdème retardé du poumon (qui peut être fatal).
- Exposition chroniques (répétées).
- Le SO₂ n'est pas classé comme étant une substance cancérigène, reprotoxique ou génotoxique.

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

- Une concentration de 30 à 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (niveaux ambiants couramment observés) de SO_2 dans l'air ambiant est associée à une augmentation de la mortalité cardiorespiratoire et de la mortalité totale.
- Une augmentation de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ s'accompagne d'une augmentation de 4% du nombre de décès par pathologies cardiovasculaires. [34]

III.1.4.2.2 Effets sur l'environnement :

- Dans l'air le SO_2 a une demi-vie de l'ordre de 3 à 5 heures.
- Les composés soufrés sont souvent associés au phénomène des pluies acides (dépérissement des forêts allemandes et acidification des lacs scandinaves) par transformation en acide sulfurique (H_2SO_4) et sulfureux (H_2SO_3).
- En ce qui concerne les végétaux, outre l'action des pluies acides, le SO_2 peut provoquer de graves atteintes aux feuilles (nécroses), et ce, pour des concentrations plus faibles que celles dommageables pour l'humain (ordre de 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Les concentrations de dioxyde de soufre ont fortement baissé ces dernières années pour atteindre maintenant un plancher d'environ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle sur l'ensemble des agglomérations. Cependant, dans certaines zones fortement industrialisées les valeurs limites en moyenne journalière et horaire pour la protection de la santé humaine sont encore régulièrement dépassées. [34]

III.1.5 Métaux lourds :

Les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium...) sont les éléments métalliques de masse volumique élevée (supérieure à 5 grammes par cm^3) présents naturellement mais en quantités très faibles dans les sols, l'eau et l'air. Ils sont particulièrement toxiques. [36]

III.1.5.1 Mécanisme de formation :

Sous l'effet de la température, les métaux lourds contenus dans les déchets se volatilisent. Ils subissent une série de réactions d'oxydation et autre réaction avec le HCl, les SO_x , pour former :

- Des halogénures (chlorures, fluorures, bromures, iodures) du métal considéré
- Des oxydes métalliques

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

- Des sulfates et sulfures métalliques
- Des dérivés organiques (produits d'une combustion incomplète.
- Ces composé volatils peuvent se retrouver tels quels dans les fumées, se décomposes sous l'action de la chaleur, ou se fixer à la surface des particules en suspension et des cendres volantes.

Sous l'effet de la chaleur, la décomposition des composés volatils donne lieu à l'émission :

- De fumées toxique du métal élémentaire
- De HCl
- De SO₂
- De H₂S
- Des réactions de réduction par le carbone ou le monoxyde de carbone donnent également des émissions de fumées toxiques de métal élémentaire (et de CO ou de CO₂). [40]

III.1.5.2 Effet sur l'environnement et la santé :

III.1.5.2.1 Mercure :

III.1.5.2.1.1 Effet sur l'homme :

Chez l'homme, le mercure élémentaire sous forme de vapeur est essentiellement absorbé par voie pulmonaire et distribué dans tout le corps. En effet, du fait de ses propriétés lipophiles, il traverse facilement la barrière sang/cerveau et la barrière du placenta.

Par voie orale, l'absorption du mercure organique est plus importante que celle du mercure inorganique ou du mercure élémentaire. Absorbé par voie orale, il est distribué dans tout le corps et s'accumule principalement dans les reins.

Le mercure est repéré comme un élément toxique agissant sur les reins, et neurologique, c'est-à-dire agissant sur le système nerveux. Les symptômes sont des troubles mentaux plus ou moins graves, une salivation excessive, des douleurs abdominales, des vomissements, de l'urémie (accumulation d'urée liée à une insuffisance de la fonction rénale). [34]

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

III.1.5.2.1.2 Effets sur l'environnement :

Si le mercure élémentaire est quasiment insoluble dans l'eau, la solubilité de ses composés est très variable.

- Il est en général peu mobile dans les sols, l'une des principales particularités du mercure est de subir, dans les sols, sédiments et poissons, des réactions de méthylation/déméthylation. Une partie du mercure présent dans le sol peut être éliminé par volatilisation
- La durée de vie dans l'atmosphère du mercure peut varier de 2 mois à 3 ans.
- Le mercure s'accumule facilement dans les organismes tout au long de la chaîne alimentaire. [34]

III.1.5.2.2 Cadmium :

III.1.5.2.2.1 Effet sur l'homme :

Le cadmium peut pénétrer dans l'organisme par deux voies, par inhalation, les chlorures et oxydes sont absorbés à environ 90-100% et les sulfures sont absorbés à hauteur de 10%, par ingestion, l'absorption est d'environ 5% .

Le cadmium est transporté dans le sang et se concentre principalement dans le foie et les reins. Il peut se lier avec le soufre présent dans le sang et perturber l'approvisionnement énergétique des cellules. Le cadmium possède une demi-vie de l'ordre de 20 à 30 ans dans le rein et de 30 jours dans le sang. Ainsi, l'exposition répétée peut entraîner une insuffisance rénale.

Par inhalation, dans le cas d'intoxication aiguë sévère par les fumées de cadmium, la mortalité est estimée à 15-20% de ceux qui développent une pneumonie chimique. La mort survient souvent 1 à 3 jours après l'exposition, les effets observés pendant cette période de 1 à 3 jours sont une irritation pulmonaire sévère accompagnée de dyspnée, de cyanose et de toux.

Par voie orale, les symptômes observés sont : une gastro-entérite avec crampes épigastriques, des vomissements, des diarrhées et des myalgies. L'effet émétique du cadmium est un facteur pouvant expliquer la faible mortalité par cette voie. [34]

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

III.1.5.2.2 Effet sur l'environnement :

Le cadmium n'est pas soluble dans l'eau et ses sels le sont plus ou moins. Il peut être transporté sous formes de cations hydratés ou de complexes.

Il est assez mobile dans les sols et a tendance à s'accumuler dans les couches supérieures.

Le cadmium et ses composés sont très peu volatils dans l'air, la principale forme étant l'oxyde de cadmium. [34]

III.1.5.2.3 Plomb :

III.1.5.2.3.1 Effets sur l'homme :

Le plomb peut pénétrer dans l'organisme humain par inhalation de vapeur de plomb ou de poussières (oxyde de plomb), par ingestion et plus rarement par voie cutanée. Le plomb absorbé est distribué par le sang à différents organes : le foie, les reins, la rate, la moelle osseuse et surtout les os (plus de 90% du plomb absorbé est fixé dans les os, 1 à 2% dans le sang et 5 à 10% dans les tissus mous).

20 à 30% du plomb inhalé est absorbé par le corps, contre 5 à 10% du plomb ingéré chez l'adulte, 20% du plomb ingéré chez les enfants de 10 ans et 50% pour les enfants de 2 ans.

Le plomb est un toxique à effet cumulatif : il s'accumule dans le corps jusqu'à une quantité à partir de laquelle apparaissent les symptômes. [34]

III.1.5.2.3.2 Effets sur l'environnement :

La plupart des composés inorganiques du plomb sont peu solubles dans l'eau, les acétates de plomb étant plus solubles.

Dans le milieu aquatique, le plomb a tendance à migrer vers les sédiments par adsorption. La mobilité du plomb dans le sol est très faible. Il a ainsi tendance à s'accumuler dans les horizons de surface.

Le plomb est absorbé passivement par les racines et est rapidement immobilisé. La voie aérienne est également une voie d'accumulation du plomb par les plantes. Certains algues ou crustacés sont sensibles aux effets du plomb dès 10µg/l, tandis que l'activité enzymatique est perturbée dès 50mg de plomb par kg de sol sec. [34]

III.1.5.2.4 Nickel :

III.1.5.2.4.1 Effets sur l'homme :

Des études montrent que le nickel est une substance peu marquée par les phénomènes de bioconcentration.

Entre 20 et 35% du nickel inhalé est absorbé par l'organisme contre 0,7 à 27% pour l'ingestion. En cas d'inhalation, le nickel passe par les poumons pour être distribué dans la thyroïde et les reins. Par ingestion, les principaux organes touchés sont les reins, puis le foie, le cœur et les poumons.

Les études de toxicité chronique chez l'homme indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation. Une augmentation de l'incidence des décès par pathologie respiratoire a été trouvée chez des travailleurs exposés chroniquement à des concentrations supérieures à 0,04 mg de nickel/Nm³, sous forme de monoxyde ou de métal. [34]

III.1.5.2.4.2 Effets sur l'environnement :

La mobilité du nickel augmente aux pH faibles, alors que l'absorption sur certains composés adsorbants du sol peut devenir irréversible en milieu alcalin. Les particules contenant du nickel peuvent atteindre des demi-vies de l'ordre d'une semaine à un mois. Le nickel a des effets sur les crustacés et les batraciens à partir d'une concentration de 5µg/l. [34]

III.1.5.2.5 Arsenic :

III.1.5.2.5.1 Effet sur l'homme :

Près de 95% de l'arsenic inhalé est absorbé contre 30 à 35% de l'arsenic ingéré. La voie cutanée est une voie mineure d'absorption. L'arsenic se distribue dans tous les organes. Il n'y a pas d'organe cible même si les taux les plus importants sont retrouvés dans le foie et le rein. La dose létale pour l'homme adulte est estimée entre 1 et 3 mg/kg/j d'arsénite ou entre 2 et 21 mg. [34]

III.1.5.2.5.2 Effets sur l'environnement :

Certains composés arsénieux sont très solubles, d'autres quasiment insolubles, globalement, la solubilité des dérivés pentavalents de l'arsenic serait supérieure à celle des dérivés trivalents. La mobilité de l'arsenic dans les sols est assez limitée, et certains des composés de l'arsenic sont volatils, l'arsenic est un élément phytotoxique.

L'arsenic est toxique pour certaines alues dès 10µg/l et pour les végétaux à partir de 75µg/kg de sol sec. [34]

III.1.6 Chlorure d'hydrogène (HCl) :

Gaz incolore d'odeur forte et étouffante, très soluble dans l'eau (qui à la température ordinaire en dissout environ 450 fois son volume), fumant dans l'air humide, corrosif. [41]

III.1.6.1 Mécanisme de formation :

Le HCl se forme à partir du chlore contenu dans les déchets, et des vapeurs issus de l'incinération. La formation apparait aux environs de 200°C, puis plus rapidement à partir de 450°C.

Les proportions relatives entre le chlore et le HCl sont régies par l'équilibre de Deacon :



L'élévation de la température a tendance à orienter la réaction en faveur de la réaction endothermique, c'est-à-dire vers la formation préférentielle de HCl au dépend du chlore. [42]

III.1.6.1.1 Formation d'HCl à partir des chlorures minéraux :

Par réactions entre les chlorures alcalins et les sulfates acides des dépôts présents dans l'incinération et sur les cendres volantes :



On estime que seuls 65 à 70% du chlore contenu dans les déchets ménagers se retrouvent sous forme d'HCl. [42]

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

III.1.6.2 Effets sur l'environnement et la santé :

III.1.6.2.1 Effets sur l'homme :

Le chlorure d'hydrogène est un gaz à saveur acide, irritant pour les poumons et suffocant :

Tableau III.05: effet du HCl sur l'homme en fonction de la concentration dans l'air [34]

Concentration (mg/m ³)	Effets
0,1-0,2	Seuil détection odeur et respiration
0,2	Adaptation lumière
0,6	Effets chronaxies optiques
1,5-7,5	Seuil détection odeur
15	Travail non perturbé
15-75	Difficulté au travail
75-150	Intolérable (exposition de 60 minutes)
1500-1950	Dangereux (exposition allant de 30 à 60 minutes)
1950-3000	Mort (exposition de l'ordre de quelques minutes)

Très avide d'eau, l'HCl peut causer de graves brûlures par déshydratation de la peau.

Une exposition répétée peut provoquer des inflammations des muqueuses buccales, irritations des voies respiratoires allant jusqu'à provoquer des bronchites chroniques. [34]

III.1.6.2.2 Effet sur l'environnement :

- La durée de vie du chlorure d'hydrogène dans l'atmosphère est inférieure à 10 jours.
- Le HCl présent dans l'atmosphère est rapidement absorbé si le milieu est humide. Il est un des responsables des pluies acides et des phénomènes de « SMOG ». Il dégrade les bâtiments faits de calcaires.
- Dans le sol, il réagit rapidement avec les composés alcalins.

- Le HCl n'intervient que marginalement sur les phénomènes d'acidification des milieux terrestres, aqueux et aériens, du fait de son faible niveau d'émission comparé aux SO₂, aux NO_x et au NH₃. [34]

III.1.7 Fluorure d'hydrogène (HF) :

Le fluorure d'hydrogène est un gaz incolore de formule chimique HF (un atome d'hydrogène (H) et un atome de fluor (F)). Il a une odeur piquante, il est très corrosif et très facilement liquéfiable. [38]

III.1.7.1 Mécanisme de formation :

Le fluorure d'hydrogène se forme par action des acides sur les fluorures.

On estime que seulement 25% du fluor se retrouve dans les fumées. [42]

III.1.7.2 Effets sur l'environnement et la santé :

III.1.7.2.1 Effets sur l'homme :

- **Toxicité aigue**

Le fluorure d'hydrogène est absorbé principalement par les voies respiratoires, l'ion fluorure est ensuite distribué à tous les organes. Lorsqu'il est absorbé, le fluorure d'hydrogène est dissocié en ions H⁺ et F⁻.

Le contact du fluorure d'hydrogène avec la peau cause une nécrose des tissus affectés, en formant des complexes avec les ions calciums. La baisse des réserves de calcium peut éventuellement provoquer un arrêt cardiaque.

- **Toxicité chronique :**

L'exposition répétée provoque une irritation de la peau, des muqueuses oculaires et respiratoires, elle peut également se traduire par une surcharge fluorée dans l'organisme, se traduisant par une augmentation de la masse osseuse (phénomènes d'ostéoporose) et l'apparition de phénomènes de calcification ligamentaire (entraînant une limitation des mouvements).

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate des effets sur la reproduction, ni des effets cancérogènes ou mutagènes. [34]

III.1.7.2.2 Effets sur l'environnement :

En fonction du type de végétation, des effets phytotoxiques peuvent apparaître dès $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$: nécroses, problèmes de croissance ou de reproduction...

Certains végétaux sont plus sensibles au fluorure d'hydrogène, notamment certaines variétés de pommiers, de plantes fourragères, de haricots, de fleurs. Les pins et autres conifères sont également des espèces sensibles à ce polluant. [34]

III.1.8 Dioxines et furanes :

Les déchets médicaux contiennent de grandes quantités de polychlorure de vinyle (PVC), matière plastique chlorée qui sert à fabriquer des récipients pour recueillir le sang, des cathéters, des tuyaux et de nombreux autres articles. Lorsqu'il est incinéré, le PVC dégage des dibenzoparadioxines polychlorées (PCDD) et des dibenzofuranes polychlorés (PCDF), famille qui regroupe 210 polluants organiques persistants involontairement formés et rejetés dans l'atmosphère lors de l'application d'un certain nombre de procédés industriels et d'opérations d'incinération, y compris l'incinération des déchets médicaux, en raison d'une combustion incomplète ou de réactions chimiques. [44]

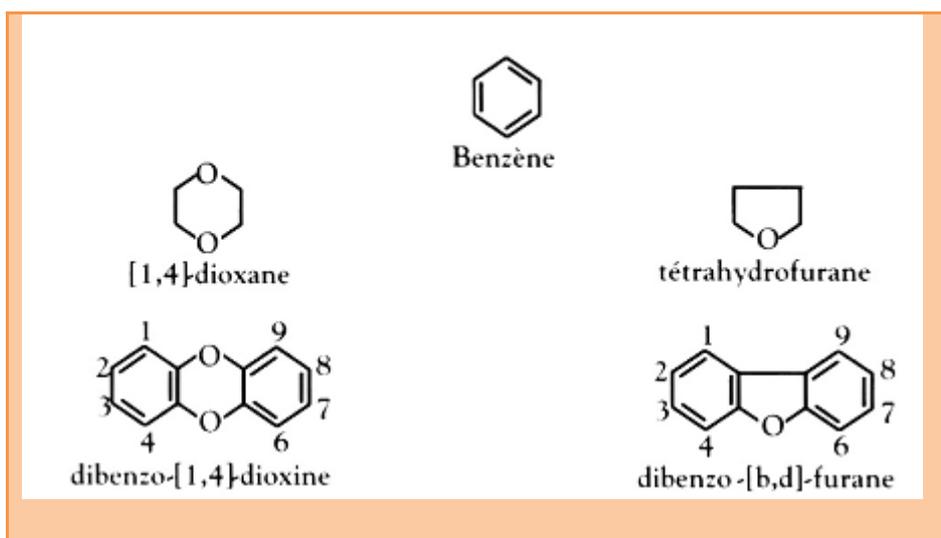


Figure III.02: Structures chimiques et numérotation des dioxines. [44]

III.1.8.1 Mécanisme de formation :

Les chlorobenzènes et les chlorophénols forment par des réactions de condensations des intermédiaires aromatiques bicycliques comme des polychloro-biphényles (PCB), des polychloro-diphényl-ethers (PCDPE), des polychloro-phénoxy-phénols (PCPP) et des polychloro-dihydroxy-biphényles (PCDB). Par des réactions de cyclisations intramoléculaires, par perte de dichlore, d'acide chlorhydrique, de dihydrogène ou d'eau, ces intermédiaires donnent des PCDD/Fs. La modélisation de ces mécanismes est complexe, Il s'agit d'un modèle très simple à partir d'un polychlorophénol comme précurseur. L'intermédiaire réactionnel bicyclique formé par condensation des noyaux aromatiques est un polychloro-phénoxy-phénol.

La formation des polychlorodibenzodioxines et dibenzofuranes dans la synthèse « De Novo » est une dégradation oxydante de structures prégraphitiques dégénérées. Les produits majoritaires de la combustion sont les oxydes de carbones (CO, CO₂). Il se forme aussi des sous-produits comme polychlorobenzènes, les polychlorophénols, les polychloronaphtalènes et les PCDD/Fs. Les rendements de ces sous-produits, exprimés en % de carbone par rapport au carbone initial contenu dans la cendre volante, sont compris entre 1 et 2 % pour les polychlorobenzènes et de 0,01 à 0,04 % pour les PCDD/Fs. [45]

III.1.8.2 Effet sur l'environnement et la santé:

III.1.8.2.1 Effets sur l'homme :

Les polluants émis lors de l'incinération des déchets vont entrer au contact de l'homme selon des voies variées :

- Digestive (apport négligeable par l'eau du fait du caractère hydrophobe des dioxines et furanes, apport majoritaire (95%) par ingestion de graisses animales,

De part leur nature persistante (temps de demi-vie d'environ 7 ans dans le corps humain), ces molécules présentent des effets toxiques sur la santé humaine associés à une vaste gamme d'effets nuisibles: dégradation du système immunitaire, effets sur la reproduction et sur le développement et propriétés cancérigènes.

Chez l'homme, des expositions à court terme à de fortes doses peuvent être à l'origine de lésions cutanées et d'une altération du système hépatique. Un risque augmenté de diabète

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

ainsi qu'une augmentation de la mortalité cardiovasculaire ont également été signalés chez les sujets très exposés. [46]

III.1.8.2.2 Effets sur l'environnement :

Ces molécules sont très stables chimiquement, peu biodégradables. Elles présentent donc un potentiel important d'accumulation dans les sols, le sédiment et les tissus organiques.

Au niveau de l'atmosphère, les dioxines émises peuvent être transportées sur de longue distance. Du fait de la forme particulaire prédominante des dioxines (et non sous forme gazeuse), les retombées atmosphériques des substances contaminent de façon privilégiée les sols et les végétaux plutôt que l'air et ce sur de longue distance.

Au niveau des sols, les dioxines semblent peu migrer en profondeur, (A 95% dans les 10 premiers Centimètres de profondeur des sols cultivés ou pâturés, Temps de demi-vie d'une dizaine d'année). Les dioxines se déposent également à la surface des feuilles des végétaux, contaminant alors les animaux herbivores.

Au niveau des eaux, les dioxines s'associent alors rapidement à des particules en suspension et sédimentent. Les niveaux de dioxines dans l'eau sont généralement très faibles, voire négligeables car les dioxines sont lipophiles : taux généralement non détectables. [46]

III.1.9 Poussière :

Ces particules sont de taille et de poids minuscule. La majorité de ces particules sont, éliminées par le dépoussiérage lors de l'incinération. [47]

III.1.9.1 Mécanismes de formation des poussières :

Il convient de distinguer deux types de poussières qui diffèrent à la fois par leur origine et par leur composition granulométrique

- Les poussières d'origine mécanique formées à partir d'une masse de matière solide par broyage, concassage ou accidentellement au cours d'une manutention de solide ou par éclatement de la matière au contact d'un gaz chaud

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

- Les poussières d'origine chimique ou thermique qui prennent naissance au cours d'un changement d'état de matière, soit par réaction chimique en phase gazeuse, soit par évaporation à haute température de solides liquéfiés suivie d'une condensation et d'une solidification. Ces particules dite « submicronique » ou « fines » sont toutes de dimension inférieure au micron lors de leur formation
- La formation des particules d'origine thermique passe par deux phases : formation de noyaux de condensation, grossissement de ces noyaux servant de support de condensation. Les particules formées sont d'autant plus petites que la température initiale de formation des vapeurs est plus élevée et le refroidissement est plus brutal, la limite inférieure correspondant aux dimensions théorique des noyaux (quelques millièmes de micromètres). lorsque le temps de refroidissement est plus court que le temps de formation des noyaux. [48]

III.1.9.2 Effet sur l'environnement et la santé :

III.1.9.2.1 Les effets sur l'homme :

Les effets des poussières sur la santé sont variables en fonction de leur taille, de leur composition et, en particulier, de la présence ou non de métaux lourds et de composés organiques persistants adsorbés.

La toxicité des particules en suspension est essentiellement due aux particules de diamètre inférieur à 10 (les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez ou des voies respiratoires supérieures).

De nombreuses manifestations sanitaires, à court ou long terme, sont associées aux concentrations des particules dans les études épidémiologiques. Le rôle des poussières en suspension a été montré dans le cas de certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, des affections respiratoires chroniques (notamment la bronchite chronique obstructive), le déclenchement de crises d'asthme, l'altération du débit ventilatoire et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire. [34]

III.1.9.2.2 Les effets sur l'environnement

Du point de vue environnemental, les particules en suspension peuvent réduire la visibilité et influencer le climat en absorbant ou en diffusant la lumière. En se déposant, elles salissent et contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux. Les particules,

CHAPITRE III : LES POLLUANTS ISSUS DE L'INCINERATION

riches en nitrate et sulfates d'ammonium, participent quant à elles à l'eutrophisation et à l'acidification des milieux. [34]

III.2 Les résidus solides :

III.2.1 Cendres :

Les cendres produites par l'incinération des déchets contiennent généralement les mêmes polluants que les émissions aériennes, mais peuvent s'en distinguer par leur concentration et leur composition.

Les cendres volantes et les mâchefers contiennent des dioxines et des métaux lourds mais, tout comme dans le cas des émissions aériennes, peu de choses sont connues sur tous les autres composés contenus dans les cendres volantes. [3]

III.2.2 Mâchefers :

Les mâchefers sont les résidus solides résultant de la combustion des déchets. Ces résidus contiennent d'une part, certains éléments métalliques qui peuvent être retirés dans un but de recyclage et d'autre part, un certain taux de minéraux (silice) leur permettant une utilisation comme matériau de substitution en techniques routières. En outre, la présence de polluants (métaux lourds) peut être relevée. [8]

III.2.3.1 Effets sur l'environnement et santé :

III.2.3.2 Les effets sur l'homme :

Les cendres et les mâchefers sont potentiellement toxiques à cause des métaux lourds et des sels qu'elles contiennent, Elles contiennent également d'autres substances chimiques toxiques, notamment des dioxines.

Les dioxines sont très toxiques et peuvent provoquer des problèmes au niveau de la procréation, du développement, léser le système immunitaire, interférer avec le système hormonal et causer des cancers.

La présence de métaux lourds dans nos systèmes est très grave car ces métaux sont capables de causer de graves problèmes de santé en interférant avec le fonctionnement biologique normal. Bien que l'on puisse les trouver dans des concentrations élevées dans le corps, un certain nombre de ces métaux lourds (aluminium, béryllium, cadmium, plomb et mercure) n'ont pas de fonction biologique connue. [49]

III.2.3.2 Les effets sur l'environnement :

Les cendres volantes contiennent du soufre, parfois jusqu'à 1,3 %, qui agit comme fertilisant pour les plantes de sols acides, et augmente leur rendement agricole.

En revanche, les effets négatifs sont une réduction de la biodisponibilité en azote et en phosphore, un déséquilibre entre les éléments du sol (du fait du pH élevé) et une accumulation d'éléments phytotoxiques tels que les métaux traces toxiques et les composés du bore en excès ;

Par ailleurs, il s'avère que l'absorption dans le sol de micropolluants organiques (contenus dans les cendres notamment) par les plantes est en général faible. En fait, pour les micropolluants organiques, la contamination par voie aérienne est plus importante que par le sol ;

Lorsque les cendres sont lessivées et reléguées dans les cours d'eau, elles entraînent des composés polluants qui peuvent être ingérés par la faune. [50]

CHAPITRE IV :

METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

1^{ème} partie : méthodologie

IV.1.1 Description du four NAR 5000 :

Le four NAR 5000 est un incinérateur de type horizontal statique à sole fixe. Il est constitué d'une enveloppe métallique renforcée par un revêtement réfractaire 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.

L'élimination des résidus (cendres et mâchefers d'incinération) est assurée manuellement par ouverture d'une trappe située à l'autre extrémité de la chambre de combustion. [51]

IV.1.1.1 Capacité physique du foyer :

Le four est équipé d'un système d'alimentation en continu composé des parties suivantes :

- ✓ D'un skip de hauteur maximale de 4 m et de capacité de benne de chargement de 100 litres
- ✓ D'une trémie mécano soudée de capacité variable de 0,5 à 2 m³.
- ✓ D'un sas d'alimentation réalisé en tôle mécano soudé, avec revêtement réfractaire d'épaisseur de 150 mm.
- ✓ De deux cannes d'injection de débit de 100 à 400 l/h pour la pulvérisation des déchets liquides.

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

Compte tenu du volume libre du sas, le volume de déchets à chaque chargement ne peut excéder 200 litres soit 50 kg, limitant ainsi la capacité horaire optimale des chargements à 200 kg. [51]

IV.1.1.2 Limitation thermique du foyer :

Le volume libre du foyer est de 3,73 m³. La charge thermique spécifique ne peut excéder 200 th/ m³ de foyer pour éviter toute dégradation rapide du revêtement interne. La capacité thermique optimale du foyer ne pourra dépasser 750 th/h. Compte tenu des caractéristiques des divers déchets susceptibles d'être incinérés, la capacité horaire maximale de fonctionnement est de 280 kg/h. [51]

IV.1.1.3 Post combustion :

En vue d'assurer l'oxydation complète des imbrûlés présents dans les gaz, l'usage requiert un temps de rétention des gaz de combustion de deux secondes au minimum à une température supérieure à 850 °C. [51]

IV.1.1.4 Fonctionnalité :

Le four est destiné à traiter une charge évoluant entre 187 et 300 Kg/h selon les caractéristiques des déchets produisant de 8 à 22 Kg/h de mâchefer et cendres en moyenne. [51]

Tableau IV.1.01 : Capacités maximales de destruction de l'incinérateur NAR 5000

Déchets	Siccité	MO / MS	PCI MO	Température Incinération	Capacité Max
Industriels et Médicaments	%	%	Kcal /kg MO	°C	Kg /h
	77	95	5500	950	187
Ord. Ménag	75	90	3700	950	300
Hospitaliers	74	88	4500	1100	256

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1.2 Descriptif technique du système de lavage et de neutralisation des eaux de purge :

Cet équipement est installé en aval des incinérateurs, il assure le traitement des gaz de combustion des déchets avant leur rejet à l'atmosphère.

Le laveur de fumées est un procédé de traitement de fumées dit « humide » permettant de capter : les poussières en phase humide par mouillage en milieu turbulent, les acides en extracteur phase humide par neutralisation au moyen d'un réactif, et quelques métaux lourds en phase humide par un lavage d'eau additionnée d'un réactif de neutralisation, s'il y a présence d'acides. [51]

IV.1.2.1 Caractéristiques techniques :

Débit : 2080 Nm³/h

Température : 1000°C

Teneur en poussières : 600mg/Nm³

Efficacité sur les poussières : 90% sur les particules à 5 micromètres.

Le système de lavage et de neutralisation des fumées « turbulaire » appartient à la famille des laveurs dits à « haute énergie ». Il consiste en un corps cylindrique.

Le laveur comporte :

- ✓ une section de pulvérisation,
- ✓ une section « turbulente » de lavage et de dépoussiérage,
- ✓ une section d'agglomération,
- ✓ une section de neutralisation,
- ✓ une section de dévésiculation.

Les fumées sortent à une température de 900°C par le haut et subissent une pulvérisation d'eau de recyclage et d'eau propre (eau d'appoint) qui permettra une déconcentration du liquide de lavage.

Cette étape permet de pré saturer les gaz et de rabattre la température.

Les gaz passent ensuite dans le venturi à volets réglables où la majeure partie des particules est éliminée. Aussi, un transfert de ces particules solides de la phase gazeuse vers la phase liquide s'y déroule.

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

Les gaz sortant du venturi passent du bas vers le haut au travers d'une colonne de lavage équipée de trois (03) plateaux de contact perforés, où se déroulent les réactions de neutralisation des gaz acides par la soude selon le mécanisme réactionnel suivant :



Après neutralisation, les fumées sont extraites à l'aide d'un ventilateur de tirage puis évacuées vers l'atmosphère au travers d'une cheminée. [51]

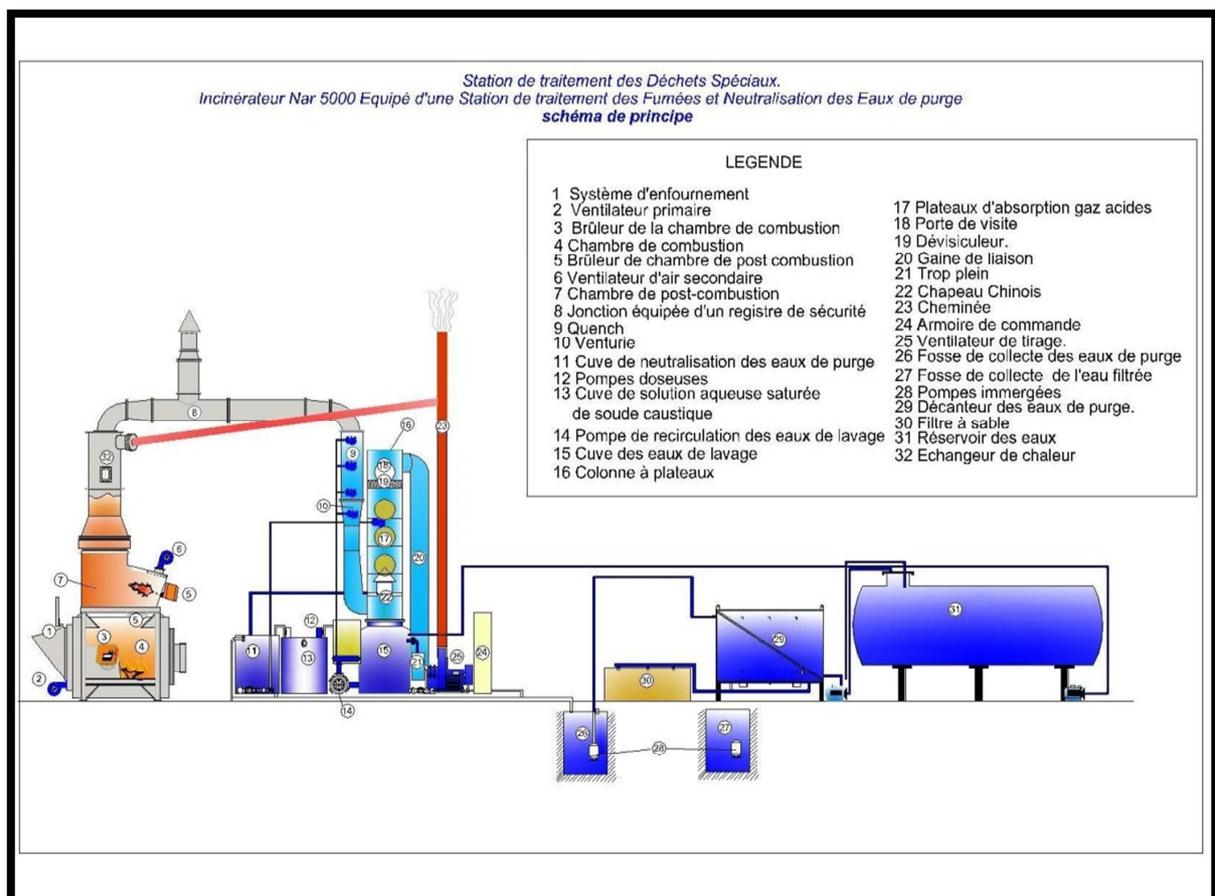


Figure IV.1.01 : station des déchets spéciaux [51]

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION



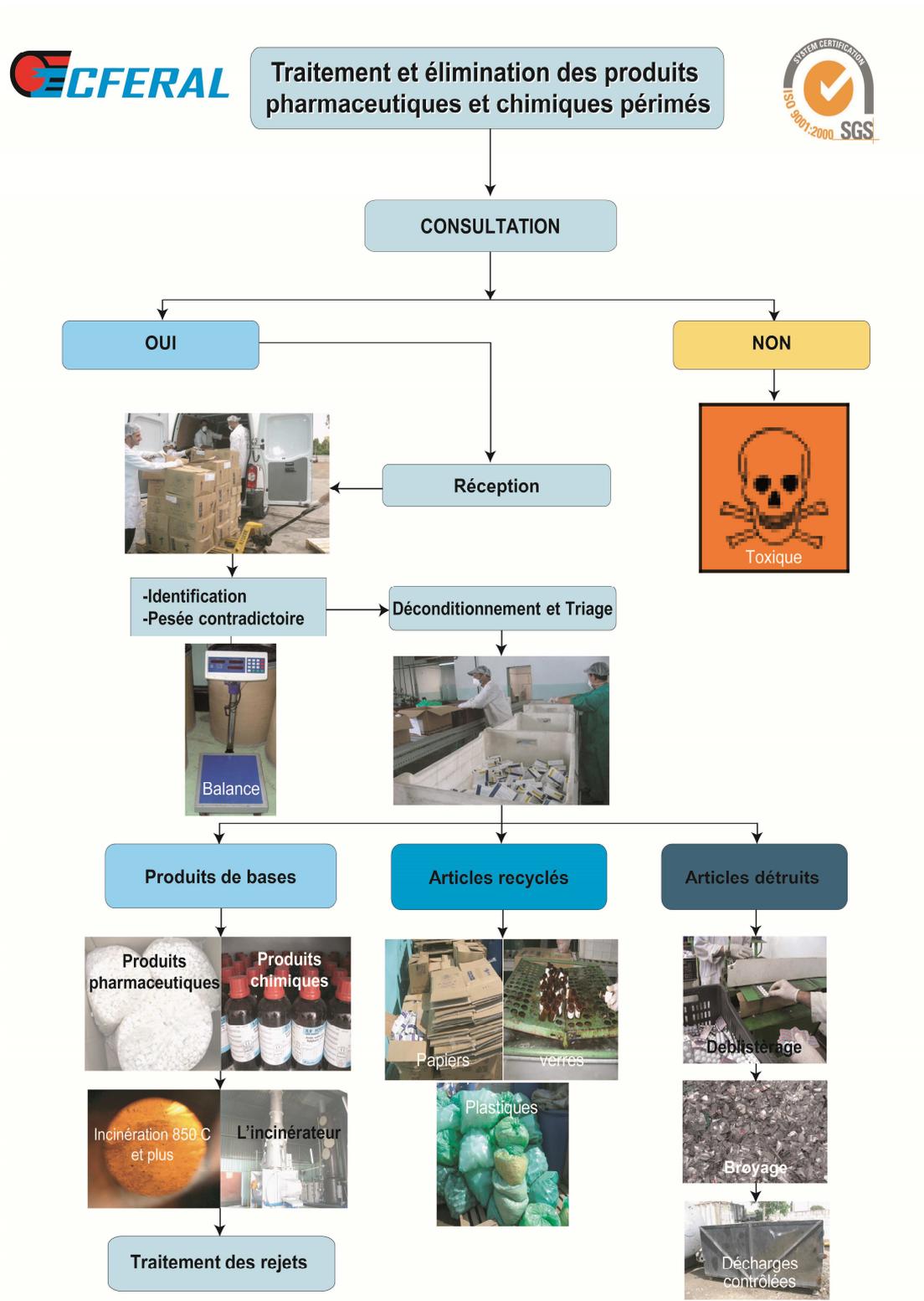
Photo IV.1.01 et Figure IV.1.02 : Station d'Incinération.

(Incinérateur NAR 5000 équipé d'un laveur de fumées type tubulaire)

Cette Station d'Incinération est soumise à la réglementation algérienne relative aux Installations classées : **Décret exécutif N° 7-144 du 19/05/07. [51]**

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1.3 Procédure de traitement les déchets pharmaceutiques périmés par ECFERAL : [51]



CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1.4 Prélèvement d'échantillonnage :

IV.1.4.1 Prélèvement isocinétique des poussières :

Ce système d'échantillonnage isocinétique permet de prélever en continu un échantillon de gaz ou de vapeur dans une cheminée en conservant les mêmes caractéristiques de vitesse qu'au point de prélèvement. Ceci permet d'obtenir un échantillon représentatif du flux dans la cheminée. Les particules sont déposées sur un filtre.

Les gaz chauds sont conditionnés dans une série de barboteurs froids.

Les condensats sont récupérés et un compteur volumétrique (DGM) mesure le débit de gaz sec.

Le système de prélèvement isocinétique de poussières utilisé comporte les éléments suivants (figure IV.03).

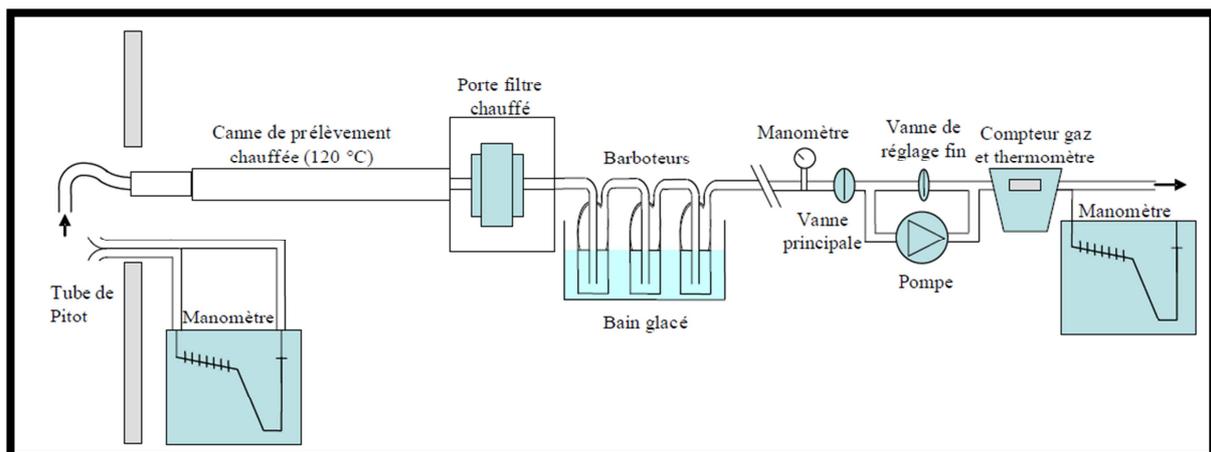


Figure IV.1.03 : Schéma de l'échantillonneur iso-cinétique de poussière (Clean Air Europe) [52]

- un tube de Pitot de type « S » pour mesurer la vitesse des gaz dans le conduit;
- une buse de prélèvement en e INOX (de diamètre 6 mm);
- une canne de prélèvement en verre dans un tube en acier inox chauffé et thermostatés à 150 °C;
- un filtre en fibres de quartz inséré dans un porte-filtre, lui-même placé dans une enceinte chauffée (150 °C) pour éviter la condensation des gaz;

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

- une série de quatre barboteurs dans un bain d'eau refroidie pour condenser la vapeur d'eau;
- une vanne pointeau permettant le réglage du débit;
- une pompe d'aspiration 40 l/min;
- un compteur de gaz.

Afin de garantir la représentativité de l'échantillon, un prélèvement de poussières dans les fumées a été fait par piégeage sur un filtre en quartz ($\varnothing 82.6$) placé dans une enceinte chauffée à 150 °C, au moyen d'un dispositif d'aspiration assurant l'iso cinétisme du prélèvement (**pompe de prélèvement d'un débit de 40l/min**). Plus précisément, les fumées sont prélevées à la même vitesse que celle de leur écoulement dans la cheminée. Le filtre en quartz permet les poussières et de limiter la perte de charge et donc d'aspirer la fumée à un débit constant. Le quartz est un support minéral, supposé inerte chimiquement et résistant bien à la température de l'enceinte. Le chauffage de cette enceinte de filtration est destiné à éviter la condensation sur le filtre d'espèces condensables à température ambiante, telles que l'eau.

Le prélèvement isocinétique permet, quant à lui, d'échantillonner les fumées sans altérer ses caractéristiques : rapport des quantités d'espèces solides/espèces gazeuses et distribution granulométrique des particules. [51]



Photo IV.1.02 : prélèvement isocinétique des poussières [49]

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1.4.2 Caractérisation des mesures par Horiba PG-250 :

IV.1.4.2.1 L'analyseur multi-gaz Horiba PG-250 :

L'analyseur multi-gaz conçu pour la mesure des principaux composants des gaz chauds issus installations de combustion. Il est constitué d'analyseur permettant la mesure des espèces chimiques (O_2 , CO_2 , SO_x , CO , NO_x).

Le mesure des autre gaz se fait à la sortie du convertisseur afin d'éviter les interférences susceptibles d'être induites par la présence de NO_2 . Après l'analyse du CO_2 par un détecteur infra-rouge non dispersif (NDIR), les gaz sont séparés en deux voies, une première pour la mesure de CO et SO_2 (également par NDIR), et une seconde pour l'analyse d' O_2 par paramagnétisme. Le principe de chacune de ces mesures est détaillé dans les parties suivantes

1. analyse de NO par chimiluminescence.
2. analyse du dioxyde de carbone par spectroscopie infrarouge.
3. analyse du monoxyde de carbone et du dioxyde soufre par spectroscopie infrarouge.
4. analyse de l'oxygène moléculaire par paramagnétisme. [52]



Figure IV.1.04 : Horiba PG-250 [52]

IV.1.4.2.2 Calibration de l'analyseur :

L'ensemble des analyseurs de l'Horiba PG-250 sont calibrés selon une droite d'étalonnage de deux points :

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

Un point zéro : analyse d'un gaz ne contenant pas le composé analysé ;

Un point de Span : analyse d'un gaz contenant le composé à une concentration connue proche de celles mesurées ensuite.

Lors d'une campagne, l'analyseur est calibré avant chaque mesure sur site. Dans le cas des analyses en laboratoire, il est calibré tous les deux jours. Le point zéro est calibré sur l'azote moléculaire. Le point de span est calibré grâce à une bouteille étalon contenant analysés dans de l'azote. [52]

IV.1.4.2.3 Analyse in-situ des gaz :

L'analyse des majoritaires (O₂, CO₂, NO_x, CO, SO_x) se fait par un analyseur multi-gaz portatif, l'Horiba PG-250. Les gaz sont tout d'abord filtrés par la sonde de prélèvement PSP 4000 H puis séchés par le système de conditionnement M C (figure IV.11) [52]

IV.1.4.2.4 Conditionnement des gaz :

L'analyseur est lui-même équipé d'un filtre et d'un as sécheur mais de faibles capacités. Etant donnée la nature des fumées étudiées, il est nécessaire de piéger un maximum de particules et d'humidité avant l'arrivée des gaz dans le PG-250, et donc d'y associer d'autres modules asséchant et de filtration.

La sonde de prélèvement est constituée d'un tube en acier inoxydable de diamètre externe ¼ pouce (6,35 mm) permettant d'atteindre le point de prélèvement. Les gaz prélevés ensuite filtrés par la sonde de gaz PSP4000 H chauffée à 150°C pour éviter toute condensation puis ils sont conduits jusqu'au conditionneur de gaz par une ligne chauffée avec des parois internes en téflon.

Le système de conditionnement des gaz permet théoriquement d'assécher les fumées sans dissoudre dans les composés mesurés en aval (O₂, CO₂, SO_x, CO, NO_x).les fumées passent d'abord dans le refroidisseur. [53]

IV.1.5 Le niton XRF :

C'est une méthode d'analyse utilisée pour la quantification des éléments présents dans des échantillons liquide, solides ou en poudre. Elle permet de doser tous les éléments dont le numéro atomique « Z » supérieur ou égal à 13. [54]

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION



Photo IV.1.03 : NITON XRF ANALYSER

IV.1.5.1 Domaine d'utilisation :

Les domaines où la technique XRF peut être utile sont évidemment très nombreux et variés. Elle est plus utilisée dans l'analyse des échantillons biologiques :

La matrice biologique est principalement composée de matériaux organiques, les éléments majeurs sont des éléments légers, qui ne donnent aucun signal dans un spectre X. [54]

IV.1.5.2 Application :

- Identification et tri des métaux et alliages pour leur recyclage et négoce ;
- Traitement de surfaces ;
- Analyse des métaux lourds dans les sols et déchet ;
- Dépollution de sites ;
- Détection et quantification des métaux lourds et composés halogénés dans les plastiques, jouets, vêtements, peintures ;

Analyse, contrôle et identification des métaux précieux des bijoux, dans les composants électroniques et dans les pots catalytiques. [55]

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1.5.3 Principe de la technique :

Le principe de la fluorescence X.

- Un électron des couches internes est excité par un photon de la région des rayons X.

Pendant le processus de désexcitation, un électron saute d'un niveau d'énergie supérieur pour remplir la lacune ainsi formée. La différence d'énergie entre les deux couches apparaît comme un rayon X émis par l'atome ;

- Le spectre des rayons X accumulé pendant ce processus révèle un certain nombre de pics Caractéristiques. Les énergies des pics nous permettent d'identifier les éléments présents dans l'échantillon (analyse qualitative), tandis que les intensités des pics fournissent la concentration relative ou absolue (analyse semi-quantitative ou quantitative) ;

- Un système typique pour la spectrométrie XRF contient une source de radiation primaire (D'habitude un radio-isotope ou un tube X) et un équipement pour la détection des rayons X secondaires. [55]

2^{ème} PARTIE : LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.2.1 Calcul de la masse des poussières :

La quantité de particules dans les fumées (sur gaz sec) est calculée à partir des pesées du filtre avant et après prélèvement par une balance type SCALTEC SPB31-10⁻⁴ mg, selon les équations (Eq. 02), (Eq. 03) et (Eq. 04).

$$m_{\text{particules}} = m_{\text{filtre chargé}} - m_{\text{filtre vide}} \quad (\text{Eq. 02})$$

$$[\text{Particule}]_{\text{Norm.}} = \frac{m_{\text{particules}}}{V_{\text{gaz}}} \quad (\text{Eq. 03})$$

$$V_{\text{gaz analysé}} = \frac{273}{273 + T} \cdot V_{\text{gaz mesuré}} \quad (\text{Eq. 04})$$

avec $[\text{particule}]_{\text{Norm.}}$ la concentration en particules dans les fumées dans les condition normales en mg/Nm³ sur gaz sec, $m_{\text{particules}}$ la masse de particules piégées sur le filtre en mg, $V_{\text{gaz analysé}}$ le volume de gaz prélevé en Nm³, $V_{\text{gaz mesuré}}$ le volume de gaz mesuré par le compteur de gaz en m³ et T la température des gaz au niveau du compteur de gaz en °C.

Afin d'avoir des résultats comparables et de s'affranchir des effets de dilution, les résultats sont exprimés pour une teneur en O₂ définie par les directives européennes.

Cette teneur en O₂ est variable selon le type d'installation de combustion (afin d'être proche des valeurs réelles).

Dans le cas d'un incinérateur de déchets, la teneur en oxygène de référence est fixée à 11 %. La valeur corrigée se calcule alors suivant l'équation (Eq. 05).

$$[\text{Particule}]_{\text{corrigé}} = \frac{21-11}{21 - [\text{O}_2]_{\text{mesuré}}} \cdot [\text{Particule}]_{\text{Norma.}} \quad (\text{Eq. 05})$$

Avec $[\text{particule}]_{\text{corrigé}}$ la concentration en particules dans les fumées en mg/Nm³ à 11 % d'O₂, $[\text{O}_2]_{\text{mesuré}}$ la concentration en O₂ mesurée dans les fumées en % volumique.

IV.2.2 Application numérique :

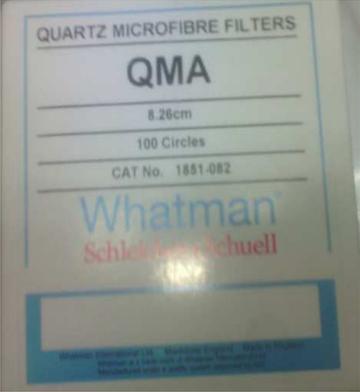
IV.2.2.1 Masse de particules:

$$m_{\text{particules}} = m_{\text{filtre chargé}} - m_{\text{filtre vide}} \quad (\text{Eq. 02})$$

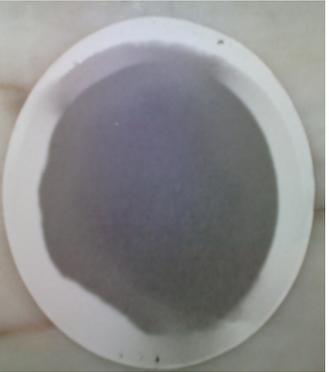
CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau IV.2.01: les masses de particules

Produit \ Masse	Novoformine	Sargenor	Klavox	Victoza	Nobac
$m_{\text{filtre vide}}(\text{g})$	0,4625	0,4688	0,4613	0,4633	0,4652
$m_{\text{filtre chargé}}(\text{g})$	0,4638	0,5031	0,4629	0,4780	0,5316
$m_{\text{particules}}(\text{g})$	0,0013	0,0343	0,0016	0,0147	0,0664
$m_{\text{particules}}(\text{mg})$	1,3	34,3	1,6	14,7	66,4

		
<p>Photo IV.2.01 :Boite de filtre</p>	<p>Photo IV.2.02 : Produit pharmaceutique périmé : Novoformine</p>	<p>Photo IV.2.03 : Produit pharmaceutique périmé : Sargenor</p>
		
<p>Photo IV.2.04: Filtre vide</p>	<p>Photo IV.2.05 :Filtre chargée-novoformine</p>	<p>Photo IV.2.06 :Filtre chargée Sargenor</p>

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

		
<p>Photo IV.2.07: Produit pharmaceutique périmé : klavox</p>	<p>Photo IV.2.08: Produit pharmaceutique périmé : Victoza</p>	<p>Photo IV.2.09: Produit pharmaceutique périmé : NOBAC</p>
		
<p>Photo IV.2.10 :Filtre chargée : Klavox</p>	<p>Photo IV.2.11 :Filtre chargée: Victoza</p>	<p>Photo IV.2.12 :Filtre chargée: NOBAC</p>

La couleur du filtre est grise ce qui est caractéristique des poussières issues de la combustion.

IV.2.2.2 Volume mesuré

Température des gaz à l'entrée du débit mètre est de 30°C

V à t=0 c'est $V_{initial}$

V après 1 h de prélèvement c'est V_{final}

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

$$V_{\text{gaz mesuré}} = V_{\text{final}} - V_{\text{initial}} \quad (\text{Eq 06})$$

$$V_{\text{gaz analysé}} = \frac{273}{273+T} \cdot V_{\text{gaz mesuré}} \quad (\text{Eq. 04})$$

$$[\text{particule}]_{\text{Norm.}} = \frac{m_{\text{particules}}}{V_{\text{gaz}}} \quad (\text{Eq. 03})$$

Tableau IV.2.02 : les volumes mesurés

	Novoformine	Sargenor	Klavox	Victoza	Nobac
$V_{\text{initial}} \text{ (L)}$	1112	4149	5209	9229	7037
$V_{\text{final}} \text{ (L)}$	1508	5313	6209	10229	9380
$V_{\text{gaz mesuré}} \text{ (m}^3\text{)}$	0,396	1,164	1	1	2,343
$V_{\text{gaz analysé}} \text{ (Nm}^3\text{)}$	0,36	1,05	0,9	0,9	2,11
$[\text{particule}]_{\text{Norm}} \text{ (mg/Nm}^3\text{)}$	3,61	32,66	1,78	16,33	31,46

IV.2.2.3 Concentration des poussières dans les conditions normales :

La concentration moyenne de l'O₂ mesurée au cours de la période de prélèvement de poussières était de 14%.

$$[\text{particule}]_{\text{corrigé}} = \frac{21-11}{21 - [\text{O}_2]_{\text{mesuré}}} \cdot [\text{particule}]_{\text{Norm}} \quad (\text{Eq. 05})$$

Tableau IV.2.03 : les concentrations des poussières dans les conditions normales

	Novoformine	Sargenor	Klavox	Victoza	Nobac
$[\text{particule}]_{\text{corrigé}} \text{ (mg/Nm}^3\text{)}$	5,15	46,66	2,54	23,33	44,94

IV.2.2.4 Comparaison à la valeur limite de poussières fixée : journal officiel (J.O) N°24 :

Décret exécutif n° 06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle (ANNEXE 1).

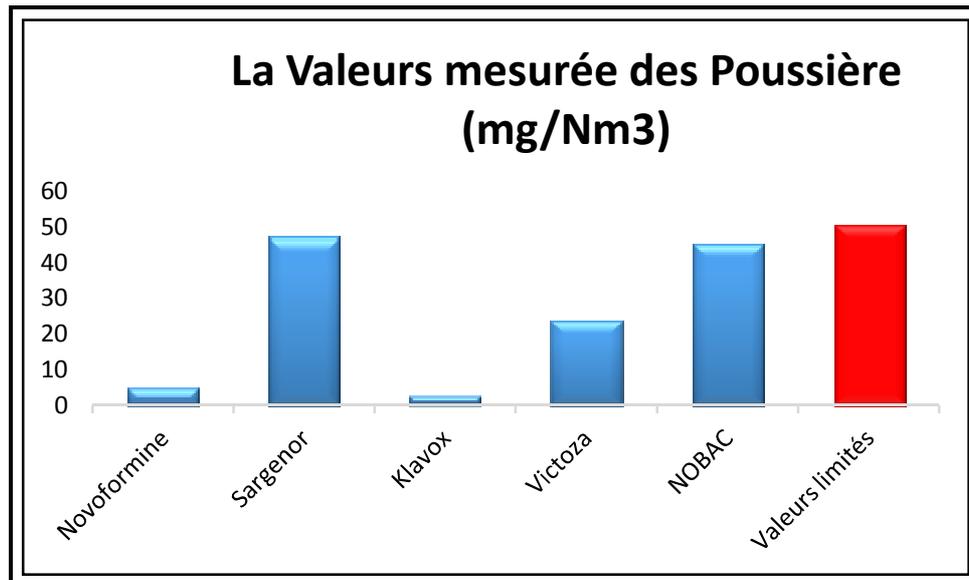


Figure IV.2.01: Histogramme mesurée la masse de poussière de chaque produit

Selon les résultats obtenus la teneur en poussières totales est conforme aux normes Décret exécutif n° 06-138 du 15 avril 2006. Globalement, en ce qui concerne les produits Nvoformine et Klavox les concentrations moyennes mesurées sont de 10 à 2 fois inférieures à la limite fixée et pour les produits Sargenor et Nobac les valeurs sont très proche de la norme. Cette différence est due probablement au caractéristiques, la composition des produits et aux conditions d'exploitations du four.

IV.2.2.5 Campagnes d'analyse des rejets gazeux:

L'objectif de cette campagne est d'optimiser les paramètres d'exploitations des stations d'incinération afin d'avoir un meilleur rendement de traitement, un minimum de rejets et une bonne économie d'énergie.

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

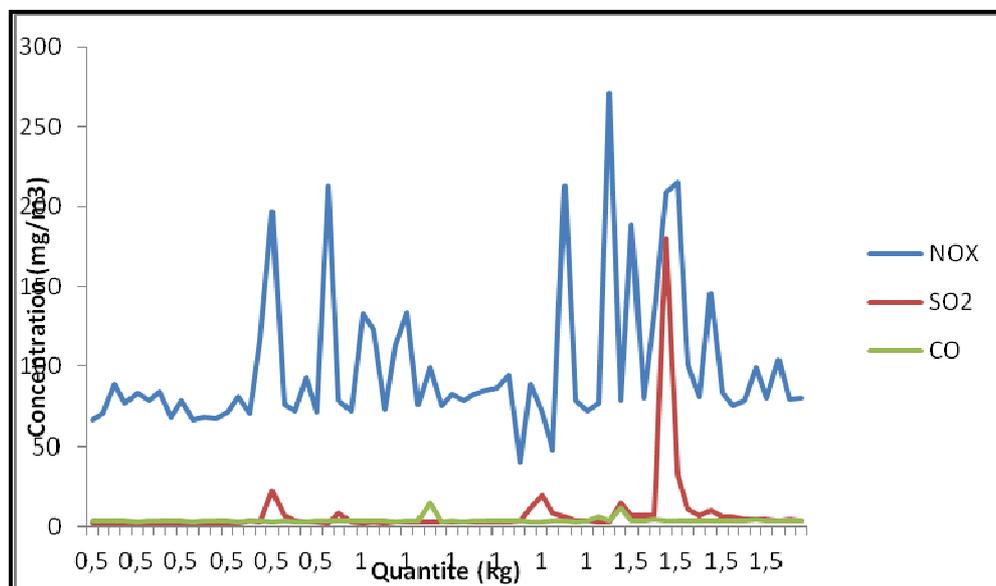
Les résultats d'optimisation vont nous permettre de déterminer les cadences exactes d'enfournement et le temps de séjour dans le foyer de chaque type de déchet. La durée de chaque campagne d'analyse est de 8h.

A cet effet, des enregistrements des principaux paramètres de combustion (teneur en O₂, teneur en CO, teneur en NO_x, teneur en SO₂) et de température au niveau de la post-combustion seront effectuées. Les résultats obtenus seront et comparés aux normes des rejets atmosphériques Algérien.

IV.2.2.5.1 Résultats d'analyses :

Tableau IV.2.04: la quantité des polluants issus de combustion de Novoformine

polluant quantité (kg)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (mg /m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	CO (mg/m ³)
0,5	15,27	3,90	179,80	10,48	4,68
1	15,91	4,148	189,86	13,34	5,29
1.5	16,01	4,56	243,73	48,62	5,78



CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

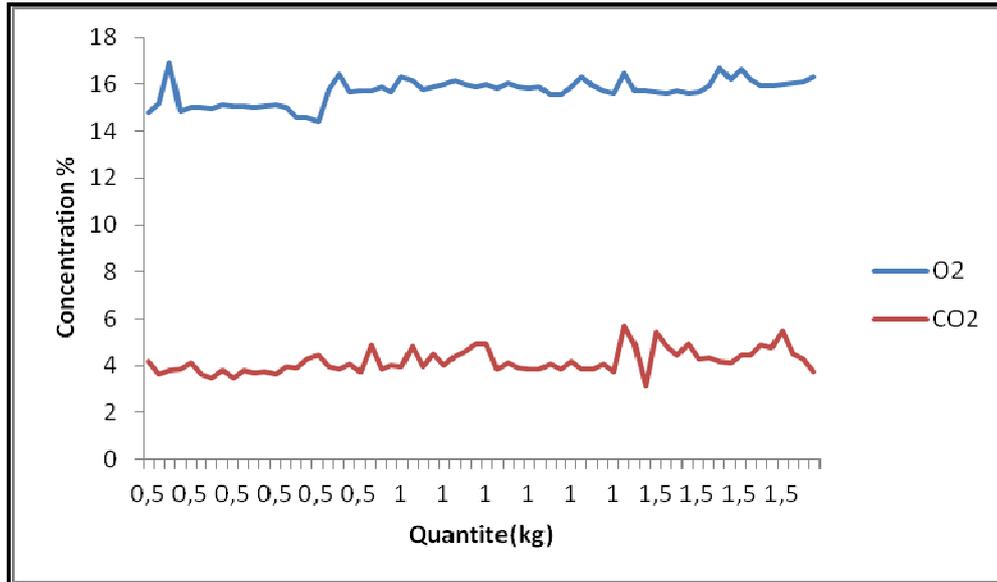


Figure IV.2.02 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité

La (figure IV.2.02) montre que pour une cadence de 0.5 Kg la durée de la réaction de combustion était d'environ 30 secondes. Les taux du monoxyde de carbone, étaient négligeables par rapport aux normes exigées par la réglementation algérienne ($4,68 \text{ mg/m}^3$) et pour les oxydes d'azote le max était d'environ $179,80 \text{ mg/m}^3$ ce qui représente une valeur au-dessous des normes tolérées.

Pour déterminer la cadence max (figure IV.2.02), on a augmenté le poids jusqu'à 1.5Kg. Le temps de réaction de combustion était de 90 secondes où il a été constaté une légère variation dans les taux de CO ($5,78 \text{ mg/m}^3$) tout en restant dans la limite des normes en vigueur et pour les oxydes d'azote le max était d'environ $243,73 \text{ mg/m}^3$ ce qui représente une valeur au-dessous des normes tolérées.

Tableau IV.2.05 : la quantité des polluants issus de combustion de Sargenor

polluant quantité (kg)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (mg /m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	CO (mg/m ³)
2	14,81	4,67	135,74	9,82	13,58
3	15,06	5,02	145,24	12,58	33,43
3,5	15,88	5,14	190,65	14,82	94,43

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

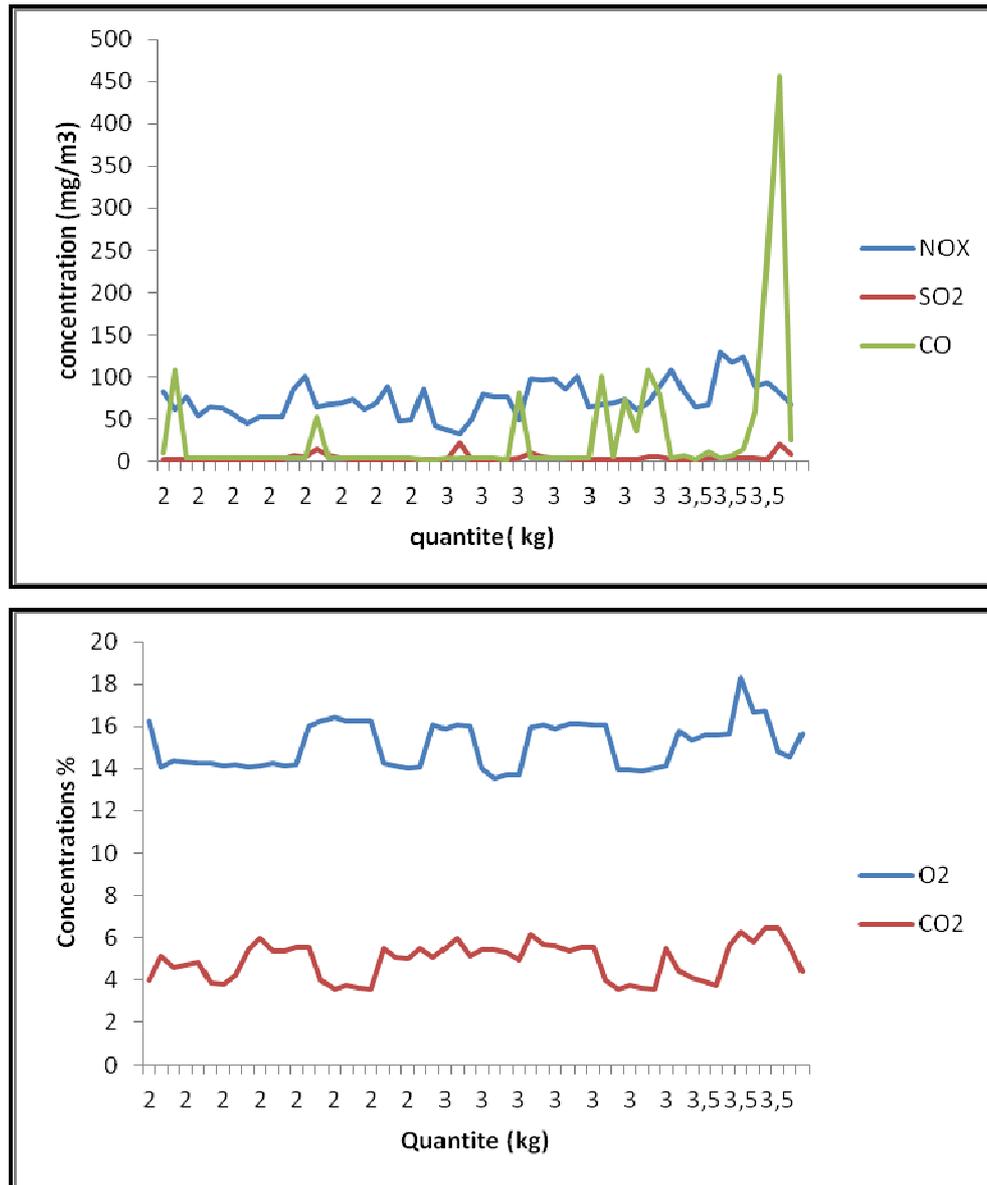


Figure IV.2.03 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité

Selon la (figure IV.2.03), la cadence d'enfournement de 02 Kg à consistée une durée de combustion d'environ 120 secondes. Les niveaux du monoxyde de carbone enregistrés étaient très faibles et inférieurs aux normes exigées par la réglementation algérienne ($13,58 \text{ mg/m}^3$) et pour les oxydes d'azote le maximum a atteint une teneur de $135,74 \text{ mg/m}^3$ d'où une valeur au-dessous des normes tolérées.

L'augmentation de la cadence (figure IV.2.03) a montré que pour une quantité de 3.5 kg les taux de CO enregistré à atteint 33.43 mg/m^3 et pour les NOx un taux de 190.65 mg/m^3 et ce pour une durée de 210 seconds, tout en restant dans la limite des normes en vigueurs.

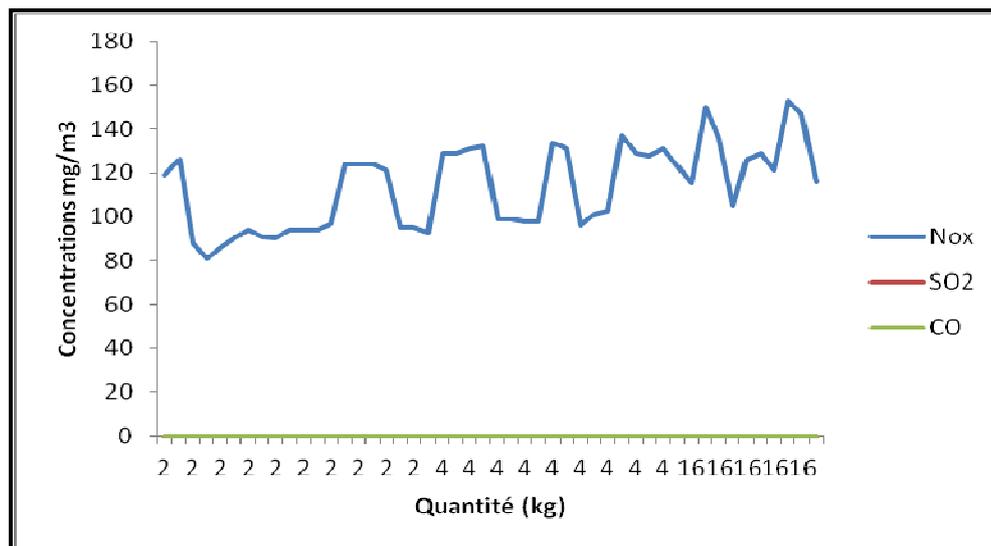
CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'évolution des concentrations de gaz de combustion concernant les essais réalisés pour une cadence de 1 Kg est représentée dans la (figure IV.2.04). Les essais ont montrés que la durée de la réaction de combustion était d'environ 56 secondes. Les concentrations des paramètres suivis montre que pour le monoxyde de carbone, étaient faibles ($4,52\text{mg/m}^3$) et inférieures aux normes exigées par la réglementation algérienne et pour les oxydes d'azote le max était d'environ 0 mg/m^3 sur toute la période de la campagne.

L'augmentation des cadences d'enfournement a montré que la cadence (figure IV.2.04), a atteint seulement un maximum de 3Kg. Le temps de réaction de combustion était de 187 secondes. Pour cette quantité, il a été constaté une petite variation dans les taux de CO ($6,23\text{mg/m}^3$) tout en restant dans la limite des normes en vigueur et pour les oxydes d'azote aucune variation n'a été constatée.

Tableau IV.2.07 : la quantité des polluants issus de combustion de VICTOZA

polluant quantité (kg)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (mg /m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	CO (mg/m ³)
2	14,87	3,24	107,05	0	0
4	15,38	3,37	141,77	0	0
16	14,04	3,92	164,82	0	0



CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

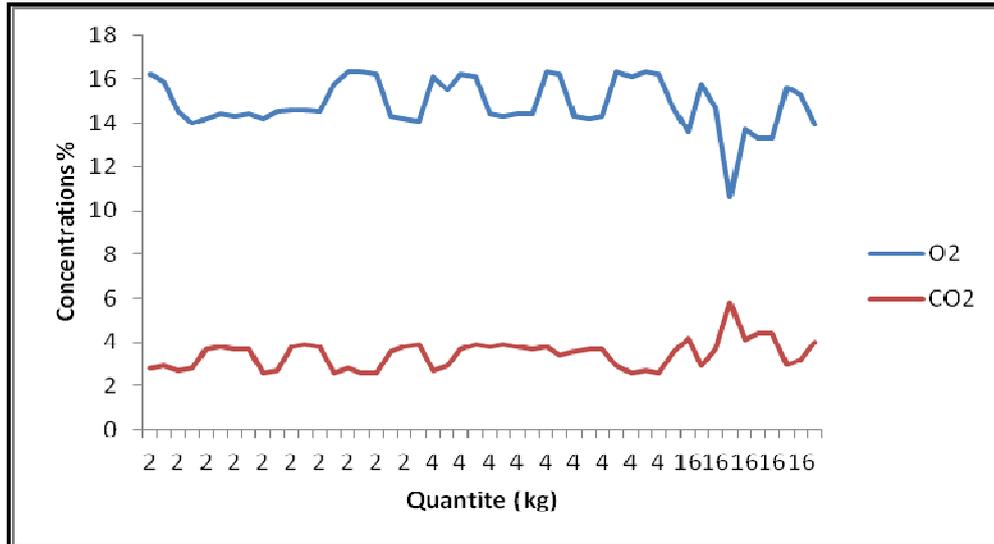


Figure IV.2.05 : Evolution des gaz de combustion en fonction de la quantité

Les campagnes de mesure réalisées sur le produit VICTOZA a montré que cadence la durée de la réaction de combustion de la quantité de 02 Kg était d'environ 120 secondes. Les analyses enregistrées pour le monoxyde de carbone et l'azote étaient de 0 et 107,05 mg/m³ respectivement. Ces dernières sont inférieures aux limites tolérées par la réglementation.

L'augmentation des cadences d'enfournement a montré que la quantité maximale correspond a un poids de 16 kg au maximum. Le temps de réaction de combustion était de 720 secondes où il a été constaté les taux de CO (0 mg/m³) et oxydes d'azote le max était d'environ 164,82 mg/m³ ce qui représente une valeur au-dessous des normes tolérées.

IV.2.2.5.2 Campagne d'analyse des produits pharmaceutique liquides :

Pour réaliser les campagnes d'analyse sur les produits liquides, un système d'injection a été conçu spécialement afin de mieux maîtriser les cadences d'enfournement de déchets liquides tel que NOBAC. Dans ce système, les équipements suivants seront installés:

- Grand Réservoir Vrac (GRV) pour le stockage des déchets liquides
- Pompe d'injection
- Régulateur de pression pour Air & Filtre à air
- Régulateur de pression pour liquide
- Buse d'atomisation

L'atomiseur est entièrement équipé des buses d'atomisation en INOX 316 L

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure IV.2.06 : analyseur des produits pharmaceutiques liquides

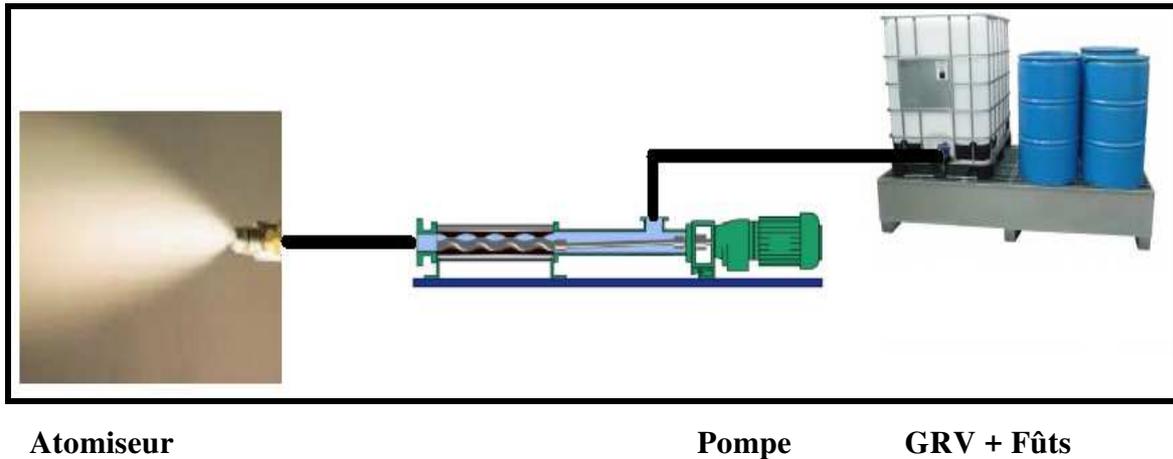
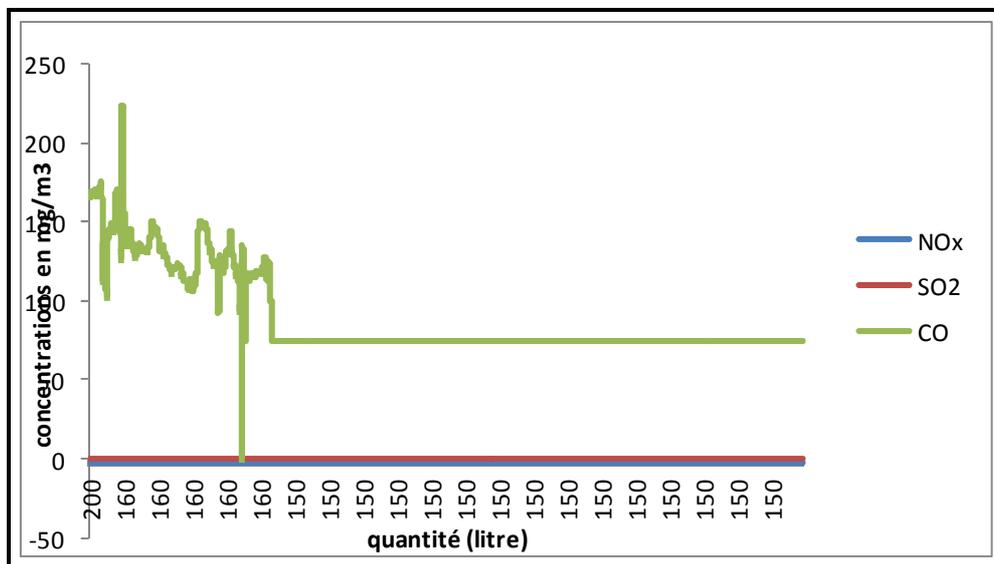


Tableau IV.2.08 : la quantité des polluants issus de combustion de NOBAC

· polluants	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (mg /m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	CO (mg/m ³)
200 litre/h	18,31	3,11	0	0	210,62
160 litre/h	18,58	2,72	0	0	162,26
150 litre/h	16,03	1,14	0	0	93,75



CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

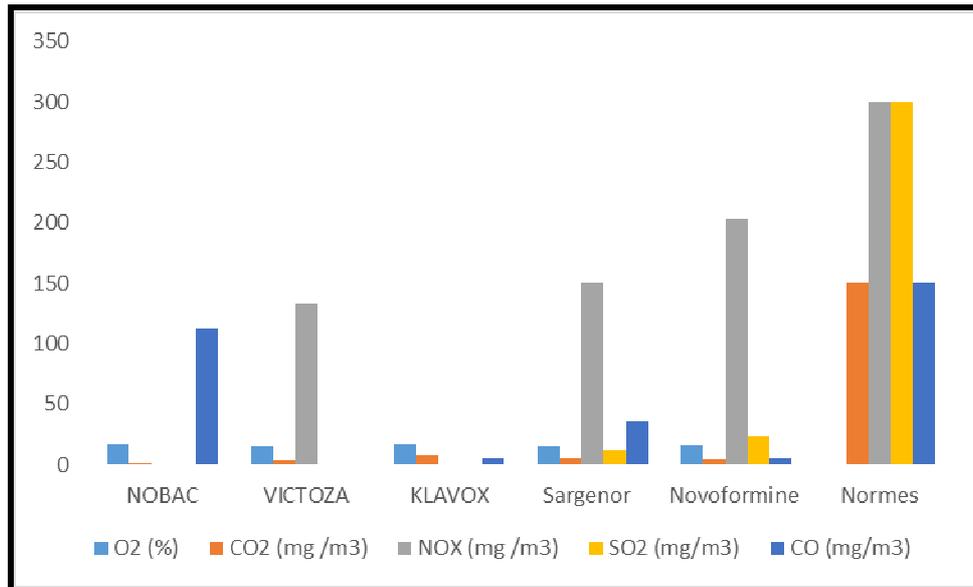


Figure IV.2.08 : Histogramme des Concentrations moyenne journalières des rejets gazeux

Cette figure montre les teneurs journalières des concentrations paramètres mesurés pour les différents produits pharmaceutiques périmés varient de 203,14 à 132,92 mg /m³ pour les oxydes d'azote et de 5,21 à 111,85 mg /m³ pour le monoxyde de carbone.

Ces variations sont dues probablement au comportement du produits dans la chambre et poste combustion, la composition chimique de produit, PCI, cadence d'enfournement (augmentation du volume due gaz de combustion ≥ 2080 Nm³/h) et conditions d'incinération ainsi que l'efficacité du système de traitement du fumées.

Par exemple, dans le cas du produit **NOBAC** qui a une composition chimique riche en matière minérale (Alginate de sodium 50 mg/ml et Bicarbonate de sodium 26.7mg/l) donc un PCI faible, son incinération nécessite ces conditions ont permis d'incinérer le produit a base température du la formation de mon sans doute un apport d'énergie donc il est préférable de le mélanger avec un autre produit ayant un PCI élevée.

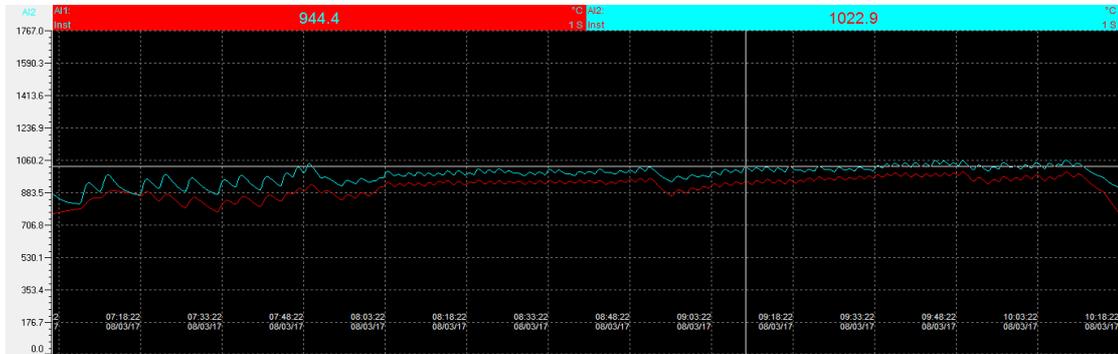
IV.2.2.5.3 Enregistrements des Evolutions temporelles des températures chambre et la post-combustion :

Pour une bonne destruction des déchets, une température supérieure à 850°C doit être assurée pour l'élimination des imbrûlés au niveau de la chambre de post-combustion. A cet effet un suivi régulier avec enregistrement a été assuré au cours de toute la période d'incinération des produits.

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

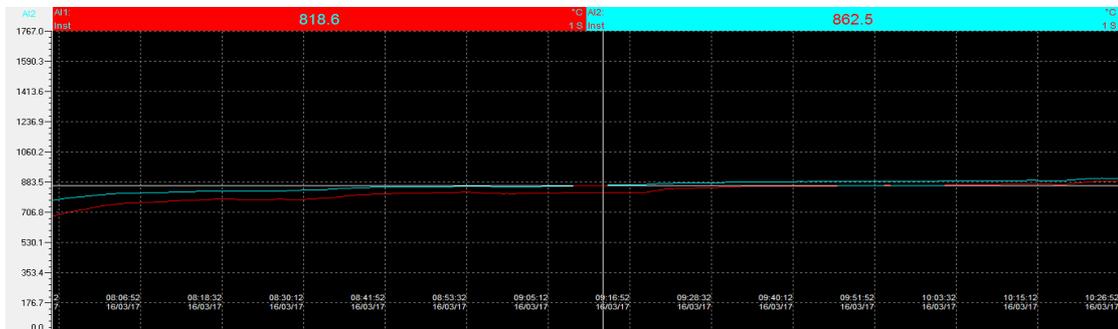
Ci-dessous un extrait d'enregistrement des températures

Figure IV.2.09 : enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé Novoformine



La (figure IV.2.09) ci-dessus montre que la température moyenne au niveau de la chambre de combustion dépasse 944.4°C et au niveau de la post-combustion dépasse les 1022.9°C

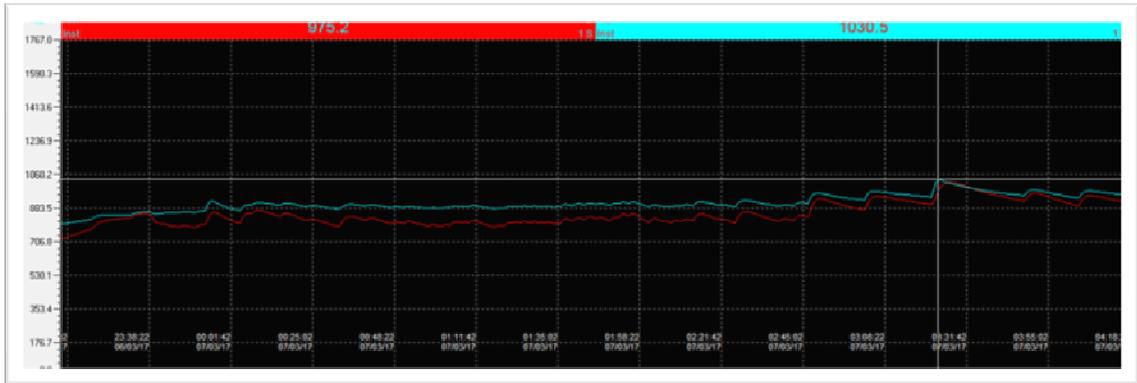
Figure IV.2.10 : enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé NOBAC :



La (figure IV.2.10) ci-dessus montre que la température moyenne au niveau de la chambre de combustion dépasse 818.6°C et au niveau de la post-combustion dépasse les 862.5°C

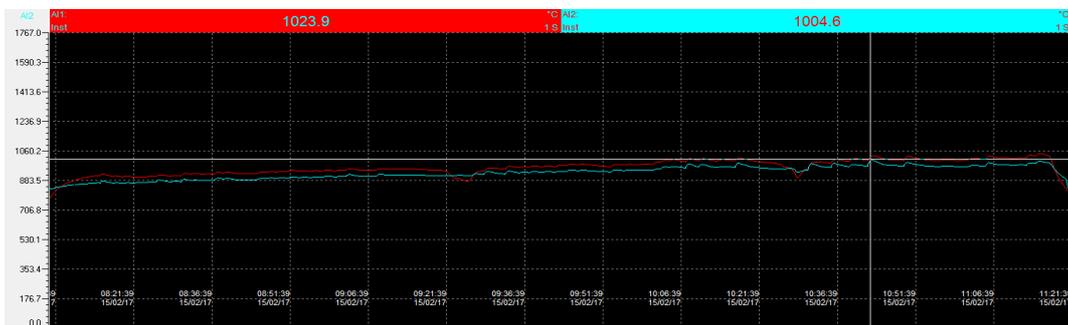
CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure IV.2.11 : enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé VICTOZ



La (figure IV.2.11) ci-dessus montre que la température moyenne au niveau de la chambre de combustion dépasse 975.2°C et au niveau de la post-combustion dépasse les 1030.5°C

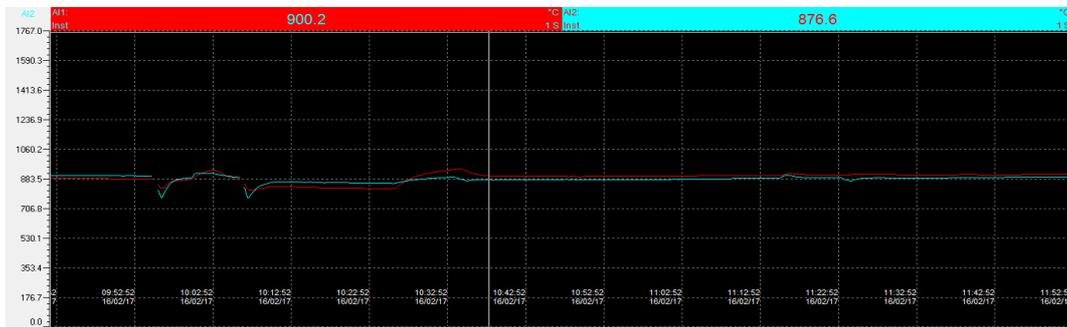
Figure IV.2.12: enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé KLA VOX :



La (figure IV.2.12) ci-dessus montre que la température moyenne au niveau de la chambre de combustion dépasse 1023.9°C et au niveau de la post-combustion dépasse les 1004.6°C

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure IV.2.13: enregistrement des températures pour produit pharmaceutique périmé SARGENOR



La (figure IV.2.13) ci-dessus montre que la température moyenne au niveau de la chambre de combustion dépasse 900.2°C et au niveau de la post-combustion dépasse les 876.6°C

IV.2.2.6 Résultats de l'analyse de résidus solides :

IV.2.2.6.1 Préparation de l'échantillon à analyser

La méthode de quartage appliquée sur les rejets solides (cendres et mâchefers) afin de former un échantillon représentatif selon les étapes suivantes :

- Éliminer les éléments de taille supérieure à 10 cm
- Mélanger les cendres et mâchefers issues de tout le four après chaque opération de décentrage, ce dernier est réalisé chaque jour.
- Prélever six (06) prises élémentaires en respectant les proportions de cendres et mâchefers générées par four
- Étaler l'ensemble de ces prises recueillies (lot) sur surface saine, propre et sèche
- Séparer en suite le lot en deux en déversant alternativement une pelle de ce lot sur chacun des demi-lots en tenant compte des fines restantes en fin d'opération.
- Conserver un des deux demi-lots et répéter sur lui l'opération jusqu'à obtention d'un échantillon de 2 à 8 kg
- Transférer cette fraction au laboratoire dans un contenant hermétique approprié, préalablement étiqueté (site et date prélèvement) pour analyse

Par la suite les étapes suivantes sont réalisées :

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

- Le séchage des cendres et mâchefers effectuée dans une étuve de type UE 600 (voir photo IV.2.13) à une température $105 \pm 5^\circ\text{C}$ sous atmosphère normale jusqu'à ce que la masse soit constante lors de deux consécutives.
- Broyage des cendres et mâchefers à l'aide d'un mortier en porcelaine (voir photo IV.2.14)
- Le tamisage des cendres et mâchefers par tamis normalisé ayant des mailles d'ouverture 0.5 mm (voir photo IV.2.15)
- La récupération de refus et Concassage afin d'obtenir un échantillon de granulométrie inférieure à 0.5 mm (voir photo IV.2.16)
- La Constitution de l'échantillon à partir de la fraction initiale $< 0.5\text{mm}$ et la fraction concassée (voir photo IV.2.17)

				
Photos IV.2.13 : Etuve	Photos IV.2.14 : Porcelaine	Photos IV.2.15 : Tamiseur	Photos IV.2.16: Echantillon (cendre)	Photos IV.2.17: Porte Echantillon

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.2.2.6.2 Etude des métaux lourds associés aux cendres :

	
<p>Photos IV.2.18 : Produit net Novoformine</p>	<p>Photos IV.2.19 : Cendre de Novoformine</p>
	
<p>Photos IV.2.20 : Produit net Sargenor</p>	<p>Photos IV.2.21 : Cendre de Sargenor</p>
	
<p>Photos IV.2.22 : Produit net KLAVOX</p>	<p>Photos IV.2.23 : Cendre de Klavox</p>

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

	
Photos IV.2.24 : Produit net VICTOZA	Photos IV.2.25 : Cendre de VICTOZA
	
Photos IV.2.26 : Produit net NOBAC	Photos IV.2.27 : Cendre de NOBAC

Tableau IV.2.10 : L'analyse la quantité des Métaux lourds en ppm par NITON XRF

Les paramètres	NOVOFORMINE	SARGENOR	KLAVOX	VICTOZA	NOBAC
As	<LOD	<LOD	<LOD	55,783	<LOD
Ni	<LOD	<LOD	<LOD	107,373	<LOD
Pb	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Hg	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Cr	<LOD	33,384	<LOD	<LOD	<LOD
Cd	<LOD	0	<LOD	<LOD	<LOD
Mo	<LOD	12,113	6,166	<LOD	<LOD
Sb	78,809	121,879	68,483	260,062	6,953

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET LES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Zr	<LOD	<LOD	<LOD	86,758	<LOD
Sr	125,778	223,486	9,563	171,658	50,715
U	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Rb	6,327	16,039	4,375	0	7,464
Th	8,269	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Se	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Au	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Zn	165,803	1729,399	32,454	230,704	45,372
W	<LOD	0	<LOD	<LOD	<LOD
Cu	<LOD	132,497	<LOD	<LOD	<LOD
Co	<LOD	<LOD	<LOD	41,225	<LOD
Fe	28 628,012	7 331,221	178,465	280,061	347,915
Mn	631,590	9 179,446	<LOD	150,285	<LOD
V	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Ti	24 93,317	1 981,560	1272,758	1363,129	1146,799
Sc	243,237	99,197	<LOD	<LOD	551,188
Ca	47 496,672	23 773,064	5 470,613	8 087,960	105862,195
K	1 613,913	3229,431	26973,922	6490,861	809,811
S	9 594,188	9449,729	12221,949	11 245,766	13 010,239

Tous les échantillons de cendres et de mâchefers récupérés au cours des cinq campagnes d'incinération relatives aux produits NOVIFORMINE, SARGENOR, KLAVOX, VICTOZA et NOBAC ont été analysés par la technique de fluorescence X (XRF). Les résultats sont présentés dans le tableau IV.2.10 ci-dessus. Cette technique a permis l'analyse de l'ensemble des éléments suivants :

As, Ni, Pb, Hg, Cr, Cd, Mo, Sb, Zr, Sr, U, Rb, Th, Se, Au, Zn, W, Cu, Co, Fe Mn
V, Ti, Sc, Ca, K S.

Les résultats obtenus ont montré la présence des métaux lourds les plus toxiques une concentration en Arsenic de 55,78 ppm et nickel 107,373 ppm pour le produits VICTOZA et 33.38 ppm en Chrome pour le produit SARGENOR. Ces concentrations sont probablement dues à la composition du produit pharmaceutique ou des articles de conditionnement.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion

Conclusion Générale :

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à caractériser les rejets gazeux et solides issus de l'incinération des produits pharmaceutiques périmés

Les polluants suivis sont les particules solides dans les fumées, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, SO₂, les métaux lourds dans les mâchefers et les cendres.

Pour le suivi de ces polluants, cinq campagnes d'analyse ont été effectuées pour cinq différents produits pharmaceutiques et ce selon la procédure interne de traitement de déchets de l'entreprise ECFERAL.

Pour les particules solides l'étude a montré que les concentrations dans les cinq produits pharmaceutiques périmés étudiés étaient inférieures à la norme algérienne qui est fixée à

50 mg/Nm³.

Les cadences d'enfournement déterminées pour avoir une meilleure exploitation de la station, bonne économie d'énergie et respect des normes de rejets étaient comme suite :

NOVOFORMINE : 1,5 kg pour une durée de 90 secondes

SARGENOR : 3.5 kg pour une durée 210 secondes

KLAVOX : 3Kg pour une durée 187 secondes

VICTOZA : 16 kg pour une durée 720 secondes

NOBAC : 150 litre pour une durée d'une heure

En ce qui concerne l'analyse des métaux lourds dans les mâchefers et cendres, les concentrations enregistrées ont montré des teneurs élevées en Ar et Cr ont été détectées respectivement dans les résidus solides d'incinération des VICTOZA (Arsenic de 55,78 > 4 ppm) et SARGENOR (33.38 ppm > 3 ppm). Ces teneurs dépassent environ 10 fois les limites fixées par l'arrêté européen (JO n° 280 du 1er décembre 2002) relatives aux usines d'incinération des déchets spéciaux.

Les résidus toxiques générés seront solidifiés et mis en décharge contrôlée. Cette méthode de solidification a pour objective la protection de la santé de l'homme et de l'environnement

BIBLIOGRAPHIQUE

BIBLIOGRAPHIQUE:

Bibliographique :

[1] : <http://www.alcor-controles.fr>

[2] : **ABDALLAH Benziane** : Contribution à l'étude de la gestion des déchets solides dans les deux communes « Terny et Ain Ghoraba » de la wilaya de Tlemcen, université Abou Berk Belkaid-Tlemcen-, 2012-2013.

[3] : **SABRINA Saadani** : Comportement des béton a base de granulats recycles, université Mentouri Constantine.

[4] : **BELKACEM Abdelkader**: Gestion des déchets ménagers de la ville de Saà̄ da (Algérie). Analyse et diagnostic, Université Djilali Liabès Sidi bel Abbés - Ingénieur d'état en biologie, 2012.

[5] : **DJEMACI Brahim** : la gestion des déchets un municipaux en Algérie : analyse prospective et éléments d'efficacité, université de Rouen, 2012

[6] : **ADDOU Ahmed** : traitement des déchets, valorisation, élimination, 2009

[7] : **Hafiane Mohammed Rabir et KHELFAOUI Abderrahim** : le traitement des déchets hospitaliers et son impact sur l'environnement, université Kasdi Marbah Ouagla, 2010/2011.

[8] : **ABDELLATIF YAZID Mustapha et LARBI Samir** : La gestion des déchets d'activité de soins à risque infectieux (D.A.S.R.I) contribution a l'élimination écologique des DASRI, université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2013-2014.

[9] : **Guillaume-Trésor Kakesa** : La persistance de l'insalubrité à Kinshasa: de la coercition à la conscientisation. Une approche de la communication pour le changement de comportement, Université catholique du Congo, 2012.

[10] : **Alain Damien** : Guide du traitement des déchets réglementation et choix de procédés, 2006.

[11] : ministère de la sante secrétariat général : Guide de gestion des déchets pharmaceutiques au Burkina Faso, direction générale de la pharmacie, du médicament et des laboratoires, 2009.

[12] : **Manual guide** : Plan national de gestion de déchet de soins médicaux, Programme des Nations Unies pour l'Environnement / SCB, Organisation Mondiale de la Santé.

BIBLIOGRAPHIQUE:

[13] : International unité pharmaceutique : médicaments essentiels génériques, pharmaciens sans frontières comité, 2004.

[14] : Directive techniques pour une gestion écologiquement rationnelle des déchets biomédicaux et des déchets de soins médicaux

[15] : **PERROT Catherine**: la gestion des déchets issus des activités de la pharmacie et des laboratoires dans les établissements de sante, mémoire de l'Ecole Nationale de la santé publique, 2001.

[16] : **OUYAHIA Ahmed**, journal officiel de l'Algérie, le 15 chaoual 1424 correspondant au 9 décembre 2003.

[17] : Organisation mondiale de la Santé : principes directeurs pour l'élimination des produits pharmaceutiques non utilisés pendant et après les situations d'urgence, 1999.

[18] : Ministère de la santé publique : guide de destruction des médicaments périmés ou avariés, agence du médicament de Madagascar, 2011.

[19] : <http://www.actu-environnement.com>

[20] : Comité international de la Croix-Rouge : manuel de gestion des déchets médicaux, 2011.

[21] : Organisation mondiale de la Santé Gestion des déchets d'activités de soins solides dans les centres de soins de santé primaires « Guide d'aide à la décision », 2005.

[22] : **ALAIN Damien** : guide du traitement des déchets, réglementation et choix des procédés, 2013.

[23] : **THOMAS Rogaume** : **gestion des déchets réglementation, organisation, mise en œuvre, 2006.**

[24] : <http://docinsa.insa-lyon.fr/these/pont.php?id=rendek>

[25] : **BAYER et LANXESS** : incinérateurs « incinération de déchets spéciaux », 2010.

[26] : <https://www.google.com/search/les+fours+rotatifs>

[27] : <https://www.google.com/search/le+four+à+lit+fluidisé>

BIBLIOGRAPHIQUE:

- [28] : [https://www.google.com/search /les fours à grilles incinération de déche](https://www.google.com/search/les+fours+%C3%A0+grilles+incin%C3%A9ration+de+d%C3%A9che)
- [29] : [https://www.google.com/search Les fours à soles incinération de déchet](https://www.google.com/search/Les+fours+%C3%A0+soles+incin%C3%A9ration+de+d%C3%A9chet)
- [30] : **JOSEPH EGLI AG** : ligne d'incinération avec four statique pour un fonctionnement continu
- [31] : [https://www.google.com/search Les fours statiques](https://www.google.com/search/Les+fours+statiques)
- [32] : [https://www.dictionnaire. environnement.com](https://www.dictionnaire.environnement.com)
- [33] : **KABAR Seloua** : étude numérique de l'effet du type de carburant sur les émissions polluantes dans un moteur, 2006.
- [34] : **BIOCCHI Stéphane** : les polluants et techniques d'épuration des fumées cas des unités de traitement et de valorisation thermique des déchets, 2009.
- [35] : <http://www.actu.environnement.com>
- [36] : <http://www.entreprises.cci-paris-idf.fr>
- [37] : **A. Asthana, P.Sessiecq, F.Pastisson, D.Ablitzer** : modélisation de la formation des NOx dans le lit d'une incinération d'ordures ménagères à grille, 2007
- [38] : <http://fr.wikipedia.org>
- [39] : **LE GLEAU Florent** : étude d'un dispositif de traitement de fumées issues de l'incinération de déchets industriels spéciaux, 2012.
- [40] : **MANARD Yannick** : modélisation de l'incinération sur grille d'ordures ménagères et approche thermodynamique du comportement des métaux lourds, 2003.
- [41] : <http://www.universalis.fr>
- [42] : **BERTHOLON. J** : les déchets solides de l'incinération des ordures ménagères, thèse de maîtrise en science de l'environnement à l'université de cergy – pontoise, 2002.
- [43] : **KAIBOUCHI. S** : mâchefers d'incinération d'ordures ménagers, contribution à l'étude de mécanismes de stabilisation par carbonatation et influence de la collecte sélective, thèse pour l'obtention du grade de docteur à l'école chimie de Lyon, 2004.

BIBLIOGRAPHIQUE:

[44] : **GEORGESCU Calin**: rapport du rapporteur spécial sur les conséquences néfastes des mouvements et déversements de produits et déchets toxiques et nocifs pour la jouissance des droits de l'homme, 2011.

[45] : **Gwénaëlle Trouvé et Lucien Delfosse** : La formation des dioxines dans les incinérateurs, quel mécanisme?, 1998.

[46] : **ALESSI Franck** : stratégie de surveillance d'une usine d'incinération d'ordures ménagères et réalisation d'une campagne concernant l'usine de chauffage à bois de Corte, 2007

[47] : **rapport ADEMEC**: Evaluation du risque de malformations congénitales liées à la proximité d'incinérateurs d'ordures.2002

[48] : **ZGBONDI. R, CHRTER. Y, CARR. R, JUGAULT. V, PABLO. S, CISSE. O, KUMALO, T**, organisation mondiale de santé, plan national de gestion de déchets de soins médicaux manuel guide, programme des nations unies pour l'environnement, 2002.

[49] : <http://www.oeil.nc/fr/page/fches-polluants>.

[50] : résumés des communications orales et des posters, devenir et effets des contaminations métalliques dans les agrosystèmes et écosystèmes terrestres (influence de l'usage des sols), 2003.

[51] : <http://www.ligair.fr>

[52] : Manuel d'utilisation de l'analyseur portable à l'émission-PG-250, HORiba, 1997.

[53] : **M&C-PSP4000**, fiche technique de l'appareil, 2012.

[54] : **Gardais, Gorim, Prévot, Serpinet, Tranchant et Untz** –Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse, 3^{ème} édition,1982.

[55] :<http://www.HTDS.fr>

BIBLIOGRAPHIQUE:

BIBLIOGRAPHIQUE:

ANNEXE

ANNEXE 1 :

Arrêté du 20/09/02 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux

(JO n° 280 du 1er décembre 2002)

NOR : DEVP0210351A

Texte modifié par :

[Arrêté du 7 décembre 2016](#) (JO n° 287 du 10 décembre 2016)
[Arrêté du 18 décembre 2012](#) (JO n° 303 du 29 décembre 2012)
[Arrêté du 3 août 2010](#) (JO n° 193 du 21 août 2010)
[Décret n° 2006-665 du 7 juin 2006](#) (JO n° 131 du 8 juin 2006)
[Arrêté du 10 février 2005](#) (JO n° 64 du 17 mars 2005)

Vus

La ministre de l'écologie et du développement durable,

Vu [la directive du Conseil du 15 juillet 1975](#) modifiée relative aux déchets (75/442/CE) ;
Vu [la directive du Conseil du 24 septembre 1996](#) relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (96/61/CE) ;
Vu la décision de la Commission du 3 mai 2000 modifiée établissant une liste de déchets (2000/532/CE) ;

Vu [la directive du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000](#) sur l'incinération des déchets (2000/76/CE) ;
Vu le code de l'environnement, et notamment [les titres Ier](#) et [IV du livre V](#) ;
Vu [le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977](#) modifié pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
Vu [le décret n° 93-1410 du 29 décembre 1993](#) fixant les modalités d'exercice du droit à l'information en matière de déchets prévues à [l'article 3-1 de la loi du 15 juillet 1975](#) ;
Vu [le décret n° 96-1008 du 18 novembre 1996](#) modifié relatif aux plans d'élimination des déchets ménagers et assimilés ;
Vu [le décret n° 96-1009 du 18 novembre 1996](#) modifié relatif aux plans d'élimination de déchets industriels spéciaux ;
Vu [le décret n° 98-360 du 6 mai 1998](#) modifié relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites ;
Vu [le décret n° 2001-449 du 25 mai 2001](#) relatif aux plans de protection de l'atmosphère et aux mesures pouvant être mises en œuvre pour réduire les émissions des sources de pollution atmosphériques ;
Vu [le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002](#) relatif à la classification des déchets ;
Vu [l'arrêté du 31 mars 1980](#) portant réglementation des installations électriques des établissements réglementés au titre de la législation sur les installations classées et susceptibles de présenter des risques d'explosion ;
Vu l'arrêté du 23 août 1989 relatif à l'incinération de déchets contaminés dans une usine d'incinération de résidus urbains ;

Vu [l'arrêté du 25 janvier 1991](#) relatif aux installations d'incinération de résidus urbains ;
Vu l'arrêté du 28 janvier 1993 concernant la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement ;

Vu [l'arrêté du 3 mai 1993](#) relatif aux cimenteries ;
Vu [l'arrêté du 2 février 1998](#) relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
Vu l'arrêté du 7 septembre 1999 relatif aux modalités d'entreposage des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques ;

Vu l'arrêté du 7 septembre 1999 relatif au contrôle des filières d'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux et des pièces anatomiques ;

ANNEXE

Vu l'arrêté du 17 juillet 2000 pris en application de [l'article 17-2 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977](#) modifié ;

Vu l'arrêté du 4 septembre 2000 portant modalités d'agrément des laboratoires ou des organismes pour certains types de prélèvements et d'analyses à l'émission des substances dans l'atmosphère ;

Vu l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux ;

Vu l'avis des ministres et organisations professionnelles intéressés ;

Vu les rubriques 167 et 322 de la nomenclature des installations classées ;

Vu l'avis du Conseil supérieur des installations classées en date du 27 juin 2002,

Arrête :

Titre I : Définitions et champ d'application

Article 1er de l'arrêté du 20 septembre 2002

Champ d'application

a) Les présentes règles s'appliquent aux installations internes et collectives d'incinération, de co-incinération et de vitrification de déchets non dangereux visés par le décret du 18 avril 2002 susvisé, notamment les déchets ménagers et assimilés, les déchets industriels banals et les boues de station d'épuration non dangereuses et aux installations internes et collectives incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux. Elles ne concernent toutefois pas :

- Les installations où sont traités exclusivement les déchets suivants :

1. Déchets végétaux agricoles et forestiers ;
2. Déchets végétaux provenant du secteur de la transformation alimentaire, si la chaleur produite est valorisée ;
3. Déchets végétaux fibreux issus de la production de la pâte vierge et de la production du papier au départ de la pâte, s'ils sont co-incinérés sur le lieu de production et si la chaleur produite est valorisée ;
4. Déchets de bois, à l'exception des déchets de bois qui sont susceptibles de contenir des composés organiques halogénés ou des métaux lourds à la suite d'un traitement avec des conservateurs du bois ou du placement d'un revêtement, y compris en particulier les déchets de bois de ce type provenant de déchets de construction ou de démolition ;
5. Déchets de liège ;
6. Déchets radioactifs ;
7. Carcasses d'animaux relevant de la directive 90/667/CEE sans préjudice de ses modifications futures.

- Les installations expérimentales de recherche, de développement et d'essais visant à améliorer les processus d'incinération et traitant moins de 50 tonnes de déchets par an.

b) Si l'installation traite conjointement des déchets non dangereux et des déchets dangereux, les dispositions de l'arrêté du 20 septembre 2002 susvisé sont applicables. Cependant les dispositions de [l'article 8](#) du présent arrêté demeurent applicables pour ce qui concerne les déchets non dangereux.

c) Les dispositions du [titre II](#) sont applicables aux installations d'incinération et de co-incinération nouvelles et aux installations d'incinération existantes faisant l'objet d'une augmentation de leur capacité de traitement ou d'une modification notable par renouvellement des fours, à compter de la date de parution au Journal officiel du présent arrêté, en lieu et place de celles de l'arrêté du 23 août 1989 susvisé et de celles de [l'arrêté du 25 janvier 1991](#) susvisé. Les dispositions du présent arrêté s'appliquent aux installations existantes suivant les modalités prévues au [titre III](#).

Article 2 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Définitions

(Arrêté du 3 août 2010, article 1er)

Pour l'application du présent arrêté, les définitions suivantes sont retenues :

- installation d'incinération : tout équipement ou unité technique fixe ou mobile destiné spécifiquement au traitement thermique de déchets, avec ou sans récupération de la chaleur produite par la combustion. Le traitement thermique comprend l'incinération par oxydation ou tout autre procédé de traitement thermique, tel que la pyrolyse, la gazéification ou le traitement plasmique ;

ANNEXE

- installation de co-incinération : une installation fixe ou mobile dont l'objectif essentiel est de produire de l'énergie ou des produits matériels et qui utilise des déchets comme combustible habituel ou d'appoint ou dans laquelle les déchets sont soumis à un traitement thermique en vue de leur élimination.

Si la co-incinération a lieu de telle manière que l'objectif essentiel de l'installation n'est pas de produire de l'énergie ou des produits matériels mais plutôt d'appliquer aux déchets un traitement thermique, l'installation doit être considérée comme une installation d'incinération.

Les deux précédentes définitions couvrent le site et l'ensemble de l'installation constitué par toutes les lignes d'incinération ou par les lignes de co-incinération, par les installations de réception, d'entreposage et de traitement préalable sur le site même des déchets ; ses systèmes d'alimentation en déchets, en combustible et en air ; la chaudière de récupération d'énergie, les installations de traitement des fumées ; sur le site, les installations de traitement ou d'entreposage des résidus et des eaux usées ; la cheminée ; les appareils et les systèmes de commande des opérations d'incinération, d'enregistrement et de surveillance des conditions d'incinération ;

- installations nouvelles d'incinération : installations autorisées à partir du « 1er novembre 2010 » et installations existantes faisant l'objet d'une extension augmentant leur capacité de traitement ou d'une modification notable par renouvellement des fours autorisée à partir du « 1er novembre 2010 » ;

- installations existantes d'incinération : installations autorisées avant le « 1er novembre 2010 », à condition que l'installation soit mise en service au plus tard le « 1er novembre 2011 ». Si la mise en service intervient au-delà de cette date, l'installation est considérée comme nouvelle ;

- installations nouvelles de co-incinération : installations dont l'activité de co-incinération a été autorisée à partir du « 1er novembre 2010 » ;

- installations existantes de co-incinération : installations dont l'activité de co-incinération a été autorisée avant le « 1er novembre 2010 », à condition que la co-incinération commence au plus tard le « 1er novembre 2011 ». Si le démarrage de l'activité de co-incinération intervient au-delà de cette date, l'installation est considérée comme nouvelle ;

- installation collective : une installation qui incinère les déchets de plusieurs producteurs de déchets ;

- installation interne : une installation exploitée par un producteur de déchets pour incinérer ses propres déchets sur son site de production ou ailleurs.

Titre II : Installations nouvelles

Chapitre I : Conception et aménagement général des installations

Article 3 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Implantation

Le choix du site d'implantation tient compte de l'analyse des effets prévisibles, directs et indirects, temporaires et permanents, de l'installation sur l'environnement et sur la santé, notamment en ce qui concerne la proximité immédiate d'habitations, de crèches, d'écoles, de maisons de retraite et d'établissements de santé et les conditions générales de dispersion des rejets.

Article 4 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Conception de l'installation

(Arrêté du 3 août 2010, article 1er)

Les installations doivent être conçues afin de permettre un niveau d'incinération aussi complet que possible tout en limitant les émissions dans l'environnement, notamment par la mise en œuvre de technologies propres et l'utilisation de techniques de valorisation et de traitement des effluents et des déchets produits, selon les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable, en s'appuyant, le cas échéant, sur les documents de référence, et en tenant compte des caractéristiques particulières de l'environnement d'implantation.

La disposition concernant le niveau d'incinération aussi complet que possible ne s'applique pas aux installations de pyrolyse non intégrée.

La chaleur produite par les installations d'incinération est valorisée lorsque cela est faisable, notamment par la production de chaleur et/ou d'électricité, la production de vapeur à usage industriel ou l'alimentation d'un

réseau de chaleur. Le taux de valorisation annuel de l'énergie récupérée est défini comme le rapport de l'énergie valorisée annuellement sur l'énergie sortie chaudière produite annuellement. Est considérée valorisée l'énergie produite par l'installation sous forme thermique ou électrique et effectivement consommée, y compris par autoconsommation, ou cédée à un tiers.

Pour les installations de co-incinération, le pourcentage de l'énergie entrante apporté par l'incinération des déchets non dangereux est appelé pourcentage de contribution thermique. « La part de ce pourcentage liée à l'incinération des déchets non dangereux doit être précisée par l'arrêté préfectoral d'autorisation.

Pour les installations d'incinération, le résultat de l'évaluation de la performance énergétique réalisée selon la formule en annexe VI et les justificatifs associés sont portés dans la demande d'autorisation.

Pour les installations d'incinération et de co-incinération, le dossier de demande d'autorisation doit comporter une évaluation du pouvoir calorifique inférieur des déchets qu'il est prévu d'incinérer ou co-incinérer. »

Les résidus produits seront aussi minimales et peu nocifs que possible et, le cas échéant, recyclés. Cette disposition n'est toutefois pas applicable aux résidus carbonés issus d'une installation de pyrolyse non intégrée.

L'élimination des résidus dont la production ne peut être évitée ou réduite ou qui ne peuvent être recyclés sera effectuée dans le respect de la réglementation en vigueur.

Article 5 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Capacité de l'installation

La capacité nominale de chaque four d'incinération est précisée en tonnes de déchets par heure (t/h), en indiquant le pouvoir calorifique de référence des déchets, exprimé en milliers de joules par kilogramme (kJ/kg). La capacité horaire de l'installation est la somme de la capacité de chaque four qui la compose. Le produit de la capacité nominale et du pouvoir calorifique représente la puissance thermique nominale de l'installation en milliers de kW.

La capacité annuelle de l'installation d'incinération ou de co-incinération est la quantité de déchets que l'installation doit pouvoir incinérer en un an, compte tenu de sa disponibilité annuelle.

L'arrêté préfectoral d'autorisation précise la puissance thermique nominale, la capacité horaire et la capacité annuelle, tant pour l'installation que pour chaque four qui la compose. Il précise également les capacités d'entreposage des déchets.

Article 6 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Conditions générales d'aménagement des installations

[Les articles 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11](#) et [13 de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé s'appliquent.

Les installations de traitement des effluents doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire au minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.

L'installation doit être implantée et réalisée conformément aux plans joints à la demande d'autorisation. Un plan détaillé reprenant les adaptations réalisées lors des études de détail ou de la mise en service doit être tenu à jour.

Chapitre II : Conditions d'admission des déchets incinérés

Article 7 de l'arrêté du 20 septembre 2002

L'arrêté préfectoral d'autorisation précise les quantités maximales de déchets non dangereux et, le cas échéant, de déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés qui peuvent être traités.

S'il est fait application de la disposition de [l'article 28](#) permettant de réduire la surveillance des émissions compte tenu de la nature des déchets incinérés, des valeurs limites sont fixées dans l'arrêté d'autorisation pour la teneur des déchets en substances pouvant conduire au rejet de chlorure d'hydrogène, de fluorure d'hydrogène et de dioxyde de soufre.

L'origine géographique des déchets est indiquée selon la typologie suivante :

- la zone géographique de l'emprise du plan départemental ou interdépartemental d'élimination des déchets ménagers et assimilés du département d'implantation de l'installation ;
- la zone formée par les départements limitrophes de celui-ci ;
- le reste du territoire national ;
- les pays étrangers ou groupes de pays étrangers en provenance desquels l'importation de déchets peut être envisagée.

ANNEXE

Lorsque l'exploitant d'une installation d'incinération de déchets non dangereux envisage une modification de l'exploitation entraînant l'incinération ou la co-incinération de déchets dangereux, cette modification nécessite une nouvelle demande d'autorisation.

Article 8 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Livraison et réception des déchets

L'exploitant de l'installation d'incinération ou de co-incinération prend toutes les précautions nécessaires en ce qui concerne la livraison et la réception des déchets dans le but de prévenir ou de limiter dans toute la mesure du possible les effets négatifs sur l'environnement, en particulier la pollution de l'air, du sol, des eaux de surface et des eaux souterraines, ainsi que les odeurs, le bruit et les risques directs pour la santé des personnes.

L'exploitant détermine la masse de chaque catégorie de déchets avant d'accepter de réceptionner les déchets dans l'installation d'incinération ou de co-incinération. S'il n'est pas prévu une pesée des déchets à l'arrivée sur le site, l'arrêté préfectoral d'autorisation définit le mode d'estimation des quantités reçues.

Un équipement de détection de la radioactivité doit permettre le contrôle des déchets admis. Un tel équipement peut ne pas être exigé dans une installation n'accueillant que des déchets de nature relativement constante en provenance d'un nombre restreint de producteurs si des contrôles sont réalisés dans le cadre d'un programme de suivi de la qualité.

a) Déchets non dangereux

Les déchets non dangereux à traiter doivent être déchargés dès leur arrivée à l'usine sur une aire étanche ou dans une fosse étanche permettant la collecte des eaux d'égouttage.

L'installation doit être équipée de telle sorte que l'entreposage des déchets et l'approvisionnement du four d'incinération ou de co-incinération ne soit pas à l'origine de nuisances olfactives pour le voisinage. L'aire de déchargement des déchets non dangereux doit être conçue pour éviter tout envol de déchets et de poussières ou écoulement d'effluents liquides vers l'extérieur.

Si les déchets sont susceptibles de ne pouvoir être traités vingt-quatre heures au plus tard après leur arrivée par l'installation d'incinération, l'aire ou la fosse doit être close et devra être en dépression lors du fonctionnement des fours : l'air aspiré doit servir d'air de combustion afin de détruire les composés odorants. Le déversement du contenu des camions doit se faire au moyen d'un dispositif qui isole le camion de l'extérieur pendant le déchargement ou par tout autre moyen conduisant à un résultat analogue.

L'arrêté préfectoral peut autoriser d'autres dispositifs s'il est démontré qu'ils sont aussi efficaces.

L'arrêté préfectoral d'autorisation, le cas échéant, précise les modalités d'acceptation et d'admission pour des déchets non dangereux présentant des caractéristiques particulières.

b) Déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés

1° Il est interdit de procéder à l'incinération des déchets suivants, même provenant d'établissements de soins :

- de lots de sels d'argent, produits chimiques utilisés pour les opérations de développement, clichés radiographiques périmés... ;
- de lots de déchets à risques chimiques et toxiques ;
- de lots de déchets mercuriels ;
- des déchets radioactifs ;
- des pièces anatomiques et cadavres d'animaux destinés à la crémation ou à l'inhumation.

2° Les déchets d'activités de soins à risques infectieux ne peuvent être acceptés que s'ils sont conditionnés dans des récipients étanches pouvant assurer une bonne résistance, à usage unique, en bon état et avec un marquage apparent indiquant la nature des déchets et leur provenance.

Les récipients à usage unique doivent être facilement incinérables.

La détection de toute anomalie sur les déchets par rapport aux présentes prescriptions entraîne le refus des déchets, voire même du lot concerné.

ANNEXE

3° Le transit des déchets d'activités de soins à risques infectieux par la fosse de stockage des déchets non dangereux est interdit.

Les déchets sont incinérés quarante-huit heures au plus tard après leur arrivée.

Si les récipients ne sont pas introduits directement dans le four dès leur arrivée, les conteneurs pleins sont entreposés dans un local respectant les dispositions fixées par [l'article 8 de l'arrêté du 7 septembre 1999](#) relatif aux modalités d'entreposage des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques.

4° La manutention et le transport des récipients se font dans des conteneurs rigides clos à fond étanche, de manière à préserver l'intégrité de ces récipients jusqu'à leur introduction dans le four.

Après déchargement, les conteneurs sont lavés et désinfectés intérieurement et extérieurement sur le site. Les conteneurs vides, propres et désinfectés, s'ils ne sont pas immédiatement repris, sont entreposés dans un local distinct prévu à cet usage.

Les eaux de lavage des conteneurs sont soit détruites sur le site, soit désinfectées avant rejet à l'extérieur.

L'arrêté préfectoral pourra néanmoins prévoir un système de protection des récipients autre que celui prévu aux alinéas précédents à condition que le système envisagé offre des garanties équivalentes quant à la protection de l'intégrité des récipients.

5° Tout déchet d'activités de soins à risques infectieux arrivant à l'usine d'incinération doit être accompagné d'un bordereau de suivi qui devra avoir été établi et être utilisé dans les formes prévues par l'arrêté du 7 septembre 1999 relatif au contrôle des filières d'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques.

Chapitre III : Conditions d'exploitation

Article 9 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Conditions de combustion

a) Qualité des résidus

Les installations d'incinération sont exploitées de manière à atteindre un niveau d'incinération tel que la teneur en carbone organique total (COT) des cendres et mâchefers soit inférieure à 3 % du poids sec de ces matériaux ou que leur perte au feu soit inférieure à 5 % de ce poids sec. La perte au feu doit toutefois être limitée à 3 % pour les installations qui traitent des déchets d'activités de soins à risques infectieux.

b) Conditions de combustion

Les installations d'incinération sont conçues, équipées, construites et exploitées de manière à ce que, même dans les conditions les plus défavorables que l'on puisse prévoir, les gaz résultant du processus soient portés, après la dernière injection d'air de combustion, d'une façon contrôlée et homogène, à une température de 850 °C pendant deux secondes, mesurée à proximité de la paroi interne ou en un autre point représentatif de la chambre de combustion défini par l'arrêté préfectoral d'autorisation. Le temps de séjour devra être vérifié lors des essais de mise en service. La température doit être mesurée en continu.

c) Brûleurs d'appoint

Chaque ligne d'incinération est équipée d'au moins un brûleur d'appoint, lequel doit s'enclencher automatiquement lorsque la température des gaz de combustion tombe en dessous de 850 °C, après la dernière injection d'air de combustion. Ces brûleurs sont aussi utilisés dans les phases de démarrage et d'extinction afin d'assurer en permanence la température de 850 °C pendant lesdites phases et aussi longtemps que des déchets non brûlés se trouvent dans la chambre de combustion.

Lors du démarrage et de l'extinction, ou lorsque la température des gaz de combustion tombe en dessous de 850 °C, les brûleurs d'appoint ne sont pas alimentés par des combustibles pouvant provoquer des émissions plus importantes que celles qu'entraînerait la combustion de gazole, de gaz liquide ou de gaz naturel.

d) Cas des installations de co-incinération

Les installations de co-incinération sont conçues, équipées, construites et exploitées de manière à ce que, même dans les conditions les plus défavorables, les gaz résultant de la co-incinération de déchets soient portés, d'une façon contrôlée et homogène, à une température de 850 °C pendant deux secondes.

ANNEXE

L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe les points d'introduction des déchets dans le procédé en fonction de l'analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents, de l'installation sur l'environnement et sur la santé. Quel que soit le point d'introduction, les gaz provenant de la combustion des déchets doivent être portés à une température de 850 °C pendant deux secondes.

e) Conditions de l'alimentation en déchets

Les installations d'incinération et de co-incinération possèdent et utilisent un système automatique qui empêche l'alimentation en déchets :

- pendant la phase de démarrage, jusqu'à ce que la température de 850 °C ou la température précisée au paragraphe f ait été atteinte ;
- chaque fois que la température de 850 °C ou la température fixée au paragraphe f n'est pas maintenue ;
- chaque fois que les mesures en continu prévues par [l'article 28](#) montrent qu'une des valeurs limites d'émission est dépassée en raison d'un dérèglement ou d'une défaillance des systèmes d'épuration.

f) Conditions alternatives

Des conditions différentes de celles fixées aux paragraphes a, b et c et, en ce qui concerne la température, au paragraphe e peuvent être autorisées pour certaines catégories de déchets ou pour certains traitements thermiques, à condition que les exigences du présent arrêté soient respectées.

Les changements de conditions d'exploitation ne peuvent se traduire par une production de résidus plus importante ou par la production de résidus plus riches en polluants organiques que ceux qui auraient été obtenus dans les conditions prévues au paragraphe b. Cette disposition ne s'applique toutefois pas aux résidus carbonés issus d'une installation de pyrolyse non intégrée.

Des conditions différentes de celles fixées au paragraphe d et, en ce qui concerne la température, au paragraphe e peuvent être autorisées pour certaines catégories de déchets ou pour certains traitements thermiques, à condition que les exigences du présent arrêté soient respectées. Une telle autorisation doit être subordonnée, au minimum, au respect des dispositions relatives aux valeurs limites d'émission fixées à l'annexe I pour le carbone organique total et le monoxyde de carbone.

Dans le cas de la co-incinération de leurs propres déchets sur le lieu de leur production dans des chaudières à écorce existantes dans l'industrie de la pâte à papier et du papier, une telle autorisation doit être subordonnée, au minimum, au respect des dispositions figurant à l'annexe I en ce qui concerne les valeurs limites d'émission pour le carbone organique total.

g) Introduction des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés dans le four

Les récipients contenant les déchets sont introduits directement, sans manipulation humaine, dans le four par l'intermédiaire d'une trémie, d'un sas de chargement gravitaire ou avec un poussoir. La détérioration des récipients avant l'entrée dans le four devra être évitée. Trémie, sas et poussoir seront désinfectés périodiquement.

La conception des installations des fours et leur mode d'exploitation doit être telle qu'il n'y ait aucun risque de contamination des eaux, cendres ou mâchefers quittant la chaîne d'incinération ou ses abords immédiats.

Les déchets d'activités de soins à risques infectieux ne peuvent être enfournés que lors du fonctionnement normal de l'installation, qui exclut notamment les phases de démarrage ou d'extinction du four.

Un quota maximum de déchets doit être fixé, sans toutefois dépasser 10 % en masse en moyenne annuelle. L'exploitation se fait de telle manière que ces déchets soient introduits périodiquement dans le four, afin d'assurer la régularité de la charge et du PCI.

Avant tout enfournement, il conviendra de s'assurer du caractère optimal de la combustion.

En cas d'arrêt intervenant moins de deux heures après le dernier chargement de déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés, si les déchets subsistant à l'intérieur du four doivent être repris, ceux-ci sont rechargés dans des bennes spécifiques pour être incinérés à nouveau après réparation. Si le four ne peut être réparé rapidement, ces déchets seront envoyés dans une autre installation autorisée.

Article 10 de l'arrêté du 20 septembre 2002

« Indisponibilité des dispositifs de traitements »

(Arrêté du 3 août 2010, article 3)

ANNEXE

L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe la durée maximale des arrêts, dérèglements ou défaillances techniques des installations d'incinération ou de co-incinération, « de traitement » des effluents aqueux et atmosphériques pendant lesquels les concentrations dans les rejets peuvent dépasser les valeurs limites fixées.

Sans préjudice des dispositions de [l'article 9](#) e, cette durée ne peut excéder quatre heures sans interruption lorsque les mesures en continu prévues à [l'article 28](#) montrent qu'une valeur limite de rejet à l'atmosphère est dépassée. La durée cumulée de fonctionnement sur une année dans de telles conditions doit être inférieure à soixante heures.

La teneur en poussières des rejets atmosphériques ne doit en aucun cas dépasser 150 mg/m³, exprimée en moyenne sur une demi-heure. En outre, les valeurs limites d'émission fixées pour le monoxyde de carbone et pour les substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur, exprimées en carbone organique total, ne doivent pas être dépassées. Les conditions relatives au niveau d'incinération à atteindre doivent être respectées.

Article 10-1 de l'arrêté du 20 septembre 2002

(Arrêté du 3 août 2010, article 4)

« **Indisponibilité des dispositifs de mesure :**

a) Dispositifs de mesure en semi-continu.

L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe la durée maximale des arrêts, dérèglements ou défaillances techniques des dispositifs de mesure en semi-continu des effluents atmosphériques.

Sur une année, le temps cumulé d'indisponibilité d'un dispositif de mesure en semi-continu ne peut excéder 15 % du temps de fonctionnement de l'installation.

b) Dispositifs de mesure en continu.

L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe la durée maximale des arrêts, dérèglements ou défaillances techniques des dispositifs de mesure en continu des effluents aqueux et atmosphériques.

Le temps cumulé d'indisponibilité d'un dispositif de mesure en continu ne peut excéder soixante heures cumulées sur une année. En tout état de cause, toute indisponibilité d'un tel dispositif ne peut excéder dix heures sans interruption. »

Article 11 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Bruit et vibrations

[Les articles 47](#) et [48 de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé s'appliquent.

Article 12 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Odeurs

L'inspection des installations classées peut demander la réalisation d'une campagne d'évaluation de l'impact olfactif de l'installation afin de permettre une meilleure prévention des nuisances.

Le cas échéant, des moyens de lutte contre les nuisances olfactives complémentaires peuvent être prescrits par l'arrêté d'autorisation.

Article 13 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Propreté du site

L'exploitant assure la propreté des voies de circulation, en particulier à la sortie de l'installation, et veille à ce que les véhicules sortant de l'installation ne puissent pas conduire au dépôt de déchets sur les voies publiques d'accès au site.

L'ensemble du site doit être maintenu propre et les bâtiments et installations entretenus. Lorsqu'ils relèvent de la responsabilité de l'exploitant, les abords de l'installation, comme par exemple l'entrée du site ou d'éventuels émissaires de rejets, sont l'objet d'une maintenance régulière.

Article 14 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Contrôle de l'accès à l'installation

Un accès principal et unique doit être aménagé pour les conditions normales de fonctionnement du site, tout autre accès devant être réservé à un usage secondaire et exceptionnel. Les issues des installations d'entreposage et d'incinération des déchets doivent être surveillées par tous les moyens adaptés. Les issues sont fermées en dehors des heures de réception.

Chapitre IV : Prévention des risques

Article 15 de l'arrêté du 20 septembre 2002

L'installation est conçue et aménagée de façon à réduire autant que faire se peut les risques d'incendie et à limiter toute éventuelle propagation d'un incendie. L'emploi de matériaux combustibles est aussi limité que possible. L'arrêté préfectoral d'autorisation précise les prescriptions en la matière.

En cas de sinistre, les engins de secours doivent pouvoir intervenir sous au moins deux angles différents. Toutes les dispositions doivent être prises pour une intervention rapide des secours et la possibilité d'accéder aux zones d'entreposage des déchets.

L'installation doit être pourvue de moyens de secours contre l'incendie appropriés à la nature et aux quantités de produits et de déchets entreposés.

L'arrêté préfectoral précise les prescriptions en la matière.

Les installations sont aménagées de façon à éviter toute perte de temps ou tout incident susceptibles de nuire à la rapidité de mise en œuvre des moyens des sapeurs-pompiers. L'exploitant établit un plan de lutte contre un sinistre, comportant notamment les modalités d'alerte, la constitution et la formation d'une équipe de première intervention, les modalités d'évacuation, les modalités de lutte contre chaque type de sinistre et les modalités d'accueil des services d'intervention extérieurs.

Des consignes relatives à la prévention des risques doivent être établies, tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel. Ces consignes doivent notamment indiquer :

- l'interdiction, en fonctionnement normal, d'apporter du feu sous une forme quelconque dans les zones d'entreposage des déchets ;
- les mesures à prendre en cas de défaillance d'un système de traitement et d'épuration ;
- les mesures à prendre en cas de fuite sur un récipient contenant des substances dangereuses ;
- les moyens à utiliser en cas d'incendie ;
- la procédure d'alerte ;
- les procédures d'arrêt d'urgence.

Les installations électriques doivent être réalisées avec du matériel normalisé et installées conformément aux normes applicables par des personnes compétentes. En outre, les dispositions de l'arrêté ministériel du 31 mars 1980 susvisé sont applicables. L'arrêté ministériel du 28 janvier 1993 susvisé est applicable.

Le sol des voies de circulation et de garage, des aires et des locaux d'entreposage ou de traitement des déchets doit être revêtu de béton ou de bitume, ou de matériaux ayant un niveau d'étanchéité similaire et équipé de façon à pouvoir recueillir les eaux de lavage, les produits répandus accidentellement et les eaux d'extinction d'incendie éventuelles.

L'installation doit être équipée d'un bassin qui doit pouvoir recueillir l'ensemble des eaux susceptibles d'être polluées lors d'un accident ou d'un incendie, y compris les eaux utilisées pour l'extinction. Le volume de ce bassin doit être au moins égal à : nombre de bannes incendie utilisables simultanément*60 m³/h* 2 h. Les eaux recueillies doivent satisfaire avant rejet aux valeurs limites de rejet fixées en application de [l'article 21](#).

Chapitre V : Prévention de la pollution de l'air

Article 16 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Caractéristiques de la cheminée

Les gaz issus de l'incinération des déchets sont rejetés à l'atmosphère par l'intermédiaire d'une cheminée.

a) Forme des conduits

La forme des conduits, notamment dans leur partie la plus proche du débouché à l'atmosphère, doit être conçue de façon à favoriser au maximum l'ascension des gaz dans l'atmosphère. La partie terminale de la cheminée peut comporter un convergent réalisé suivant les règles de l'art lorsque la vitesse d'éjection est plus élevée que la vitesse choisie pour les gaz dans la cheminée. L'emplacement de ces conduits doit être tel qu'il ne puisse à aucun moment y avoir siphonnage des effluents rejetés dans les conduits ou prises d'air avoisinants. Les contours des conduits ne doivent pas présenter de point anguleux et la variation de la section des conduits au voisinage du débouché doit être continue et lente.

b) Calcul de la hauteur de cheminée

La hauteur de la cheminée (différence entre l'altitude du débouché à l'air libre et l'altitude moyenne du sol à l'endroit considéré) exprimée en mètres est déterminée, d'une part, en fonction du niveau des émissions de

ANNEXE

polluants à l'atmosphère, d'autre part, en fonction de l'existence d'obstacles susceptibles de gêner la dispersion des gaz et de l'environnement de l'installation. Ce calcul est réalisé conformément [aux articles 53 à 56 de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé.

Cette hauteur, qui ne peut être inférieure à 10 mètres, est fixée dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

c) Vitesse d'éjection des gaz

La vitesse d'éjection des gaz en marche continue nominale doit être au moins égale à 8 m/s pour les installations d'incinération d'une capacité inférieure à trois tonnes par heure. Elle doit être au moins égale à 12 m/s pour les installations de co-incinération et les installations d'incinération d'une capacité supérieure à trois tonnes par heure. Pour ces installations, une valeur inférieure à 12 m/s pourra être fixée dans l'arrêté d'autorisation, après justification à l'aide d'une étude de dispersion réalisée par l'exploitant.

d) Plate-forme de mesure

Afin de permettre la détermination de la composition et du débit des gaz de combustion rejetés à l'atmosphère, une plate-forme de mesure fixe sera implantée sur la cheminée ou sur un conduit de l'installation de traitement des gaz. Les caractéristiques de cette plate-forme devront être telles qu'elles permettent de respecter en tout point les prescriptions des normes en vigueur, et notamment celles de la norme NF X 44 052, en particulier pour ce qui concerne les caractéristiques des sections de mesure.

En particulier, cette plate-forme doit permettre d'implanter des points de mesure dans une section dont les caractéristiques (rectitude de la conduite à l'amont, qualité des parois, régime d'écoulement, etc.) permettent de réaliser des mesures représentatives de manière à ce que la vitesse n'y soit pas sensiblement ralentie par des seuils ou obstacles situés à l'aval et que l'effluent soit suffisamment homogène.

Ces points doivent être aménagés de manière à être aisément accessibles et permettre des interventions en toute sécurité. Toutes dispositions doivent également être prises pour faciliter l'intervention d'organismes extérieurs à la demande de l'inspection des installations classées.

Si une même cheminée reçoit les gaz provenant de plusieurs lignes de traitement des fumées, une section de mesure conforme aux prescriptions de la norme NF X 44 052 sera aménagée par ligne, de manière à permettre la mesure séparée des effluents de chaque ligne de traitement.

Article 17 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Valeurs limites d'émission dans l'air

Les installations d'incinération sont conçues, équipées, construites et exploitées de manière à ce que les valeurs limites fixées à l'annexe 1 ne soient pas dépassées dans les rejets gazeux de l'installation.

Les installations de co-incinération sont conçues, équipées et exploitées de manière à ce que les valeurs limites fixées à [l'annexe II](#) ou déterminées conformément à [l'annexe II](#) ne soient pas dépassées dans les rejets gazeux.

En cas de co-incinération de déchets municipaux en mélange et non traités, les valeurs limites sont déterminées conformément à [l'annexe I](#) et [l'annexe II](#) ne s'applique pas.

Article 18 de l'arrêté du 20 septembre 2002

« Conditions de respect des valeurs limites de rejet dans l'air.

(Arrêté du 3 août 2010, article 5)

Les valeurs limites d'émission dans l'air sont respectées si :

- aucune des moyennes journalières mesurées ne dépasse les limites d'émission fixées à [l'article 17](#) pour le monoxyde de carbone et pour les poussières totales, les substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur exprimées en carbone organique total (COT), le chlorure d'hydrogène, le fluorure d'hydrogène, le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote ;
- aucune des moyennes sur une demi-heure mesurées pour les poussières totales, les substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur exprimées en carbone organique total, le chlorure d'hydrogène, le fluorure d'hydrogène, le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote ne dépasse les valeurs limites définies à [l'article 17](#) ;
- aucune des moyennes mesurées sur la période d'échantillonnage prévue pour le cadmium et ses composés, ainsi que le thallium et ses composés, le mercure et ses composés, le total des autres métaux (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V), les dioxines et furannes ne dépasse les valeurs limites définies à [l'article 17](#) ;
- pour les installations mettant en œuvre un dispositif de traitement des oxydes d'azote par injection de réactifs azotés, aucune des moyennes sur une demi-heure mesurées pour l'ammoniac ne dépasse les valeurs limites fixées par l'arrêté préfectoral ;
- 95 % de toutes les moyennes mesurées sur dix minutes pour le monoxyde de carbone sont inférieures à 150

ANNEXE

mg/m³ ; ou aucune mesure correspondant à des valeurs moyennes calculées sur une demi-heure au cours d'une période de vingt-quatre heures ne dépasse 100 mg/m³.

Les moyennes déterminées pendant les périodes visées à [l'article 10](#) ne sont pas prises en compte pour juger du respect des valeurs limites.

Les moyennes sur une demi-heure et les moyennes sur dix minutes sont déterminées pendant la période de fonctionnement effectif (à l'exception des phases de démarrage et d'extinction, lorsque aucun déchet n'est incinéré) à partir des valeurs mesurées après soustraction de l'intervalle de confiance à 95 % sur chacune de ces mesures. Cet intervalle de confiance ne doit pas dépasser les pourcentages suivants des valeurs limites d'émission définies à [l'article 17](#) :

Monoxyde de carbone : 10 % ;

Dioxyde de soufre : 20 % ;

Ammoniac : 40 % ;

Dioxyde d'azote : 20 % ;

Poussières totales : 30 % ;

Carbone organique total : 30 % ;

Chlorure d'hydrogène : 40 % ;

Fluorure d'hydrogène : 40 %.

Les moyennes journalières sont calculées à partir de ces moyennes validées.

Pour qu'une moyenne journalière soit valide, il faut que, dans une même journée, pas plus de cinq moyennes sur une demi-heure n'aient dû être écartées. Dix moyennes journalières par an peuvent être écartées au maximum.

Les résultats des mesures réalisées pour vérifier le respect des valeurs limites d'émission définies à l'article 17 et celles spécifiées par l'arrêté préfectoral d'autorisation sont rapportés aux conditions normales de température et de pression, c'est-à-dire 273 K, pour une pression de 101,3 kPa, avec une teneur en oxygène de 11 % sur gaz sec, corrigée selon la formule de l'annexe V du présent arrêté. Toutefois, si les déchets sont incinérés dans une atmosphère enrichie en oxygène, les résultats des mesures peuvent être rapportés à une teneur en oxygène fonction de la particularité du cas d'espèce et fixée dans l'arrêté préfectoral d'autorisation. Dans le cas de la co-incinération, les résultats des mesures doivent être rapportés à une teneur totale en oxygène calculée selon les indications de [l'annexe II](#). »

Article 18-1 de l'arrêté du 20 septembre 2002

(Arrêté du 3 août 2010, article 6)

« L'arrêté préfectoral d'autorisation précise les flux limites en moyenne journalière de rejets dans l'air pour toutes les substances mentionnées à [l'annexe I](#) et à [l'annexe II](#). »

Article 19 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Limitation des émissions dans l'air

Les installations respectent également les dispositions propres :

- aux zones de protection spéciale qui demeurent applicables en application de [l'article 18 du décret du 25 mai 2001](#) susvisé ;

- aux arrêtés pris en application des plans de protection de l'atmosphère élaborés en application de [l'article L. 222-4](#) du code de l'environnement.

Les valeurs limites d'émission à l'atmosphère sont compatibles avec les valeurs limites de concentration du même polluant dans l'air ambiant fixées par le décret [du 6 mai 1998](#) susvisé.

Les dispositions imposées par le présent arrêté relatives à la limitation des émissions peuvent être complétées par des mesures d'interdiction de l'usage de certains combustibles, de ralentissement ou d'arrêt de fonctionnement de certains appareils ou équipements prévues par les arrêtés instaurant des procédures d'alerte pris en application de [l'article L. 223-1](#) du code de l'environnement.

Chapitre VI : Prévention de la pollution de l'eau

Article 20 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Prélèvements et consommation d'eau

Les prélèvements et la consommation d'eau des installations sont réglés par les dispositions [des articles 14 à 17 de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé.

Article 21 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Valeurs limites de rejet dans l'eau

Le rejet en milieu aquatique naturel des effluents aqueux issus des installations de traitement des déchets est limité autant que possible. [L'article 31 de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé s'applique. Les effluents aqueux issus des installations de traitement des déchets doivent faire l'objet d'un traitement permettant de satisfaire aux points de rejet aux valeurs limites de rejet fixées à [l'annexe IV](#). Les effluents sont ceux notamment issus des opérations suivantes :

- dépotage ;

- entreposage ;

- traitement des gaz ;

ANNEXE

- refroidissement des mâchefers ;
- nettoyage des chaudières.

Ces dispositions ne concernent ni les eaux de ruissellement qui ne sont pas entrées en contact avec les déchets ni les eaux usées domestiques.

L'arrêté préfectoral d'autorisation précise les flux limites de rejet pour les substances visées à [l'annexe IV](#), ainsi que pour les chlorures et les sulfates, en fonction des objectifs de qualité des eaux de surface du milieu récepteur. L'arrêté préfectoral peut fixer des valeurs limites de rejet pour les chlorures et les sulfates. Il impose un pH compris entre 5,5 et 8,5 dans les eaux avant rejet.

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut, le cas échéant, si la mesure de DCO n'est pas compatible avec la nature de l'effluent, et notamment lorsque la teneur en chlorures est supérieure à 5 g/l, ne fixer que le carbone organique total (COT) comme paramètre représentatif de la charge organique de l'effluent.

Les valeurs limites de rejet sont applicables au point où les effluents aqueux contenant les substances polluantes visées à [l'annexe IV](#) sont rejetés de l'installation d'incinération ou de co-incinération. L'épandage des effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets est interdit.

Article 22 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Points de rejet

Les points de rejet dans le milieu aquatique naturel des effluents aqueux traités et des eaux de ruissellement non polluées doivent être différents et en nombre aussi réduit que possible. Les ouvrages de rejet doivent permettre une bonne diffusion dans le milieu récepteur. Ils doivent être aménagés de manière à réduire autant que possible les perturbations apportées au milieu récepteur, aux abords du point de rejet, en fonction de l'utilisation de l'eau à proximité immédiate et à l'aval de celui-ci, et à ne pas gêner la navigation.

Sur chaque canalisation de rejet d'effluents doivent être prévus un point de prélèvement d'échantillons et un point de mesure (débit, température, concentration en polluant, etc.). Ces points doivent être implantés dans une section dont les caractéristiques (rectitude de la conduite à l'amont, qualité des parois, régime d'écoulement, etc.) permettent de réaliser des mesures représentatives de manière que la vitesse n'y soit pas sensiblement ralentie par des seuils ou obstacles situés à l'aval et que l'effluent soit suffisamment homogène. Ils doivent être aménagés de manière à être aisément accessibles et permettre des interventions en toute sécurité. Toutes dispositions doivent également être prises pour faciliter l'intervention d'organismes extérieurs à la demande de l'inspection des installations classées.

Les points de mesure et les points de prélèvement d'échantillons doivent pouvoir être équipés des appareils nécessaires pour effectuer les mesures prévues à [l'article 29](#) dans des conditions représentatives.

Article 23 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Traitement sur place des rejets aqueux issus des installations de traitement des déchets avec les rejets provenant d'autres sources situées sur le site de l'installation

Lorsque les rejets aqueux issus des installations de traitement des déchets sont traités sur place conjointement avec des rejets aqueux provenant d'autres sources situées sur le site de l'installation, les mesures prévues à [l'article 29](#) doivent être effectuées par l'exploitant selon les modalités suivantes :

- sur le flux des effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets avant son entrée dans l'installation de traitement des eaux usées ;
- sur le ou les autres flux d'effluents aqueux avant leur entrée dans l'installation de traitement des eaux usées ;
- au point où les effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets de l'installation d'incinération ou de co-incinération sont finalement rejetés après traitement.

L'exploitant est tenu d'effectuer les calculs de bilan massique appropriés afin de déterminer quels sont les niveaux de rejet qui, au point final de rejet des effluents aqueux, peuvent être attribués aux effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets, afin de vérifier si les valeurs limites de rejet fixées à [l'article 21](#) pour les effluents aqueux issus des installations de traitement des déchets sont respectées.

La dilution des rejets aqueux aux fins de répondre aux valeurs limites de rejet indiquées à [l'article 21](#) est interdite.

Article 24 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Traitement des rejets aqueux issus des installations de traitement de déchets en dehors du site de l'installation d'incinération ou de co-incinération dans une station d'épuration collective

ANNEXE

Le traitement des effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets en dehors du site d'incinération ou de co-incinération dans une station d'épuration collective, urbaine ou industrielle, ou le raccordement à une telle station, n'est envisageable que dans le cas où celle-ci est apte à les traiter dans de bonnes conditions.

Dans un tel cas, l'analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents, de l'installation sur l'environnement et sur la santé peut notamment comporter un volet spécifique au raccordement. Ce volet atteste de l'aptitude précitée, détermine les caractéristiques des effluents qui peuvent être admis sur le réseau et précise la nature ainsi que le dimensionnement des ouvrages de prétraitement prévus, si nécessaire, pour réduire la pollution à la source et minimiser les flux de pollution et les débits raccordés.

Tout traitement externe ou raccordement à une station externe doit faire l'objet d'une convention préalable passée entre l'exploitant de l'installation d'incinération et le gestionnaire de l'infrastructure d'assainissement ou d'une autorisation.

La convention ou l'autorisation fixe les caractéristiques maximales et, en tant que de besoin, minimales, des effluents aqueux qui seront traités ou déversés au réseau. Elle énonce également les obligations de l'exploitant de l'installation d'incinération ou de co-incinération en matière d'auto-surveillance des effluents aqueux dont il demande le traitement et les informations communiquées par l'exploitant de la station de traitement sur ses rejets.

En cas de traitement dans une station urbaine ou de raccordement à une telle station, les effluents aqueux de l'installation doivent respecter au minimum les valeurs limites définies aux points 4 à 17 de [l'annexe IV](#). L'exploitant est tenu d'effectuer les calculs de bilans massiques appropriés, prévus à [l'article 23](#), afin de déterminer quels sont les niveaux de rejet final des eaux usées qui, au point de rejet final des eaux usées, peuvent être attribués aux effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets afin de vérifier si les valeurs limites d'émission définies à [l'article 21](#) pour les flux d'effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets sont respectées.

La dilution des rejets aqueux aux fins de répondre aux valeurs limites de rejet indiquées à [l'article 21](#) est interdite.

Article 25 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Conditions de respect des valeurs limites de rejet dans l'eau

Les valeurs limites d'émission dans l'eau sont respectées si :

- aucune des moyennes journalières mesurées ne dépasse les valeurs limites d'émission fixées à [l'article 21](#) pour le COT ;
- aucune des valeurs mesurées à fréquence journalière pour les solides en suspension et pour la demande chimique en oxygène, dans la mesure où la mesure de DCO est compatible avec la nature de l'effluent, et notamment lorsque la teneur en chlorures est inférieure à 5 g/l, ne dépasse la limite d'émission fixée à [l'article 21](#) ;
- pour les métaux (Hg, Cd, Tl, As, Pb, Cr, Cu, Ni et Zn), fluorures, CN libres, hydrocarbures totaux et AOX, au maximum une mesure par an dépasse la valeur limite d'émission fixée à [l'article 21](#) et dans le cas où plus de 20 échantillons sont prévus par an, au plus 5 % de ces échantillons dépassent la valeur limite ;
- aucun des résultats des mesures semestrielles de dioxines et furannes ne dépassent la valeur limite fixée à [l'article 21](#).

Chapitre VII : Gestion et traitement des déchets issus de l'incinération et de la co-incinération

Article 26 de l'arrêté du 20 septembre 2002

L'exploitant doit s'assurer que toutes les dispositions nécessaires dans la conception et l'exploitation de l'installation sont prises pour permettre une bonne gestion des déchets issus de ses activités, selon les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable, en s'appuyant, le cas échéant, sur les documents de référence. En particulier, l'analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents de l'installation sur l'environnement et sur la santé doit présenter une description des mesures prévues pour :

- limiter à la source la quantité et la toxicité des déchets produits, notamment en ce qui concerne les résidus de l'incinération ;
- faciliter le recyclage et l'utilisation des déchets, si cela est possible et judicieux du point de vue de la protection de l'environnement ;
- s'assurer, à défaut, du traitement ou du prétraitement des déchets pour en extraire la plus grande part valorisable ou en réduire les dangers potentiels.

Les déchets et les différents résidus produits doivent être entreposés séparément avant leur utilisation ou leur élimination, dans des conditions ne présentant pas de risques de pollution (prévention d'un lessivage par les

ANNEXE

eaux météoriques, d'une pollution des eaux superficielles et souterraines, des envols et des odeurs) pour les populations avoisinantes et l'environnement. Les mâchefers doivent en particulier être refroidis.

Les stockages temporaires, avant recyclage ou élimination des déchets dangereux, doivent être réalisés sur des cuvettes de rétention étanches et être protégés des eaux météoriques.

L'arrêté d'autorisation fixe les conditions d'élimination des différents déchets produits par l'installation. Le stockage des déchets dangereux produits par l'installation doit être réalisé dans des installations autorisées à cet effet par arrêté préfectoral pris au titre du livre V du code de l'environnement.

Pour les autres déchets, à l'exclusion des métaux extraits des mâchefers et des résidus carbonés issus d'installations de pyrolyse non intégrée, les conditions d'élimination fixées par l'arrêté préfectoral d'autorisation tiennent compte notamment de la fraction soluble et des teneurs en métaux

lourds dans les lixiviats de ces déchets, mesurées selon les normes en vigueur. Pour ces déchets, l'arrêté préfectoral d'autorisation peut fixer des valeurs limites en ce qui concerne la fraction soluble et les teneurs en métaux lourds dans les lixiviats. L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe la périodicité des contrôles à réaliser. Cette périodicité est au moins trimestrielle pour les résidus d'épuration des fumées.

La teneur en carbone organique total ou la perte au feu des mâchefers est vérifiée au moins une fois par mois et un plan de suivi de ce paramètre est défini.

Le transport des résidus d'incinération entre le lieu de production et le lieu d'utilisation ou d'élimination doit se faire de manière à éviter tout envol de matériau, notamment dans le cas de déchets pulvérulents.

L'exploitant doit être en mesure de justifier l'élimination de tous les déchets qu'il produit à l'inspection des installations classées. Il doit tenir à la disposition de l'inspection des installations classées une caractérisation précise et une quantification de tous les déchets générés par ses activités. Le respect des valeurs limites éventuellement fixées par l'arrêté préfectoral d'autorisation est vérifié.

L'exploitant tiendra en particulier une comptabilité précise des quantités de résidus d'incinération produits, en distinguant notamment :

- les mâchefers ;
- les métaux ferreux extraits des mâchefers ;
- le cas échéant, les métaux non ferreux extraits des mâchefers ;
- les résidus d'épuration des fumées de l'incinération des déchets dont :
 - poussières et cendres volantes en mélange ou séparément ;
 - cendres sous chaudière ;
 - gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées ;
 - déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux traités hors du site ;
 - déchets secs de l'épuration des fumées ;
- catalyseurs usés provenant, par exemple, de l'élimination des oxydes d'azote ;
- charbon actif usé provenant de l'épuration des fumées ;
- cendres sous cyclone d'incinérateur à lit fluidisé ;
- résidus carbonés issus d'une installation de pyrolyse non intégrée.

Dans le cas où un entreposage spécifique n'est pas possible pour certains des déchets mentionnés ci-dessus, l'exploitant le signale et indique dans sa comptabilité la nature des déchets concernés.

Il suit l'évolution des flux ainsi produits en fonction des quantités de déchets incinérés.

Chapitre VIII : Surveillance des rejets et de l'impact sur l'environnement

Article 27 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Conditions générales de la surveillance des rejets

(Arrêté du 3 août 2010, article 7)

Les mesures destinées à déterminer les concentrations de substances polluantes dans l'air et dans l'eau doivent être effectuées de manière représentative et, pour les polluants atmosphériques, conformément aux dispositions de [l'article 18 de l'arrêté du 4 septembre 2000](#) susvisé.

L'échantillonnage et l'analyse de toutes les substances polluantes, y compris les dioxines et les furannes, ainsi que l'étalonnage des systèmes de mesure automatisés au moyen de techniques de mesures de référence, doivent être effectués conformément aux normes en vigueur. Les normes nationales sont indiquées en [annexe I a de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé. Dans l'attente de la publication des normes européennes dans le recueil de normes AFNOR, les normes des Etats membres de l'Union européenne et de pays parties contractantes de

l'accord EEE peuvent également être utilisées comme textes de référence en lieu et place des normes françaises, dès lors qu'elles sont équivalentes.

L'installation correcte et le fonctionnement des équipements « de mesure en continu et en semi-continu des polluants atmosphériques ou aqueux » sont soumis à un contrôle et un essai annuel de vérification par un organisme compétent. Un étalonnage des équipements de mesure en continu des polluants atmosphériques ou aqueux doit être effectué au moyen de mesures parallèles effectuées par un organisme compétent. Pour les polluants gazeux, cet étalonnage doit être effectué par un organisme accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou par un organisme signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation ou par un organisme agréé par le ministère en charge de l'inspection des installations classées, s'il existe, selon les méthodes de référence, au moins tous les trois ans et conformément à la norme NF EN 14181, à compter de sa publication dans le recueil des normes AFNOR.

Article 28 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Surveillance des rejets atmosphériques

(Arrêté du 3 août 2010, article 8)

« L'exploitant doit mettre en place un programme de surveillance des rejets atmosphériques de ses installations. Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par l'arrêté préfectoral d'autorisation, qui sont au moins celles qui suivent. Des fréquences supérieures peuvent être définies par l'arrêté d'autorisation lorsque la sensibilité du milieu récepteur le justifie.

L'exploitant doit réaliser la mesure en continu des substances suivantes :

- poussières totales ;
- substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur exprimées en carbone organique total (COT) ;
- chlorure d'hydrogène, fluorure d'hydrogène et dioxyde de soufre ;
- oxydes d'azote et, le cas échéant, ammoniac en cas de traitement des oxydes d'azote par injection de réactifs azotés.

Il doit également mesurer en continu dans les gaz de combustion :

- le monoxyde de carbone ;
- l'oxygène et la vapeur d'eau.

a) Dispositions générales.

L'exploitant doit, en outre, faire réaliser par un organisme accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou par un organisme signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation ou par un organisme agréé par le ministère en charge de l'inspection des installations classées, s'il existe, deux mesures par an de l'ensemble des paramètres mesurés en continu et en semi-continu.

L'exploitant d'une installation d'incinération doit enfin faire réaliser par un organisme accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou par un organisme signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation ou par un organisme agréé par le ministère en charge de l'inspection des installations classées, s'il existe, au moins deux mesures à l'émission par an du cadmium et de ses composés ainsi que du thallium et de ses composés, du mercure et de ses composés, du total des autres métaux (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V), des dioxines et furannes.

L'exploitant d'une installation de co-incinération doit faire réaliser quatre fois par an les mesures mentionnées au paragraphe précédent.

Au cours de la première année d'exploitation, une telle mesure externe de l'ensemble des composés mentionnés à l'alinéa précédent et des paramètres suivis en continu et semi-continu est réalisée tous les trois mois. Les résultats des teneurs en métaux devront faire apparaître la teneur en chacun des métaux pour les formes particulaires et gazeuses avant d'effectuer la somme.

La mesure en continu du fluorure d'hydrogène (HF) peut ne pas être effectuée si l'on applique au chlorure d'hydrogène (HCl) des traitements garantissant que la valeur limite d'émission fixée n'est pas dépassée. Dans ce cas, les émissions de fluorure d'hydrogène font l'objet d'au moins deux mesures par an.

La mesure de la teneur en vapeur d'eau n'est pas nécessaire lorsque les gaz de combustion sont séchés avant analyse des émissions.

La mesure en continu du chlorure d'hydrogène, du fluorure d'hydrogène et du dioxyde de soufre n'est pas nécessaire lorsque l'arrêté préfectoral d'autorisation autorise seulement l'incinération de déchets qui ne

ANNEXE

peuvent pas entraîner des valeurs moyennes de ces substances polluantes supérieures à 10 % des valeurs limites d'émission fixées pour ces substances.

b) Disposition relative à la mesure en semi-continu des dioxines et furannes.

b-1. Dispositions générales.

L'exploitant doit réaliser la mesure en semi-continu des dioxines et furannes. Les échantillons aux fins d'analyse sont constitués selon la fréquence définie à l'annexe I.

Lorsqu'un résultat d'analyse des échantillons prélevés par le dispositif de mesure en semi-continu dépasse la valeur limite définie à l'article 17, l'exploitant doit faire réaliser par un organisme accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou par un organisme signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation ou par un organisme agréé par le ministère en charge de l'inspection des installations classées, s'il existe, une mesure ponctuelle à l'émission des dioxines et furannes selon la méthode définie à l'annexe I.

Ce dépassement est porté à la connaissance de l'inspection des installations classées dans les meilleurs délais.

b-2. Cas de la co-incinération.

Les dispositions du paragraphe b-1 ne sont pas applicables aux installations de co-incinération. Toutefois, lorsqu'un dépassement est constaté sur une installation dans le cadre de la surveillance des émissions, les dispositions du paragraphe b-1 s'appliquent à l'installation concernée au plus tard six mois après le constat de dépassement. »

Article 29 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Surveillance des rejets aqueux

L'exploitant doit mettre en place un programme de surveillance de ses rejets aqueux. Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par l'arrêté d'autorisation, qui sont au moins celles qui suivent. Des fréquences supérieures peuvent être définies par l'arrêté d'autorisation lorsque la sensibilité du milieu récepteur le justifie.

L'exploitant doit réaliser la mesure en continu des paramètres suivants : pH, température, débit et concentration en substances organiques exprimées en COT. Dans le cas où des difficultés sont rencontrées pour la mesure du COT en continu en raison de la présence de chlorures, la mesure de COT peut être réalisée à fréquence journalière, sur échantillonnage ponctuel.

L'exploitant doit également réaliser des mesures journalières sur échantillonnage ponctuel de la quantité totale de solides en suspension et de la demande chimique en oxygène sauf si cette mesure n'est pas compatible avec la nature de l'effluent et notamment lorsque la teneur en chlorure est supérieure à 5 g/l.

L'exploitant doit en outre faire réaliser par un organisme compétent des mesures mensuelles, par un prélèvement sur 24 heures proportionnel au débit, des paramètres suivants : métaux (Hg, Cd, Tl, As, Pb, Cr, Cu, Ni et Zn), fluorures, CN libres, hydrocarbures totaux, AOX et demande biochimique en oxygène.

Il doit enfin faire réaliser par un organisme compétent au moins deux mesures par an des dioxines et des furannes. Au cours de la première année d'exploitation, une telle mesure est réalisée tous les trois mois.

Lorsqu'il ne s'agit pas d'un rejet continu, mais d'un rejet par bûchées, une analyse des paramètres précités est réalisée avant chaque rejet sur un échantillon instantané prélevé dans la bûchée à rejeter. Le rejet ne peut intervenir que si les valeurs limites fixées à [l'article 21](#) sont respectées.

Article 30 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Surveillance de l'impact sur l'environnement au voisinage de l'installation

L'exploitant doit mettre en place un programme de surveillance de l'impact de l'installation sur l'environnement. Ce programme concerne au moins les dioxines et les métaux.

Il prévoira notamment la détermination de la concentration de ces polluants dans l'environnement :

- avant la mise en service de l'installation (point zéro) ;
- dans un délai compris entre trois mois et six mois après la mise en service de l'installation ;
- après la période initiale, selon une fréquence au moins annuelle.

ANNEXE

Le programme est déterminé et mis en œuvre sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais. Ses modalités sont précisées dans l'arrêté d'autorisation. Les mesures doivent être réalisées en des lieux où l'impact de l'installation est supposé être le plus important.

Les analyses sont réalisées par des laboratoires compétents, français ou étrangers, choisis par l'exploitant.

Les résultats de ce programme de surveillance sont repris dans le rapport prévu au point c de [l'article 31](#) et sont communiqués à la commission locale d'information et de surveillance lorsqu'elle existe.

Chapitre IX : Informations sur le fonctionnement ou l'arrêt de l'installation

Article 31 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Information de l'inspection des installations classées sur le fonctionnement de l'installation

(Arrêté du 3 août 2010, article 9)

a) Information en cas d'accident

L'exploitant informera immédiatement l'inspection des installations classées en cas d'accident et lui indiquera toutes les mesures prises à titre conservatoire.

b) Consignation des résultats de surveillance et information de l'inspection des installations classées

Les résultats de la mesure en continu de la température obtenue à proximité de la paroi interne de la chambre de combustion ou d'un autre point représentatif et des mesures demandées [aux articles 28, 29 et 30](#) sont conservés pendant cinq ans. Les informations relatives aux déchets issus de l'installation et à leur élimination sont en revanche conservées pendant toute la durée de l'exploitation.

« Les résultats des analyses demandées [aux articles 9, 26, 28, 29 et 30](#), accompagnés des flux des polluants mesurés, sont communiqués à l'inspecteur des installations classées » :

- selon une fréquence fixée dans l'arrêté préfectoral d'autorisation et au moins trimestriellement en ce qui concerne la mesure de la température de la chambre de combustion, « les mesures en continu et en semi-continu demandées à [l'article 28](#) » et les mesures en continu à fréquence journalière ou mensuelle demandées à [l'article 29](#), accompagnées de commentaires sur les causes des dépassements constatés ainsi que sur les actions correctives mises en œuvre ou envisagées ;

- selon une fréquence fixée dans l'arrêté préfectoral d'autorisation et au moins une fois par an en ce qui concerne les mesures ponctuelles telles que définies [aux articles 28, 29 et 30](#) et les informations demandées à [l'article 26](#) ;

- dans les meilleurs délais lorsque les mesures en continu prévues à [l'article 28](#) montrent qu'une valeur limite de rejet à l'atmosphère est dépassée, au-delà des limites fixées par [l'article 10](#), en cas de dépassement des valeurs limites d'émission en ce qui concerne les mesures réalisées par un organisme tiers telles que définies à [l'article 28](#), en cas de dépassement des valeurs limites de rejet dans l'eau en ce qui concerne les mesures définies à [l'article 29](#) et pour tout dépassement des valeurs limites de fraction soluble et de teneurs en métaux lourds dans les lixiviats des déchets produits par l'installation en ce qui concerne les mesures réalisées, le cas échéant, en application de [l'article 26](#).

Ces résultats sont accompagnés, à chaque fois que cela semble pertinent, par une présentation graphique de l'évolution des résultats obtenus sur une période représentative du phénomène observé, avec tous commentaires utiles.

L'inspection des installations classées peut demander à tout moment la réalisation, inopinée ou non, de prélèvements et analyses d'effluents liquides ou gazeux, de déchets ou de sol ainsi que l'exécution de mesures de niveaux sonores et de mesures dans l'environnement. Les frais occasionnés sont à la charge de l'exploitant.

L'exploitant calcule une fois par an, sur la base de la moyenne annuelle des valeurs mesurées et du tonnage admis dans l'année :

- les flux moyens annuels de substances faisant l'objet de limite de rejet par tonne de déchets incinérés ;
- les flux moyens annuels produits de déchets issus de l'incinération énumérés à [l'article 26](#) par tonne de déchets incinérés.

Il communique ce calcul à l'inspection des installations classées et en suit l'évolution.

[Les articles 61 et 62 de l'arrêté du 2 février 1998](#) susvisé s'appliquent.

« Les installations d'incinération et de co-incinération doivent réaliser chaque année une évaluation du pouvoir calorifique inférieur des déchets incinérés et en transmettre les résultats à l'inspection des installations classées. »

c) Rapport annuel d'activité

ANNEXE

Une fois par an, l'exploitant adresse à l'inspection des installations classées un rapport d'activité comportant une synthèse des informations dont la communication est prévue aux points a et b du présent article ainsi que, plus généralement, tout élément d'information pertinent sur la tenue de l'installation dans l'année écoulée et les demandes éventuelles exprimées auprès de l'exploitant par le public. Le rapport précise également, pour les installations d'incinération, le taux de valorisation annuel de l'énergie récupérée défini à [l'article 4](#) et présente le bilan énergétique global prenant en compte le flux de déchets entrant, l'énergie sortie chaudière et l'énergie valorisée sous forme thermique ou électrique et effectivement consommée ou cédée à un tiers. Pour les installations de co-incinération, le rapport précise le pourcentage de contribution thermique défini à [l'article 4](#).

L'inspection des installations classées présente ce rapport au " conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques " en le complétant par un rapport récapitulatif des contrôles effectués et les mesures administratives éventuelles proposées par l'inspection des installations classées pendant l'année écoulée.

d) Bilan de fonctionnement

Conformément aux dispositions de l'arrêté du 17 juillet 2000 susvisé, l'exploitant élabore tous les dix ans un bilan de fonctionnement, qu'il adresse au préfet, portant sur les conditions d'exploitation de l'installation inscrites dans l'arrêté d'autorisation.

Article 32 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Information du public

Conformément au décret n° 93-1410 du 29 décembre 1993 susvisé, l'exploitant adresse chaque année au préfet du département et au maire de la commune d'implantation de son installation un dossier comprenant les documents précisés à [l'article 2 du décret précité](#).

L'exploitant adresse également ce dossier à la commission locale d'information et de surveillance de son installation, si elle existe.

Article 33 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Cessation d'activité

Conformément à [l'article 34-1 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977](#) susvisé, l'exploitant adresse au préfet, au moins un mois avant la date à laquelle il estime l'exploitation terminée, un dossier comprenant :

- un plan à jour du site ;
- un mémoire sur les mesures prises pour assurer la protection des intérêts visés à [l'article L. 511-1](#) du code de l'environnement ;
- une description de l'insertion du site dans le paysage et son environnement ;
- une description des mesures prises ou prévues pour l'évacuation ou l'élimination des déchets présents sur le site ;
- une étude sur l'usage ultérieur qui peut être fait du site, notamment en termes d'utilisation du sol et du sous-sol ;
- une description du démantèlement des installations ou de leur nouvelle utilisation ;
- en cas de besoin, la surveillance qui doit encore être exercée sur le site.

Le préfet fait alors procéder par l'inspecteur des installations classées à une inspection du site pour s'assurer que la remise en état est conforme aux prescriptions de l'autorisation.

L'inspection des installations classées établit après cette visite un rapport de visite dont un exemplaire est adressé par le préfet à l'exploitant et au maire de la ou des communes intéressées, ainsi qu'aux membres de la commission locale d'information et de surveillance si elle existe.

« Chapitre X : Performance énergétique des installations d'incinération

Article 33-1 de l'arrêté du 20 septembre 2002

(Arrêté du 3 août 2010, article 10)

« La performance énergétique d'une installation d'incinération est calculée selon les indications de l'annexe VI.

Article 33-2 de l'arrêté du 20 septembre 2002

(Arrêté du 3 août 2010, article 10)

« L'opération de traitement des déchets par incinération peut être qualifiée d'opération de valorisation si toutes les conditions suivantes sont respectées :

ANNEXE

« - la performance énergétique de l'installation est supérieure ou égale à 0,65 pour les installations autorisées après le 31 décembre 2008, à 0,65 pour les installations ayant fait l'objet d'une extension augmentant leur capacité de traitement ou d'une modification notable par renouvellement des fours après le 31 décembre 2008 ou à 0,60 pour les autres installations ;

« ? l'exploitant évalue chaque année la performance énergétique de l'installation et les résultats de cette évaluation sont reportés dans le rapport annuel d'activité mentionné à l'article 31 ;

« - l'exploitant met en place les moyens de mesures nécessaires à la détermination de chaque paramètre pris en compte pour l'évaluation de la performance énergétique. Ces moyens de mesure font l'objet d'un programme de maintenance et d'étalonnage défini sous la responsabilité de l'exploitant. La périodicité de vérification d'un même moyen de mesure est annuelle.

L'exploitant doit tenir à disposition de l'inspection des installations classées les résultats du programme de maintenance et d'étalonnage.

Article 33-3 de l'arrêté du 20 septembre 2002

(Arrêté du 3 août 2010, article 10)

« Si les conditions définies à l'article 33-2 ne sont pas respectées, l'opération de traitement des déchets par incinération est qualifiée d'opération d'élimination. »

Titre III : Installations existantes

Article 34 de l'arrêté du 20 septembre 2002

(Arrêté du 3 août 2010, article 11)

« A Sans préjudice des dispositions transitoires spécifiques prévues dans les annexes, les dispositions [du titre II](#) sont applicables aux installations existantes à l'exception [des articles 3, 16](#) (a) et [16](#) (b) et des dispositions suivantes qui sont applicables selon le calendrier et les modalités définis dans le calendrier ci-dessous :

DÉLAIS D'APPLICATION des articles	INSTALLATIONS EXISTANTES
A compter du 1er juillet 2011	Article 18-1
A compter du 1er juillet 2014	Articles 10-1 (a) et 28 (b)

Par ailleurs, les dispositions relatives à la mesure en continu de l'ammoniac définies [aux articles 17, 18](#) et [28](#) ne sont applicables qu'à partir du 1er juillet 2014. »

Article 35 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Abrogations

(Arrêté du 3 août 2010, article 12)

L'arrêté du 23 août 1989 relatif à l'incinération de déchets contaminés dans une usine d'incinération de résidus urbains et [l'arrêté du 25 janvier 1991](#) relatif aux installations d'incinération de résidus urbains sont abrogés à compter du 28 décembre 2005.

« Pour les installations existantes et qui ont été autorisées avant le 28 décembre 2002, les prescriptions fixées au b de [l'article 9](#) sont complétées par les dispositions suivantes :

En cas de difficultés techniques, le temps de séjour de deux secondes doit s'appliquer au plus tard à compter du moment où il est procédé au renouvellement des fours. »

Article 36 de l'arrêté du 20 septembre 2002

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 20 septembre 2002.

Pour la ministre et par délégation :

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs,
P. Vesseron

Annexe I : Valeurs limites de rejets atmosphériques pour les installations d'incinération

(Arrêté du 3 août 2010, article 13)

a) Monoxyde de carbone

Les valeurs limites d'émission suivantes ne doivent pas être dépassées pour les concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans les gaz de combustion, en dehors des phases de démarrage et d'extinction :

ANNEXE

- 50 mg/m³ de gaz de combustion en moyenne journalière ;
- 150 mg/m³ de gaz de combustion dans au moins 95 % de toutes les mesures correspondant à des valeurs moyennes calculées sur dix minutes ou 100 mg/m³ de gaz de combustion dans toutes les mesures correspondant à des valeurs moyennes calculées sur une demi-heure au cours d'une période de vingt-quatre heures.

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut fixer une valeur limite différente pour une installation d'incinération utilisant la technologie du lit fluidisé.

Toutefois, cette valeur limite ne pourra dépasser 100 mg/m³ en moyenne horaire.

b) Poussières totales, COT, HCl, HF, SO₂ et NO_x

Paramètre	Valeur en moyenne journalière	Valeur en moyenne sur une demi-heure
Poussières totales	10 mg/m ³	30 mg/m ³
Substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur exprimées en carbone organique total (COT)	10 mg/m ³	20 mg/m ³
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10 mg/m ³	60 mg/m ³
Fluorure d'hydrogène (HF)	1 mg/m ³	4 mg/m ³
Dioxyde de soufre (SO ₂)	50 mg/m ³	200 mg/m ³
Monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO ₂) exprimés en dioxyde d'azote pour les installations existantes dont la capacité nominale est supérieure à 6 tonnes par heure ou pour les nouvelles installations d'incinération	200 mg/m ³	400 mg/m ³
Monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO ₂) exprimés en dioxyde d'azote pour les installations d'incinération existantes dont la capacité nominale est inférieure ou égale à 6 tonnes par heure	400 mg/m ³	

c) Métaux

Paramètre	Valeur
Cadmium et ses composés, exprimés en cadmium (Cd) + thallium et ses composés, exprimés en thallium (Tl)	0,05 mg/m ³
Mercure et ses composés, exprimés en mercure (Hg)	0,05 mg/m ³
Total des autres métaux lourds (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	0,5 mg/m ³

Le total des autres métaux lourds est composé de la somme :

- de l'antimoine et de ses composés, exprimés en antimoine (Sb) ;
- de l'arsenic et de ses composés, exprimés en arsenic (As) ;
- du plomb et de ses composés, exprimés en plomb (Pb) ;
- du chrome et de ses composés, exprimés en chrome (Cr) ;
- du cobalt et de ses composés, exprimés en cobalt (Co) ;
- du cuivre et de ses composés, exprimés en cuivre (Cu) ;
- du manganèse et de ses composés, exprimés en manganèse (Mn) ;
- du nickel et de ses composés, exprimés en nickel (Ni) ;
- du vanadium et de ses composés, exprimés en vanadium (V).

La méthode de mesure utilisée est la moyenne mesurée sur une période d'échantillonnage d'une demi-heure au minimum et de huit heures au maximum.

Ces valeurs s'appliquent aux émissions de métaux et de leurs composés sous toutes leurs formes physiques.

« d) Dioxines et furannes

PARAMÈTRE	VALEUR
-----------	--------

ANNEXE

Dioxines et furannes	0,1 ng/m ³
----------------------	-----------------------

La concentration en dioxines et furannes est définie comme la somme des concentrations en dioxines et furannes déterminée selon les indications de l'annexe III.

d-1. Mesures ponctuelles.

Les échantillons analysés sont constitués de prélèvements issus des gaz, réalisés sur une période d'échantillonnage de six à huit heures.

d-2. Mesures en semi-continu.

Les échantillons analysés sont constitués de prélèvements de gaz sur une période d'échantillonnage de quatre semaines. Une durée de prélèvement inférieure peut être définie par l'arrêté d'autorisation, notamment lorsque la sensibilité du milieu récepteur le justifie.

La mise en place et le retrait des dispositifs d'échantillonnage et l'analyses des échantillons prélevés sont réalisés par un organisme mentionné à l'article 28. »

« e) Ammoniac.

PARAMÈTRE	VALEUR JOURNALIÈRE moyenne
Ammoniac	30 mg/m ³

Annexe II : Détermination des valeurs limites d'émission atmosphériques pour la co-incinération de déchets

(Arrêté du 3 août 2010, article 14)

La formule ci-après (règle du prorata) doit être appliquée dans tous les cas où une valeur limite d'émission totale spécifique « C » n'est pas fixée dans un tableau de la présente annexe.

La valeur limite de chaque substance polluante en cause et du monoxyde de carbone contenus dans les gaz de combustion produits par la co-incinération de déchets doit être calculée comme suit :

$$C = \frac{V \text{ déchets} * C \text{ déchets} + V \text{ procédé} * C \text{ procédé}}{V \text{ déchets} + V \text{ procédé}}$$

V déchets : volume des gaz de combustion résultant de l'incinération de déchets, rapporté aux conditions définies à l'article 18. Si une seule valeur limite est calculée, quel que soit le pourcentage de la chaleur produite par l'installation apporté par l'incinération de déchets, ce pourcentage est alors fixé à sa valeur maximum. Le PCI des déchets est celui des déchets ayant la plus faible valeur calorifique spécifiée dans l'arrêté d'autorisation.

C déchets : valeur limite d'émission fixée pour les installations d'incinération à l'annexe I.

V procédé : volume des gaz de combustion résultant du fonctionnement de l'installation, y compris de la combustion des combustibles habituellement utilisés dans l'installation (à l'exclusion des déchets), déterminé sur la base de la teneur en oxygène fixée par la réglementation communautaire ou nationale à laquelle les émissions doivent être rapportées.

En l'absence d'une réglementation pour ce type d'installation, il convient d'utiliser la teneur réelle en oxygène des gaz de combustion non dilués par addition d'air non indispensable au procédé. L'article 18 indique les autres conditions auxquelles les résultats de mesure doivent être rapportés.

C procédé : valeur limite d'émission fixée dans les tableaux de la présente annexe pour certains secteurs industriels et certains polluants ou, en l'absence de tel tableau ou de telles valeurs, valeur limite pour la substance concernée conforme aux dispositions réglementaires relatives au type d'installation considéré et brûlant des combustibles normalement autorisés (à l'exclusion des déchets). En l'absence de telles dispositions, c'est la valeur limite fixée dans l'arrêté d'autorisation qui est utilisée. En l'absence de valeur fixée dans l'arrêté d'autorisation, c'est la concentration massique réelle qui est utilisée.

I. Dispositions applicables aux cimenteries co-incinérant des déchets

(Arrêté du 18 décembre 2012, article 1er A)

« C pour poussières totales, HCl, HF et NO_x, métaux, dioxines et furannes (teneur en O₂ de 10 %) »

ANNEXE

PARAMÈTRE	VALEUR
Poussières totales	30 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)

PARAMÈTRE	VALEUR
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)
Fluorure d'hydrogène (HF)	1 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)
NOx	500 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)
Cd + Tl	0,05 mg/m ³
Hg	0,05 mg/m ³
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5 mg/m ³
Dioxines et furannes	0,1 ng/m ³
(*) Les moyennes sur une demi-heure ne sont nécessaires que pour calculer les moyennes journalières.	

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente pour les NOx pour les cimenteries utilisant des fours Lepol ou des fours rotatifs longs, à condition que la valeur limite C n'excède pas 800 mg/m³, et ce jusqu'au 1er janvier 2016. »

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente pour les NOx pour les cimenteries existantes utilisant le procédé en voie humide ou pour les cimenteries qui brûlent moins de trois tonnes de déchets par heure, à condition que la valeur limite C n'excède pas 1 200 mg/m³, et ce jusqu'au 1er janvier 2008.

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente pour les poussières pour les cimenteries existantes qui brûlent moins de trois tonnes de déchets par heure, à condition que la valeur limite C n'excède pas 50 mg/m³, et ce jusqu'au 1er janvier 2008.

Pour les métaux, la méthode de mesure utilisée est la moyenne mesurée sur une période d'échantillonnage d'une demi-heure au minimum et de huit heures au maximum.

Ces valeurs s'appliquent aux émissions de métaux et de leurs composés sous toutes leurs formes physiques.

La concentration en dioxines et furannes est définie comme la somme des concentrations en dioxines et furannes déterminée selon les indications de [l'annexe III](#).

La méthode de mesure employée est la moyenne mesurée sur une période d'échantillonnage de six heures au minimum et de huit heures au maximum.

NB : les dispositions de l'article 1er A s'appliquent dans les délais suivants (Arrêté du 18 décembre 2012, article 3)

ANNEXE

TYPE D'INSTALLATION	ENTRÉE EN VIGUEUR
Installation d'incinération ou de co-incinération de déchets non dangereux de moins de 3 t/h	7 juillet 2015
Installation d'incinération ou de co-incinération de déchets dangereux de moins de 10 t/jour	7 juillet 2015
Installation d'incinération ou de co-incinération de déchets non dangereux de plus de 3t/h	7 janvier 2014
Installation d'incinération ou de co-incinération de déchets dangereux de plus de 10 t/jour	7 janvier 2014

C pour SO₂ et COT (teneur en O₂ de 10 %)

Paramètre	C
SO ₂	50 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)
COT	10 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)

(*) Les moyennes sur une demi-heure ne sont nécessaires que pour calculer les moyennes journalières.

" L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente dans les cas où le COT et le SO₂ ne proviennent pas de l'incinération de déchets. "

" Ainsi, sur certains sites, les matières premières (calcaires, argiles, etc.) mises en œuvre peuvent contenir des minéraux soufrés de nature à provoquer des émissions d'oxydes de soufre difficiles à capter, ou, de par leur composition, ne pas jouer le rôle de captation des produits soufrés présents dans le combustible. Pour chacun de ces cas particuliers, après justification à l'aide d'une étude technique réalisée par l'exploitant, une valeur spécifique est définie dans l'arrêté d'autorisation. Cette valeur limite, en moyenne journalière, ne peut toutefois dépasser :

- 1 020 mg/m³ lorsque le débit massique en oxydes de soufre est supérieur ou égal à 200 kg/h ;
- 1 620 mg/m³ lorsque le débit massique en oxydes de soufre est inférieur à 200 kg/h. "

Pour les substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur, exprimées en carbone organique total, une mesure à l'émission est réalisée lorsque l'installation n'incinère pas de déchets pour déterminer la valeur moyenne sur une période de trente jours des moyennes journalières.

Si cette valeur moyenne augmentée de deux fois l'écart type est inférieure à 10 mg/m³, la valeur limite à l'émission est fixée à 10 mg/m³ en moyenne journalière.

Si cette valeur moyenne augmentée de deux fois l'écart type est supérieure à 10 mg/m³, la valeur limite à l'émission en moyenne journalière est déterminée en application de la formule définie au premier paragraphe de la présente annexe, à partir de cette valeur moyenne augmentée de deux fois l'écart type. Toutefois, cette valeur limite ne pourra dépasser 100 mg/m³.

« C pour l'ammoniac (teneur en O₂ de 10 %).

PARAMÈTRE	VALEUR JOURNALIÈRE moyenne
Ammoniac	30 mg/m ³

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente pour l'ammoniac pour les cimenteries, sous réserve que l'exploitant justifie qu'il mette en œuvre les meilleures technologies disponibles et que l'excès d'ammoniac dans ses émissions soit lié à la teneur en ammoniac dans les matières premières calcaires, argiles, etc.) mises en œuvre. Pour chacun de ces cas particuliers, après justification à l'aide d'une étude technique réalisée par l'exploitant, une valeur spécifique est définie dans l'arrêté d'autorisation. En tout état de cause, cette valeur ne peut dépasser 100 mg/Nm³. »

II. Dispositions applicables aux installations de combustion co-incinérant des déchets

(Arrêté du 18 décembre 2012, article 1er B)

Les moyennes sur une demi-heure ne sont nécessaires que pour calculer les moyennes journalières.

« Pour le calcul de la puissance thermique nominale totale des installations de combustion, les règles de cumul suivantes s'appliquent :

- lorsque les gaz résiduaire d'au moins deux installations de combustion distinctes sont rejetés par une cheminée commune, l'ensemble formé par ces installations est considéré comme une seule installation de combustion et les capacités de chacune d'elles s'additionnent aux fins du calcul de la puissance thermique nominale totale ;
- si au moins deux installations de combustion distinctes autorisées pour la première fois le 1er juillet 1987 ou après ou pour lesquelles les exploitants ont introduit une demande complète d'autorisation à cette date ou après sont construites de telle manière que leurs gaz résiduaire pourraient, compte tenu des facteurs techniques et économiques, être rejetés par une cheminée commune, l'ensemble formé par ces installations est considéré comme une seule installation de combustion, et les capacités de chacune d'elles s'additionnent aux fins du calcul de la puissance thermique nominale totale ;
- aux fins du calcul de la puissance thermique nominale totale d'un ensemble d'installations de combustion visé aux paragraphes 1 et 2, les installations de combustion individuelles dont la puissance thermique nominale est inférieure à 15 MW ne sont pas prises en compte. »

« SO₂, NO_x, poussières

« II-1. C procédé exprimé en moyennes journalières (mg/Nm³) valable jusqu'au 31 décembre 2015, pour les installations dont les installations de combustion ont été autorisées avant le 7 janvier 2013, ou pour lesquelles les exploitants ont introduit une demande complète d'autorisation avant cette date, sous réserve que les installations soient mises en service au plus tard le 7 janvier 2014, et les installations dont les installations de combustion qui avaient obtenu une dérogation visée à [l'article 4, paragraphe 4, de la directive 2001/80/CE](#) et qui sont exploitées après le 1er janvier 2016 ; et jusqu'au 6 janvier 2013 pour les autres installations de combustion.

« C procédé pour les combustibles solides (moyennes journalières exprimées en mg/m³, teneur en O₂ de 6 %)

PARAMÈTRE	P < 50 MW	50 < P < 100 MW	100 < P < 300 MW	> 300 MW
SO ₂ : cas général		850	200	200
NO _x		400	200	200
Poussières	50	50	30	30

« C procédé pour la biomasse (moyennes journalières exprimées en mg/m³, teneur en O₂ de 6 %)

« Par biomasse, on entend une matière végétale d'origine agricole ou forestière susceptible d'être utilisée pour récupérer son contenu énergétique de même que les déchets végétaux agricoles et forestiers, les déchets végétaux provenant du secteur de la transformation alimentaire, les déchets fibreux issus de la production de pâte vierge et de la production du papier au départ de la pâte, les déchets de bois, à l'exception des déchets de bois qui sont susceptibles de contenir des composés organiques halogénés ou des métaux lourds à la suite d'un traitement avec des conservateurs du bois ou du placement d'un revêtement, y compris en particulier les déchets de bois de ce type provenant de déchets de construction ou de démolition, les déchets de liège.

PARAMÈTRE	P < 50 MW	50 < P < 100 MW	100 < P < 300 MW	> 300 MW
SO ₂		200	200	200
NO _x		350	300	300
Poussières	50	50	30	30

ANNEXE

« C procédé pour les combustibles liquides (moyennes journalières exprimées en mg/m³, teneur en O₂ de 3 %)

PARAMÈTRE	P < 50 MW	50 < P < 100 MW	100 < P < 300 MW	> 300 MW
SO ₂		850	400 à 200 (décroissance linéaire de 100 à 300 MWth)	200
NOx		400	200	200
Poussières	50	50	30	30

« II-2. C procédé exprimé en moyennes journalières (mg/Nm³) à partir du 1er janvier 2016, pour les installations dont les installations de combustion ont été autorisées avant le 7 janvier 2013, ou pour lesquelles les exploitants ont introduit une demande complète d'autorisation avant cette date, sous réserve que les installations soient mises en service au plus tard le 7 janvier 2014, et les installations dont les installations de combustion qui avaient obtenu une dérogation visée à [l'article 4, paragraphe 4, de la directive 2001/80/CE](#) et qui sont exploitées après le 1er janvier 2016 ; et, à partir du 7 janvier 2013, pour les autres installations de combustion.

« II-2.1. C procédé pour les installations dont les installations de combustion ont été autorisées avant le 7 janvier 2013, ou pour lesquelles les exploitants ont introduit une demande complète d'autorisation avant cette date, sous réserve que les installations soient mises en service au plus tard le 7 janvier 2014, et les installations dont les installations de combustion qui avaient obtenu une dérogation visée à [l'article 4, paragraphe 4, de la directive 2001/80/CE](#) et qui sont exploitées après le 1er janvier 2016.

« C procédé pour les combustibles solides, à l'exception de la biomasse (teneur en O₂ de 6 %)

SUBSTANCE POLLUANTE	< 50 MWth	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 MWth
SO ₂		400 pour la tourbe : 300	200	200
NOx		300 pour le lignite pulvérisé : 400	200	200
Poussières	50	30	25 pour la tourbe : 20	20

« C procédé pour la biomasse (teneur en O₂ de 6 %)

SUBSTANCE POLLUANTE	< 50 MWth	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 MWth
SO ₂		200	200	200

SUBSTANCE POLLUANTE	< 50 MWth	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 MWth
NOx		300	250	200
Poussières	50	30	20	20

« C procédé pour les combustibles liquides (teneur en O₂ de 3 %)

ANNEXE

SUBSTANCE POLLUANTE	< 50 MWth	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 Mth
SO ₂		350	250	200
NOx		400	200	150
Poussières	50	30	25	20

« II-2.2. C procédé pour les autres installations de combustion, à l'exception des turbines à gaz et des moteurs à gaz) :

« C procédé pour les combustibles solides à l'exception de la biomasse (teneur en O₂ de 6 %)

SUSTANCE POLLUANTE	< 50 MWth	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 MWth
SO ₂		400 pour la tourbe: 300	200 pour la tourbe: 300 sauf en cas de combustion en lit fluidisé: 250	150 pour la combustion en lit fluidisé sous pression ou circulant ou, en cas de combustion de tourbe, pour toutes les combus- tions en lit fluidisé: 200
NOx		300 pour la tourbe: 250	200	150 pour la combustion de lignite pulvérisé: 200
Poussières	50	20	20	10 pour la tourbe: 20

« C procédé pour la biomasse (teneur en O₂ de 6 %)

SUBSTANCE POLLUANTE	< 50 MW	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 MWth
SO ₂		200	200	150
NOx		250	200	150
Poussières	50	20	20	20

« C procédé pour les combustibles liquides (teneur en O₂ de 3 %)

SUBSTANCE POLLUANTE	< 50 MWth	50 à 100 MWth	100 à 300 MWth	> 300 MWth
SO ₂		350	200	150
NOx		300	150	100
Poussières	50	20	20	10

III. Dispositions applicables aux secteurs industriels non visés aux points I et II et qui co-incinèrent des déchets

HCl, HF

Paramètre	C
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)
Fluorure d'hydrogène (HF)	1 mg/m ³ (moyenne journalière) (*)

(*) Les moyennes sur une demi-heure ne sont nécessaires que pour calculer les moyennes journalières.

Métaux, dioxines

Paramètre	C
Cd + Tl	0,05 mg/m ³
Hg	0,05 mg/m ³
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5 mg/m ³
Dioxines et furannes	0,1 ng/m ³

Pour les métaux, la méthode de mesure utilisée est la moyenne mesurée sur une période d'échantillonnage d'une demi-heure au minimum et de huit heures au maximum.

Ces valeurs s'appliquent aux émissions de métaux et de leurs composés sous toutes leurs formes physiques.

La concentration en dioxines et furannes est définie comme la somme des concentrations en dioxines et furannes déterminée selon les indications de [l'annexe III](#).

La méthode de mesure employée est la moyenne mesurée sur une période d'échantillonnage de six heures au minimum et de huit heures au maximum.

« C pour l'ammoniac (teneur en O₂ de 10 %).

PARAMÈTRE	VALEUR JOURNALIÈRE moyenne
Ammoniac	30 mg/m ³

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente pour l'ammoniac pour les cimenteries, sous réserve que l'exploitant justifie qu'il mette en œuvre les meilleures technologies disponibles et que l'excès d'ammoniac dans ses émissions soit lié à la teneur en ammoniac dans les matières premières calcaires, argiles, etc.) mises en œuvre. Pour chacun de ces cas particuliers, après justification à l'aide d'une étude technique réalisée par l'exploitant, une valeur spécifique est définie dans l'arrêté d'autorisation. En tout état de cause, cette valeur ne peut dépasser 100 mg/Nm³. »

Annexe III : Facteurs d'équivalence pour les dibenzoparadioxines et les dibenzofurannes

Pour déterminer la concentration totale en dioxines et furannes comme la somme des concentrations en dioxines et furannes, il convient, avant de les additionner, de multiplier les concentrations massiques des dioxines et furannes énumérées ci-après par les facteurs d'équivalence suivants (en utilisant le concept d'équivalent toxique) :

		Facteur d'équivalence toxique
2,3,7,8	Tétrachlorodibenzodioxine (TCDD)	1
1,2,3,7,8	Pentachlorodibenzodioxine (PeCDD)	0,5
1,2,3,4,7,8	Hexachlorodibenzodioxine (HxCDD)	0,1
1,2,3,6,7,8	Hexachlorodibenzodioxine (HxCDD)	0,1
1,2,3,7,8,9	Hexachlorodibenzodioxine (HxCDD)	0,1
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlorodibenzodioxine (HpCDD)	0,01

ANNEXE

	Octachlorodibenzodioxine (OCDD)	0,001
2,3,7,8	Tétrachlorodibenzofuranne (TCDF)	0,1
2,3,4,7,8	Pentachlorodibenzofuranne (PeCDF)	0,5
1,2,3,7,8	Pentachlorodibenzofuranne (PeCDF)	0,05
1,2,3,4,7,8	Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1
1,2,3,6,7,8	Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1
1,2,3,7,8,9	Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1
2,3,4,6,7,8	Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlorodibenzofuranne (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,7,8,9	Heptachlorodibenzofuranne (HpCDF)	0,01
	Octachlorodibenzofuranne (OCDF)	0,001

Annexe IV : Valeurs limites de rejet pour les effluents aqueux issus des installations de traitement de déchets

Paramètre	Valeur limite de rejet exprimée en concentration massique pour des échantillons non filtrés
1. Total des solides en suspension	30 mg/l
2. Carbone organique total (COT)	40 m/l
3. Demande chimique en oxygène (DCO)	125 mg/l
4. Mercure et ses composés, exprimés en mercure (Hg)	0,03 mg/l
5. Cadmium et ses composés, exprimés en cadmium (Cd)	0,05 mg/l
6. Thallium et ses composés, exprimés en thallium (Tl)	0,05 mg/l
7. Arsenic et ses composés, exprimés en arsenic (As)	0,1 mg/l
8. Plomb et ses composés, exprimés en plomb (Pb)	0,2 mg/l
9. Chrome et ses composés, exprimés en chrome (Cr)	0,5 mg/l (dont Cr ⁶⁺ : 0,1 mg/l)
10. Cuivre et ses composés, exprimés en cuivre (Cu)	0,5 mg/l
11. Nickel et ses composés, exprimés en nickel (Ni)	0,5 mg/l
12. Zinc et ses composés, exprimés en zinc (Zn)	1,5 mg/l
13. Fluorures	15 mg/l
14. CN libres	0,1 mg/l
15. Hydrocarbures totaux	5 mg/l
16. AOX	5 mg/l
17. Dioxines et furannes	0,3 ng/l

A compter du 1er novembre 2010 (Arrêté du 3 août 2010, [article 18](#)) :

(Arrêté du 3 août 2010, article 15) : alinéa supprimé

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir une valeur limite différente pour le total des solides en suspension pour les installations existantes, à condition d'imposer que 80 % des valeurs mesurées ne dépassent pas 30 mg/l et qu'aucune de ces mesures ne dépasse 45 mg/l.

(Arrêté du 3 août 2010, article 16)

ANNEXE

« Annexe V : Formule pour le calcul de la concentration d'émission au pourcentage standard de la concentration d'oxygène :

$$E_s = \frac{21 - O_s}{21 - O_m} \times E_m$$

Où :

Es représente la concentration d'émission calculée au pourcentage standard de la concentration d'oxygène ;

Em représente la concentration d'émission mesurée ;

Os représente la concentration d'oxygène standard ;

Om représente la concentration d'oxygène mesurée. »

« Annexe VI : Performance énergétique d'une installation d'incinération

(Arrêté du 3 août 2010, article 17 et Arrêté du 7 novembre 2016, article 1er)

« La performance énergétique d'une installation d'incinération est calculée avec la formule suivante qui tient compte du facteur de correction climatique (FCC) :

$$Pe = ((E_p - (E_f + E_i)) / 0,97 (E_w + E_f)) * FCC$$

Où :

Pe représente la performance énergétique de l'installation ;

Ep représente la production annuelle d'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité. Elle est calculée en multipliant par 2,6 l'énergie produite sous forme d'électricité et par 1,1 l'énergie produite sous forme de chaleur pour une exploitation commerciale (GJ/ an) ;

Ef représente l'apport énergétique annuel du système en combustibles servant à la production de vapeur (GJ/ an) ;

Ew représente la quantité annuelle d'énergie contenue dans les déchets traités, calculée sur la base du pouvoir calorifique inférieur des déchets (GJ/ an) ;

Ei représente la quantité annuelle d'énergie importée, hors Ew et Ef (GJ/ an) ;

0,97 est un coefficient prenant en compte les déperditions d'énergie dues aux mâchefers d'incinération et au rayonnement.

Cette formule est appliquée conformément au document de référence sur les meilleures techniques disponibles en matière d'incinération de déchets (BREF Incinération).

FCC représente le facteur de correction climatique tel que défini ci-dessous.

Pour l'application de la formule de calcul de la performance énergétique qui figure ci-dessus,

1. Le FCC pour les installations en exploitation et autorisées, conformément à la législation de l'Union en vigueur, avant le 1er septembre 2015 est :

$$FCC = 1 \text{ si } DJC \geq 3\,350$$

$$FCC = 1,25 \text{ si } DJC \leq 2\,150 \quad FCC = -(0,25/1\,200) \times DJC + 1,698 \text{ si } 2\,150 < DJC < 3\,350$$

2. Le FCC pour les installations autorisées après le 31 août 2015 et pour les installations visées au point 1 après le 31 décembre 2029 est :

$$FCC = 1 \text{ si } DJC \geq 3\,350$$

$$FCC = 1,12 \text{ si } DJC \leq 2\,150$$

$$FCC = -(0,12/1\,200) \times DJC + 1,335 \text{ si } 2\,150 < DJC < 3\,350$$

ANNEXE

3. La valeur résultante du FCC est arrondie à la troisième décimale.

La valeur de DJC (degrés-jours de chauffage) à prendre en considération est la moyenne des valeurs annuelles de DJC pour le lieu où est implantée l'installation d'incinération, calculée sur une période de vingt années consécutives avant l'année pour laquelle le FCC est calculé.

Pour le calcul de la valeur de DJC, il y a lieu d'appliquer la méthode suivante, établie par Eurostat :
DJC est égal à $(18^{\circ} \text{ C} - T_m) \times j$ si T_m est inférieure ou égale à 15° C (seuil de chauffage) et est égal à zéro si T_m est supérieure à 15° C ,

T_m étant la température extérieure moyenne $(T_{\min} + T_{\max})/2$ sur une période de j jours.

Les calculs sont effectués sur une base journalière ($j = 1$) et additionnés pour obtenir une année.

Les données T_{\min} et T_{\max} utilisées doivent être représentatives du lieu où est implantée l'installation. Les données de la station météorologique la plus proche doivent être utilisées en accord avec l'inspection des installations classées afin de s'assurer de leur représentativité.

Cette formule de la performance énergétique qui considère le FCC est à prendre en compte pour le calcul de la performance énergétique de l'installation à partir de l'année 2016. »

ANNEXE

ANNEXE 2 :

Tableau01 : La quantité des polluants issus de combustion de Novoformine

Produit : novoformine		forme : comprimé				
Polluants	poids	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)
		0,5	14,78	4,16	66	2
0,5	15,16	3,61	70	2	4	
0,5	16,93	3,81	89	2	4	
0,5	14,85	3,83	77	2	4	
0,5	15	4,1	83	2	3	
0,5	14,99	3,61	78	2	4	
0,5	14,98	3,44	84	2	4	
0,5	15,11	3,81	68	2	4	
0,5	15,07	3,49	78	2	4	
0,5	15,08	3,79	66	2	3	
0,5	15,01	3,7	68	2	4	
0,5	15,08	3,72	67	2	4	
0,5	15,11	3,65	71	2	4	
0,5	15,03	3,96	81	2	3	
0,5	14,59	3,91	70	4	4	
0,5	14,6	4,27	117	3	4	
0,5	14,43	4,47	197	22	3	
0,5	15,8	3,93	76	7	4	
0,5	16,44	3,82	72	4	3	
0,5	15,64	4,05	93	3	3	
0,5	15,7	3,76	71	3	4	
0,5	15,71	4,88	213	2	4	
0,5	15,87	3,84	78	9	4	
0,5	15,64	4,02	72	3	4	
1	16,3	3,96	133	2	4	
1	16,14	4,8	123	3	4	
1	15,78	3,97	73	2	4	
1	15,91	4,51	113	3	3	
1	15,98	4	134	3	4	
1	16,17	4,39	76	3	4	
1	16,01	4,6	99	3	15	
1	15,9	4,92	75	2	3	
1	15,98	4,91	82	3	4	
1	15,85	3,83	78	3	3	
1	16,04	4,11	82	3	4	
1	15,87	3,9	85	3	4	
1	15,82	3,83	86	3	4	

ANNEXE

1	15,86	3,83	94	3	4
1	15,57	4,08	41	4	4
1	15,58	3,84	89	12	3
1	15,88	4,15	71	20	3
1	16,3	3,84	48	9	4
1	15,93	3,83	213	6	4
1	15,74	4,05	78	4	3
1	15,6	3,76	72	4	4
1,5	16,5	5,7	77	3	6
1,5	15,71	4,87	271	3	4
1,5	15,73	3,14	78	15	12
1,5	15,67	5,4	189	7	4
1,5	15,6	4,8	80	7	4
1,5	15,71	4,43	134	7	5
1,5	15,6	4,96	209	180	4
1,5	15,64	4,3	215	33	4
1,5	15,96	4,36	101	11	4
1,5	16,7	4,16	81	7	4
1,5	16,23	4,11	146	10	4
1,5	16,66	4,45	83	6	4
1,5	16,21	4,43	75	6	4
1,5	15,95	4,89	78	5	4
1,5	15,92	4,77	99	5	5
1,5	15,97	5,47	80	5	4
1,5	16,02	4,5	104	4	4
1,5	16,11	4,26	79	5	4
1,5	16,34	3,76	80	4	4
Moyenne (mg/m³)	15,70	4,17	202,08	22,74	5,21

ANNEXE

Tableau 02 : La quantité des polluants issus de combustion de sargenor

Produit : sargenor		forme : Ampoule				
poids	polluant	O2 (%)	CO2 (%)	NOX (ppm)	SO2 (ppm)	CO (ppm)
	2		16,23	3,98	82	2
2		14,1	5,11	62	2	108
2		14,38	4,6	76	2	4
2		14,31	4,72	54	2	4
2		14,23	4,81	64	2	4
2		14,26	3,83	63	2	4
2		14,14	3,79	55	2	4
2		14,21	4,22	45	2	4
2		14,1	5,4	52	2	4
2		14,16	5,94	53	3	4
2		14,27	5,34	52	2	4
2		14,12	5,37	86	7	4
2		14,2	5,54	101	6	4
2		16	5,54	65	15	53
2		16,24	3,97	67	7	4
2		16,42	3,55	69	4	4
2		16,27	3,7	74	3	4
2		16,27	3,61	61	3	4
2		16,28	3,55	69	3	4
2		14,26	5,49	89	2	4
2		14,16	5,04	48	2	4
2		14,02	5,03	50	2	4
2		14,05	5,49	86	2	3
3		16,06	5,09	42	2	3
3		15,9	5,46	37	3	4
3		16,05	5,95	33	22	4
3		16	5,12	50	2	4
3		14,03	5,44	79	2	4
3		13,53	5,42	77	2	4
3		13,7	5,31	76	2	3
3		13,71	4,97	49	4	81
3		15,97	6,17	98	10	4
3		16,1	5,64	97	5	4
3		15,91	5,61	98	4	4
3		16,14	5,37	86	4	4

ANNEXE

3	16,16	5,54	101	3	4
3	16,05	5,54	65	3	4
3	16,1	3,97	67	3	101
3	13,98	3,55	69	2	6
3	13,94	3,7	74	2	74
3	13,9	3,61	61	2	35
3	14	3,55	69	5	109
3	14,11	5,49	89	6	79
3,5	15,75	4,37	108	2	4
3,5	15,35	4,09	83	2	7
3,5	15,61	3,9	65	2	3
3,5	15,6	3,73	68	4	12
3,5	15,64	5,61	129	4	4
3,5	18,33	6,25	118	4	7
3,5	16,67	5,81	123	4	14
3,5	16,76	6,48	88	4	59
3,5	14,8	6,47	93	2	240
3,5	14,55	5,56	81	20	456
3,5	15,64	4,37	67	9	25
Moyenne (mg/m³)	15,12	4,91	150,55	12,1	36,00

Tableau03 : La quantité des polluants issus de combustion de klavox

Produit : klavox		forme : poudre				
point	Polluant	O₂ %	CO₂%	NO_x (ppm)	SO₂ (ppm)	CO (ppm)
	0,5	16,7	2,4	161	0	0
	0,5	16,9	2,6	161	0	0
	0,5	16,8	2,4	161	0	0
	0,5	16,9	2,3	178	0	0
	0,5	16,8	2,4	196	0	0
	0,5	16,8	2,4	167	0	0
	0,5	16,5	2,5	147	0	0
	0,5	14,6	3,6	175	0	0
	0,5	14,8	3,5	161	0	0
	0,5	14,6	3,6	158	0	0
	0,5	15	2,8	161	0	0
	0,5	15,9	2,9	169	0	0
	0,5	15,9	2,9	161	0	0
	0,5	15,8	2,9	150	0	0

ANNEXE

0,5	15,9	2,9	167	0	0
0,5	15,9	2,9	156	0	0
0,5	15,7	3	211	0	0
0,5	15,7	3	101	0	0
1	15,4	3,1	153	0	0
1	15,3	3,2	164	0	0
1	15,6	3	164	0	0
1	15,6	3	168	0	0
1	15,6	3	200	0	0
1	15,6	3	300	0	0
1	15,5	3,1	241	0	0
1	15,5	3,1	184	0	0
1	15,5	3,1	104	0	0
1	15,4	3,1	94	0	0
1	15,6	3,1	140	0	0
1	15,5	3,1	147	0	0
1	15,6	3	193	0	0
1	15,8	2,9	162	0	0
1	15,7	3	144	0	0
1	15,7	3	144	0	0
1	15,3	3,2	133	0	0
2	14,9	3,4	215	0	0
2	14,7	3,4	211	0	0
2	15,1	3,3	217	0	0
2	15,3	3,2	193	0	0
2	15,2	3,3	197	0	0
2	15,1	3,4	216	0	0
2	15,3	3,5	194	0	0
2	15	3,6	201	0	0
2	14,6	3,6	188	0	0
2	14,9	3,4	266	0	0
2	15	3,4	170	0	0
2	15,4	3,1	218	0	0
2	15	3,4	207	0	0
2	17,7	1,7	363	0	0
2	14,9	3,4	245	0	0
2	14,9	3,4	224	0	0
Moyenne (mg/m³)	15,5	3,08	376,60	0	0

ANNEXE

Tableau 04 : La quantité des polluants issus de combustion de victoza

Produit : victoza		forme : Injectable				
poids	Polluant	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)
	2		16,2	2,8	119	0
2		15,9	2,9	126	0	0
2		14,5	2,7	88	0	0
2		14	2,8	81	0	0
2		14,2	3,7	86	0	0
2		14,4	3,8	90	0	0
2		14,3	3,7	94	0	0
2		14,4	3,7	91	0	0
2		14,2	2,6	90	0	0
2		14,5	2,7	94	0	0
2		14,6	3,8	94	0	0
2		14,6	3,9	94	0	0
2		14,5	3,8	97	0	0
2		15,8	2,6	124	0	0
2		16,3	2,8	124	0	0
2		16,3	2,6	124	0	0
2		16,2	2,6	121	0	0
2		14,3	3,6	95	0	0
2		14,2	3,8	95	0	0
2		14,1	3,9	93	0	0
4		16,1	2,7	129	0	0
4		15,5	2,9	129	0	0
4		16,2	3,7	131	0	0
4		16,1	3,9	132	0	0
4		14,4	3,8	99	0	0
4		14,3	3,9	99	0	0
4		14,4	3,8	98	0	0
4		14,4	3,7	98	0	0
4		16,3	3,8	134	0	0
4		16,2	3,4	131	0	0
4		14,3	3,6	96	0	0
4		14,2	3,7	101	0	0
4		14,3	3,7	103	0	0
4		16,3	2,9	137	0	0
4		16,1	2,6	129	0	0
4		16,3	2,7	128	0	0



ECFERAL Spa
 14,route de larba EL-HARRACH
 Alger

Certificat d'analyses

XL3t-62238

Reading No 3943
 Mode Soil
 Time 2017-04-03 09:28
 Duration 60.63
 Units ppm
 Sigma Value 2
 Sequence Final
 Flags
 SAMPLE nobac
 LOCATION
 INSPECTOR
 COR 1
 COR 2
 MISC
 NOTE



	ppm	±	Error
As	0	:	N/A
NI	0	:	N/A
Pb	0	:	N/A
Hg	0	:	N/A
Cr	0	:	N/A
Cd	0	:	N/A
Mo	0	:	N/A
Zr	6.953	±	3.646
Sb	0	:	N/A
Sr	50.715	±	3.659
U	0	:	N/A
Rb	7.464	±	2.488
Th	0	:	N/A
Se	0	:	N/A
Au	0	:	N/A
Zn	45.372	±	10.513
W	0	:	N/A
Cu	0	:	N/A
Co	0	:	N/A
Fe	347.915	±	49.964
Mn	0	:	N/A
V	0	:	N/A
Ti	1146.799	±	51.038
Sc	551.188	±	54.562
Ca	105862.195	±	478.926
K	809.811	±	120.957
S	13010.239	±	558.877
Ba	0	:	N/A
Cs	0	:	N/A
Te	0	:	N/A
Sn	0	:	N/A
Ag	0	:	N/A
Pd	0	:	N/A

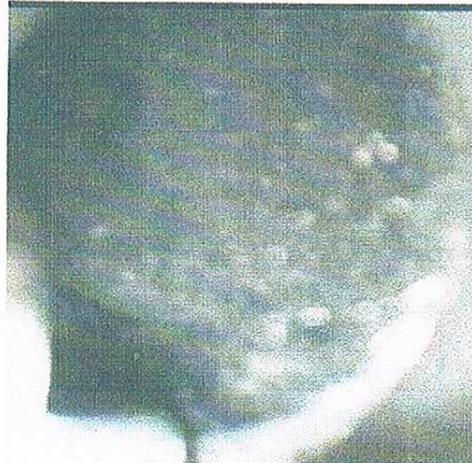


ECFERAL Spa
14, route de Jarba EL-HARRACH
Alger

Certificat d'analyses

XL3t-62238

Reading No 3947
Mode Soil
Time 2017-04-03 09:39
Duration 60.73
Units ppm
Sigma Value 2
Sequence Final
Flags
SAMPLE novoformine
LOCATION
INSPECTOR
COR 1
COR 2
MISC
NOTE



	ppm	±	Error
As	0	:	N/A
Ni	0	:	N/A
Pb	0	:	N/A
Hg	0	:	N/A
Cr	0	:	N/A
Cd	0	:	N/A
Mo	0	:	N/A
Zr	78.809	±	6.418
Sb	0	:	N/A
Sr	125.778	±	5.971
U	0	:	N/A
Rb	6.327	±	2.934
Th	8.269	±	4.339
Se	0	:	N/A
Au	0	:	N/A
Zn	165.803	±	18.963
W	0	:	N/A
Cu	0	:	N/A
Co	0	:	N/A
Fe	28628.012	±	389.242
Mn	631.590	±	91.460
V	0	:	N/A
Ti	2493.317	±	74.478
Sc	243.237	±	40.760
Ca	47496.672	±	357.090
K	1613.913	±	127.515
S	9594.188	±	524.881
Ba	0	:	N/A
Cs	0	:	N/A
Te	0	:	N/A
Sn	0	:	N/A
Ag	0	:	N/A
Pd	0	:	N/A

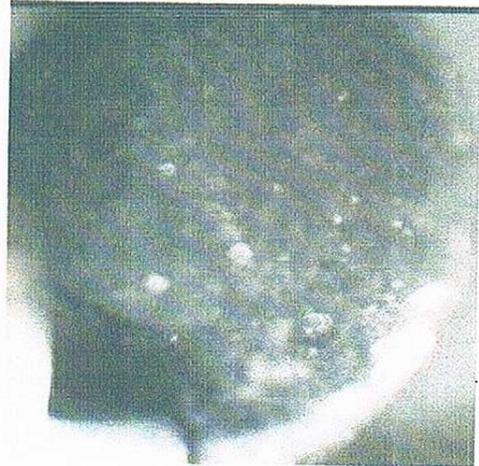


ECFERAL Spa
 14,route de larba EL-HARRACH
 Alger

Certificat d'analyses

XL3t-62238

Reading No 3945
 Mode Soil
 Time 2017-04-03 09:33
 Duration 61.76
 Units ppm
 Sigma Value 2
 Sequence Final
 Flags
 SAMPLE sargenor
 LOCATION
 INSPECTOR
 COR 1
 COR 2
 MISC
 NOTE



	ppm	±	Error
As	0	:	N/A
Ni	0	:	N/A
Pb	0	:	N/A
Hg	0	:	N/A
Cr	33.384	±	14.387
Cd	0	:	N/A
Mo	12.113	±	3.958
Zr	121.879	±	7.336
Sb	0	:	N/A
Sr	223.486	±	7.445
U	0	:	N/A
Rb	16.039	±	3.306
Th	0	:	N/A
Se	0	:	N/A
Au	0	:	N/A
Zn	1729.399	±	50.810
W	0	:	N/A
Cu	132.497	±	22.331
Co	0	:	N/A
Fe	7331.221	±	204.526
Mn	9179.446	±	256.537
V	0	:	N/A
Ti	1981.560	±	64.689
Sc	99.197	±	27.428
Ca	23773.064	±	241.626
K	3229.431	±	137.035
S	9449.729	±	480.127
Ba	0	:	N/A
Cs	0	:	N/A
Te	0	:	N/A
Sn	0	:	N/A
Ag	0	:	N/A
Pd	0	:	N/A



ECFERAL Spa
 14,route de larba EL-HARRACH
 Alger

Certificat d'analyses

XL3t-62238

Reading No 3944
 Mode Soil
 Time 2017-04-03 09:30
 Duration 60.91
 Units ppm
 Sigma Value 2
 Sequence Final
 Flags
 SAMPLE klavox
 LOCATION
 INSPECTOR
 COR 1
 COR 2
 MISC
 NOTE



	ppm	±	Error
As	0	:	N/A
Ni	0	:	N/A
Pb	0	:	N/A
Hg	0	:	N/A
Cr	0	:	N/A
Cd	0	:	N/A
Mo	6.166	±	3.691
Zr	68.483	±	5.258
Sb	0	:	N/A
Sr	9.563	±	2.266
U	0	:	N/A
Rb	4.375	±	2.441
Th	0	:	N/A
Se	0	:	N/A
Au	0	:	N/A
Zn	32.454	±	10.406
W	0	:	N/A
Cu	0	:	N/A
Co	0	:	N/A
Fe	178.465	±	43.988
Mn	0	:	N/A
V	0	:	N/A
Ti	1272.758	±	37.444
Sc	0	:	N/A
Ca	5470.613	±	110.328
K	26973.922	±	267.188
S	12221.949	±	419.696
Ba	0	:	N/A
Cs	0	:	N/A
Te	0	:	N/A
Sn	0	:	N/A
Ag	0	:	N/A
Pd	0	:	N/A

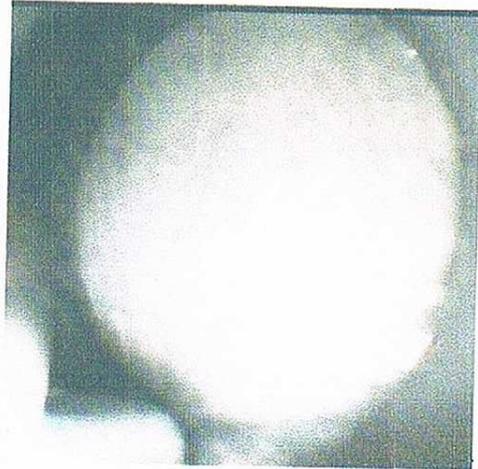


ECFERAL Spa
14,route de larba EL-HARRACH
Alger

Certificat d'analyses

XL3t-62238

Reading No 3946
Mode Soil
Time 2017-04-03 09:37
Duration 61.36
Units ppm
Sigma Value 2
Sequence Final
Flags
SAMPLE victoza
LOCATION
INSPECTOR
COR 1
COR 2
MISC
NOTE



	ppm	±	Error
As	55.783	±	6.793
Ni	107.373	±	27.968
Pb	0	:	N/A
Hg	0	:	N/A
Cr	0	:	N/A
Cd	0	:	N/A
Mo	0	:	N/A
Zr	260.062	±	8.968
Sb	86.758	±	14.553
Sr	171.658	±	6.366
U	0	:	N/A
Rb	0	:	N/A
Th	0	:	N/A
Se	0	:	N/A
Au	0	:	N/A
Zn	230.704	±	19.231
W	0	:	N/A
Cu	0	:	N/A
Co	41.255	±	26.760
Fe	280.061	±	49.257
Mn	150.285	±	58.903
V	0	:	N/A
Tl	1363.129	±	102.370
Sc	0	:	N/A
Ca	8087.960	±	124.930
K	6490.861	±	146.400
S	11245.766	±	427.385
Ba	6505.408	±	96.869
Cs	49.374	±	12.071
Te	62.049	±	36.751
Sn	0	:	N/A
Ag	0	:	N/A
Pd	0	:	N/A