

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BEJAIA



Département Génie des Procédés

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de master 2 en Génie de l'Environnement

**LE TRAITEMENT DES EFFLUENTS GAZEUX DANS UNE
INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE – cas - CEVITAL**

Réalisé par :

Nawal ZAID

Encadré par :

M. Mofok AZZOUG

Présenté et soutenu publiquement le (06/07/2022)

Composition du Jury :

Président	M Sofiane FATMI	MCA	Université de Bejaia
Promoteur	M. Moufok AZZOUG	MCA	Université de Bejaia
Examineur	M. Hamid TIGHZERT	MCA	Université de Bejaia

DEDICACES

Je dédie ce travail à ma mère dont le courage et les sacrifices pour ses enfants méritent à n'en point douter, un ardent hommage à ma famille 'mon père, mes sœurs Melissa et Sabrina, mon frère Yanis, ma grand-mère Yema Dahvia et ma tante Malika, mon fiancé Samir' qui sont ma source de bonheur. Et aussi mes chers amis que j'apprécie tant et qui ont donnés un sens à mes années d'études.

A tous mes condisciples de promotion master 2 mention génie des procédé de l'environnement. Je dédie mon travail à tous ceux qui ont contribué à ma réussite et à mon épanouissement spécialement monsieur AZZOUG.

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche n'aurait pu voir le jour sans monsieur Hassane Reham qui m'a accueillie avec bienveillance dans l'entreprise CEVITAL située à Bejaia.

Je remercie mon directeur de mémoire, monsieur Azzoug Moufok de m'avoir subtilement guidé tout au long de mon stage, sans lui je ne serais pas allée aussi loin dans mes recherches ni dans la rédaction de mémoire. Je remercie également monsieur Hamid Tighzert.

Merci à tous ceux qui m'ont accompagné à CEVITAL 'madame Amgher Thassadit et son frère monsieur Amgher Hamza'. Sans avoir à oublier monsieur Laakab et toute l'équipe que j'ai rencontrée à CEVITAL. La richesse de nos échanges m'ont permis de prendre du recul sur ma démarche ingénierie.

Toutes mes pensées vont à ma chère maman la plus belle, la plus intelligente celle qui m'a initié vers mes études, et à ma grand-mère sa douceur et son enthousiasme a toujours su me soutenir dans l'élaboration de tous mes projets. Sans oublier mon compagnon qui m'encourage et qui est présent en permanence à mes côtés pour me donner de la force au quotidien.

Je remercie également le membre du juré d'avoir honoré ma soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce modeste travail.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures

Introduction générale	01
I. GENERALITES SUR LES POLLUANTS GAZEUX DANS UNE INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE.....	8
I.1. Principaux polluants atmosphériques émis par une industrie agro-alimentaire	2
I.1.1. Les polluants gazeux et les odeurs	2
I.1.2. Les Polluants particulaires et poussières.....	4
I.1.3. L'impact sur l'environnement et la santé	4
I.2. Pollution atmosphérique due aux raffineries de sucre	6
I.2.1. Fonctionnement des raffineries de sucre	6
I.2.2. Emission de polluants gazeux et particulaires dans les raffineries de sucre	9
I.3. Traitements des effluents gazeux dans une industrie agroalimentaire	10
I.4. Dépoussiérage	10
I.4.1. Les différentes techniques utilisées pour filtrer les particules	12
I.4.2. Le principe et le type de filtres utilisés	12
I.4.3. Les cyclones	14
I.4.4. Les électrofiltres	15
I.4.5. Laveurs.....	16
I.5. Traitements des molécules polluantes.....	17
I.6. Réduction de la pollution de l'air résultante de la transformation de la canne à sucre	19
II. MATERIELS ET METHODES	22
II.1. Description de l'entreprise de Cevital.....	23
II.2. Description de l'unité de production de sucre	24
II.3. Description de l'unité de traitement de l'air au sein de la filiale de sucre.....	26
II.3.1. L'installation de traitement d'air 'CTA'	26
II.4. Différents circuits consommateurs de l'air comprimé	29
II.4.1. Circuit d'ensilage	29
II.4.2. Circuit désilage	30
II.4.3. Circuits de dépoussiérage	30
III. I. RESULTATS ET DISCUSSIONS	32
III.1. BILAN DE MATIERES AU SEIN DU SILO A SUCRE	33

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	36
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	37
IV. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38
V. annexE.....	41

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Effets sur la santé de quelques polluants atmosphériques.....	6
Figure I.2. Principales étapes du raffinage du sucre brut.....	7
Figure I.3. Schéma de principe de système de dépoussiérage et performances associées	12
Figure I.4. Filtre à poches et colmatage-décolmatage d'une poche.....	13
Figure I.5. Filtre à cartouches et cartouches.....	14
Figure I.6. Schéma des cyclones de traitement de l'air.....	15
Figure I.7. Schéma de principe d'un électrofiltre 'tu mets l'article dans lequel t'as pris ce schéma.....	16
Figure I.8. Schéma de principe d'un traitement de fumées industrielles associant dépoussiérage électrostatique, désulfuration au lait de chaux et dénitrification catalytique	18
Figure I.9. Les différentes techniques pour éliminer un composé odorant.....	19
Figure I.10. Les différents procédés de traitement de l'air	21
Figure II.1. Situation géographique de l'entreprise CEVITAL	24
Figure II.2. Schéma des étapes de raffinage du sucre roux au niveau de CEVITAL	26
Figure II.3. Centrale de traitement de l'air (CTA) au niveau de la raffinerie de sucre.....	27
Figure II.4. Préfiltre G4	27
Figure II.5. Schéma d'une batterie de refroidissement	28
Figure II.6. Représentation d'un filtre à haute efficacité	28
Figure II.7. L'emplacement du Silo 80 000 tonnes de sucre au sein de l'entreprise de CEVITAL	29
Figure II.8. Schéma simplifié du système de dépoussiérage au niveau du silo à sucre de CEVITAL.....	30
Figure II.9. Dépoussiéreurs ACMB utilisés par CEVITAL au sein de l'unité de sucre.....	31
Figure III.1. Flux quotidien d'ensilage et de désilage de sucre ainsi que la quantité de poussières produites au sein du Silo.....	33
Figure III.2. Quantités mensuelles de poussières générées par le silo de sucre sur la période de Novembre 2021 à Juin 2022.....	34

Figure III.3. Quantités annuelles de poussières produites dans des raffineries de sucre en fonction du sucre raffiné (CEVITAL) ou en fonction de la bagasse valorisée comme combustible dans les chaudières de cogénération (Inde et Egypte) 35

INTRODUCTION GENERALE

L'industrie agroalimentaire (IAA) en Algérie est l'une des plus importantes du pays après celle des hydrocarbures et première industrie manufacturière (ONS, 2018). Les IAA ont connu leur essor depuis les années 1970s, notamment dans les filières céréales, lait, eaux et boissons. Ces filières restent les plus importantes mais sont suivies maintenant par celles du sucre, des corps gras, des conserves, des viandes, etc.

Les IAA produisent une grande variété de denrées alimentaires (viandes, lait, boissons, conserves, pains et pâtisseries, sucre, plats préparés...). Cependant, comme toute activité industrielle, l'agroalimentaire génère des déchets et des effluents, liquides ou gazeux, polluants qu'il convient de minimiser avant leur rejet dans l'environnement (Rappert et Muller, 2005 ; Cheremisinoff et al., 2008 ; Gao et al., 2019 ; Galanakis, 2021). Parmi ceux-ci, les émissions gazeuses chargées en NOx et SOx et en composés organiques volatils (COV) responsables des nuisances olfactives, très souvent mal appréciées par le voisinage des sites industriels (Guillot et Le Coarec, 2008 ; Gao et al., 2019). En outre, le secteur agroalimentaire peut générer aussi des flux variés de polluants particuliers (Guillot et le Cloarec, 2008).

L'industrie du sucre est parmi les IAA les plus émettrices de matières particulaires dans leurs effluents gazeux. Ces émissions atmosphériques lors du raffinage du sucre résultent principalement de la combustion de la bagasse (le résidu fibreux de la canne à sucre) pour alimenter les chaudières de cogénération (Cheesman, 2004 ; Cheresiminoff et al., 2008 ; Sahu, 2018). Des flux de poussière allant de 3000 à 12 000 mg/m³ de particules fines sont mesurés dans les fumées issues de la combustion de la bagasse dans les raffineries de sucre (Cheesman, 2004). D'une autre part, les silos de stockage du sucre raffiné peuvent générer aussi beaucoup de poussières lors des opérations de l'ensilage (remplissage) et du désilage (désemplissage), pouvant présenter un risque d'explosion. En effet, les nuages de poussières de sucre à l'intérieur des silos de stockage doivent être contrôlés pour prévenir tout risque d'explosion. À titre d'exemple, pour un nuage de poussière de sucre de taille moyenne inférieure à 75 µm, sa température d'inflammation est de 370 °C (Guillot et Le Cloarec, 2008). En outre, ces poussières peuvent être un vecteur de pollution, présentent un risque pour l'environnement et un risque sanitaire sur les populations vivant au voisinage des raffineries de sucre (Cheesman, 2004). Par conséquent, ces poussières doivent donc être traitées afin de réduire leurs impacts sur la santé humaine et ses effets sur l'environnement.

Ce présent projet de fin d'étude s'inscrit pleinement dans cette thématique de traitement des poussières émises par les silos de stockage des produits alimentaires. Pour ce faire, j'ai effectué un stage pratique en entreprise au sein de la raffinerie de sucre de CEVITAL. Au cours de ce stage, il a été question de travailler sur le procédé de traitement des poussières émanant du silo de stockage du sucre blanc au sein de cette entreprise

Dans ce mémoire, nous allons consacrer le premier chapitre à une synthèse bibliographique sur la pollution atmosphérique générée par les industries agroalimentaire en général et l'industrie du sucre en particulier. En outre, quelques généralités sur les procédés de traitement et de prévention de cette pollution y sont abordées. Le deuxième chapitre se focalisera sur la description de l'entreprise CEVITAL, le fonctionnement de raffinerie du sucre ainsi que le procédé de dépoussiérage utilisé. Le troisième chapitre, quant à lui, sera consacré à la présentation des principaux résultats de ce stage pratique.

CHAPITRE I

**GENERALITES SUR LES
POLLUANTS GAZEUX DANS UNE
INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE**

I.1. PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES EMIS PAR UNE INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE

I.1.1. LES POLLUANTS GAZEUX ET LES ODEURS

Les polluants gazeux et les odeurs générés par les industries agroalimentaires sont généralement une mixture de plusieurs composés organiques et inorganiques à faibles concentrations. La plupart de ces composés sont une forme réduite de carbone, d'azote et/ou de soufre, tels que les aldéhydes, les cétones, les alcools, les acides, l'ammoniac (NH₃), les sulfures (R-S-R'), les mercaptans (R-SH) et l'hydrogène sulfuré (H₂S). Dans certains cas, les produits malodorants peuvent également être causés par des composés organiques volatils (COV) (Rappert et al, 2005 ; Guillot et le Cloarec, 2008 ; Qamaruz-Zaman et al., 2021). Ces derniers résultent des réactions chimiques lors du processus de transformation des matières premières telles que la cuisson, l'évaporation, la fermentation, le chauffage, le séchage ou le fumage des aliments. Actuellement, plus de 8000 composés malodorants ont été identifiés et quantifiés à proximité ou à l'intérieur même de l'industrie alimentaire (Rappert et al. 2005 ; Gao et al. 2019).

Tous les secteurs agroalimentaires peuvent générer ces nuisances olfactives comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau I.1. Les composés organiques volatil émis par quelques secteurs agroalimentaires (Rappert et al., 2005)

Industrie alimentaire	COV
Industrie des pâtes	Aldéhydes (3-methylbutanal, (E)-2-nonenal, (E,E)-2,4-decadienal, hexanal, phenylacetaldehyde, methional, 2-methylpropanal), acides (acide acétique, Acide 3-methylbutanoïque), vanilline, cétones (2,3 butandione, 3-hydroxy-4, 5-dimethyl-2 (5H)-furanone, 1-octen- 3-one, 4-hydroxy-2, 5-dimethyl-3 (2H)-furanone, diacetyl), furanes, esters, alcools, composés sulfurés, hydrocarbures, lactones, phénols, acetals, epoxides, nitriles, pyrazines (2-methyl-3-ethylpyrazine, 2-ethyl-3, 5-dimethylpyrauzine), n-heterocycles (2-acetyl-1- pyrroline)
Industrie de chips	Composés sulfurés (methanethiol), aldéhydes ((E,Z)-2,4-decadienal, (E,E)-2,4-decadienal, methylpropanal, 2-methylbutanal, 3-methylbutanal, trans-4, 5-epoxy-(E)-2-decanal, (Z)-2-nonanol, (E)-2-nonanal, methional, hexanal, phenylacetaldehyde), pyrazines (2-ethyl-3, 5-dimethylpyrazine, 2-ethyl-3, 6-dimethylpyrazine, 3-ethyl-2, 5-dimethylpyrazine, 2,3-diethyl-5- methylpyrazine, 2-ethyl-3-ethyl-5-methylpyrazine), cétones (1-octen-3-one, 1-penten-3-one)
Industrie laitière	Carbonyls, alcanols, acides gras (C4–C18), composés sulfurés, pyrazines, pyroles, pyridines, thiazoles, furan; Aldéhydes (acetaldehyde, 2-methyl propanol, 3-methyl butanol), composés sulfurés, aromatiques, cétones (2,3-butanedione, 2,3-pentanedione, 3-hydroxy 2-butanone), alcools (ethanol, 2-methyl propanol, 3-methyl butanol), esters (ethyl acetate), acides, Phénols, sulfures (dimethyl disulfide, higher dimethyl polysulfides), indole, methyl ketones, acetophenone.
Industrie de transformation des produits carnés	Hydrocarbons, alcool, phénols, aldéhydes (methional, (E,E)-2,4-decadienal, (E,E)-2,4-nonadienal, 12-methyltridecanal), cétones (1-octen-3-one), carboxylic acids, esters, lactones, furanes (2-methyl-3-(methylthio) furane, 2-methyl-3-furanthiol, bis (2-methyl-3-furyl) disulfide, furfuryl mercaptan), pyrans, pyroles, pyridines, pyrazines, autres composés azotés, oxazoles, oxazolines, non, thiophenes, thiazoles (2-acetylthiazole), thiazolines, composés soufrés heterocyciques, composés sulfurés (methanethiol, dimethyl sulfide,

	dimethyl trisulfide, dimethyl tetrasulfide), aldéhydes (octanal, nonanal, acetaldehyde, methylpropanal, hexanal, methional, 3- methylbutanal, 2-methylbutanal, (E)-2-nonenal), furan (2-methyl-3-furanthiol, 2- furfurylthiol), cétones (1-octen-3-one) Terpene hydrocarbons, monoterpene alcohols, phenyl propanoids, phenols, aldéhydes, cétones, furanthiols,
Industrie des fruits et des végétaux en conserve	Alcools, aldéhydes, cétones, terpènes, composés aromatiques, acides, esters, composés soufrés, composés azotés.
Industrie des épices	Hydrocarbures, terpènes, alcools, carbonyles, acides, aldéhydes, cétones, esters, époxydes, phénols et dérivés, furanes, pyranes.
Industrie du vin, de la bière et des liqueurs	Alcools, esters, terpènes, acides, lactones, carbonyles, acetals, phénols, composés soufrés, composés azotés, amines, acetamides, pyrazines, alcools, carbonyles, aldéhydes, acetals, dicetone, acides gras, esters, pyrroles, pyridines, pyrazines.
Industrie du café, du cacao et du thé	Composés soufrés (2-furfurylthiol, methanethiol, 2-methyl-3-furanthiol, dimethylsulfide, dimethyl trisulfide, bis (2-methyl-3-furyl) disulfide 3-methyl-2-buten-1- thiol), furanones (4-hydroxy-2, 5-dimethyl-3 (2H)-furanone, 2(or 5)-ethyl-4-hydroxy-5 (or 2)-methyl-3 (2H)-furanone, 3-hydroxy-4, 5-dimethyl-2 (5H)- furanone, 5-ethyl-3-hydroxy-4-methyl-2 (5H)-furanone, 3-hydroxy-4-methyl-5- ethyl-2 (5H)-furanone), ketones (1-octen-3-one, (E)-β-damascenone, diacetyl, 5- methyl-(E)-2-heptene-4-one), aldehydes (octanal, nonanal, (E,E)-2,4-decadienal, methional, 12-methyltridecanal, (Z)-2-nonenal, acetaldehyde, (E)-2-nonenal, methylpropanal, phenylacetaldehyde, 3-methylbutanal), pyrazines (2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine, 2-ethyl-3,6-dimethylpyrazine, 2-ethenyl-3,5-dimethylpyrazine, 2,3-diethyl-5-methylpyrazine, 3-isobutyl-2-methoxypyrazine, 2,5-dimethylpyrazine, tetramethylpyrazine, pyrazine), alcohols (3-mercapto-3-methyl-1-butanol, 2-phenylethanol), hydrocarbons, acids, esters, lactones, phenols and derivatives, thiophenes, pyrroles, oxazoles, thiazoles, pyridines, quinolines, amines.

À titre d'exemple, une campagne d'échantillonnage de l'air ambiant à proximité d'un conglomérat d'usines agroalimentaires dans la province du Jiangsu a révélé des taux atmosphériques de COV variant entre 0.178 et 0,968 mg.m⁻³ (tableau 1.2) [Gao et al., 2019].

Tableau 1.2. Les concentrations moyennes de COV relevées à proximité d'usines agroalimentaires dans le province du Jiangsu en Chine [Gao et al., 2019]

Composants		Concentration en COV (moyenne ± Sd, mg/m ³)			
		l'usine de vinaigre	Les brasseries	l'usine de cornichons	l'usine de nouilles
Alcools	Ethanol	ND	0.165 ± 0.035	0.082 ± 0.020	ND
	Isopropanol	0.018 ± 1.15×10 ⁻³	ND	ND	ND
	Butanol	ND	4.12×10 ⁻³ ±1.15×10 ⁻³	ND	ND
	1,2,4-butanetriol	ND	ND	0.050 ± 0.011	ND
	n-hexanol	ND	ND	0.036 ± 9.36×10 ⁻³	ND
	Octanol	ND	1.46×10 ⁻³ ±2.77×10 ⁻⁴	ND	ND
	Alcool phénéthylque	0.038 ± 9.88×10 ⁻³	ND	ND	ND
Aldéhydes	Crotonaldéhyde	ND	ND	ND	4.63×10 ⁻³ ± 1.25×10 ⁻³
	Furfural	0.016 ± 2.72×10 ⁻³	ND	ND	ND
	Benzaldéhyde	2.67×10 ⁻³ ± 7.21×10 ⁻⁴	1.39×10 ⁻³ ± 3.88×10 ⁻⁴	9.20×10 ⁻⁴ ± 2.39×10 ⁻⁴	5.82×10 ⁻³ ±1.67×10 ⁻³
	Nonanal	ND	ND	0.012 ± 2.64×10 ⁻³	ND

ND: non-déecté

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES POLLUANTS GAZEUX DANS UNE INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE

Cétones	Acétone	0.088 ± 0.021	ND	0.033 ± 9.24×10 ⁻³	ND
	2-butanone	ND	ND	4.04×10 ⁻³ ±1.06×10 ⁻³	0.021 ± 5.25×10 ⁻³
	2-pentanone	ND	3.34×10 ⁻³ ± 8.22×10 ⁻⁴	ND	ND
	Cyclohexane	ND	ND	ND	1.40×10 ⁻³ ± 2.66×10 ⁻⁴
	Méthyl isobutyle	ND	ND	ND	8.00×10 ⁻³ ±1.68×10 ⁻³
	Cétone	7.56×10 ⁻³ ± 1.72×10 ⁻³	4.04×10 ⁻³ ± 1.05*10 ³	1.73×10 ⁻³ ±4.43×10 ⁻⁴	ND
	Acétophénone	ND	ND	ND	8.00×10 ⁻⁴ ±1.70×10 ⁻⁴
	Disobutylcétone				
Acides	l'acide acétique	0.131 ± 0.031	1.78×10 ⁻³ ±5.07×10 ⁻⁴	ND	ND
	Acide butyrique	ND	4.28×10 ⁻⁴ ±1.17×10 ⁻⁴	ND	ND
	Acide hexanoïque	ND	1.78×10 ⁻³ ±4.52×10 ⁻⁴	ND	ND
Esters	Ethyl acétate	0.739 ± 0.186	1.06×10 ⁻³ ± 2.74×10 ⁻⁴	0.030 ± 7.05×10 ⁻³	6.21×10 ⁻³ ± 1.59×10 ⁻³
	Vinyle acétate	ND	ND	0.025 ± 5.85×10 ⁻³	4.83×10 ⁻³ ± 1.28×10 ⁻³
	Méthyl	3.89×10 ⁻³ ± 9.84×10 ⁻³	ND	ND	ND
	Méthoxyacétate	1.38×10 ⁻⁴ ± 3.97×10 ⁻⁵	4.10×10 ⁻³ ± 1.04×10 ⁻³	1.00×10 ⁻³ ± 2.35×10 ⁻⁴	0.069 ± 0.015
	Butyle acétate	ND	0.089	ND	ND
Alcanes	Cyclopropane	ND	ND	3.45×10 ⁻³ ± 9.80×10 ⁻⁴	ND
	3-methylpentane	ND	ND	ND	3.20×10 ⁻⁴ ±7.87×10 ⁻⁴
	n-heptane	ND	ND	1.27×10 ⁻³ ± 3.19×10 ⁻⁴	ND
	n-dodécane	ND	ND	2.76 ×10 ⁻³ ± 7.29×10 ⁻⁴	ND
Akènes	1,3-butadiene	ND	ND	4.12×10 ⁻³ ± 1.09×10 ⁻³	ND
	1,4-pentadiene	ND	ND	0.028 ± 5.57×10 ⁻³	ND
	Limonène	ND	ND	1.92×10 ⁻³ ± 3.99×10 ⁻⁴	ND
BTEX	Benzène	7.00×10 ⁻³ ±1.74×10 ⁻³	0.015 ± 3.98×10 ⁻³	3.20×10 ⁻³ ± 6.90×10 ⁻⁴	0.014 ± 3.98×10 ⁻³
	Toluène	ND	ND	4.41×10 ⁻³ ± 1.05×10 ⁻³	0.020 ± 5.75×10 ⁻³
	Ethylbenzène	4.02×10 ⁻³ ±1.10×10 ⁻³	2.03×10 ⁻³ ±5.56×10 ⁻⁴	4.01×10 ⁻³ ± 1.07×10 ⁻³	2.83×10 ⁻³ ± 6.71×10 ⁻⁴
	m/p-xylène	ND	ND	ND	6.02×10 ⁻⁴ ± 1.48×10 ⁻⁴
	o-xylène	ND	ND	ND	6.03×10 ⁻⁴ ± 1.35×10 ⁻⁴
	Styrène	ND	ND	1.21×10 ⁻³ ±3.18×10 ⁻⁴	ND
autres	1,2-dichloroethane	ND	ND	ND	0.011 ± 2.62×10 ⁻⁴
	Tétrahydrofurane	ND	ND	ND	0.012 ± 1.84×10 ⁻⁴

I.1.2. LES POLLUANTS PARTICULAIRES ET POUSSIÈRES

Toute industrie agroalimentaire génère une grosse quantité de poussière et de particules. Ces diverses particules provenant des procédés de stockage, de manutention des grains, cuisson des aliments, fermentation et conditionnement de produit à base de poissons, de viande ou de volaille [Tomoda, S., 1993].

I.1.3. L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE

I.1.3.1. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Les émissions gazeuses et particulaires des industries agroalimentaires couplés aux autres sources de pollution (trafic routier, autres secteurs industriels) peuvent aboutir à des phénomènes de pollution atmosphérique de grande ampleur [Ramade, 2012 ; Jacobson, 2012, Vallero ; 2014] Parmi ces phénomènes, on peut citer :

I.1.3.1.1. Les pluies acides

Elles sont causées principalement par le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote émis dans l'atmosphère, qui s'oxydent dans l'air pour former l'acide sulfurique et l'acide nitrique. Ces pluies altèrent les équilibres chimiques des milieux récepteurs en les acidifiant. Ceci peut se

répercuter par des atteintes sur les écosystèmes terrestres (forêts, champs agricoles) ainsi que sur la faune et la flore aquatique [Ngo et Regent, 2008].

I.1.3.1.2. Le smog

On distingue deux types de Smogs : Le smog classique de type londonien ou smog industriel (pollution par la fumée), qui est provoqué par les oxydes de soufre et la matière particulaire pendant les mois d’hiver. L’autre type de smog est le smog photochimique. Il est généralement plus important durant les mois d’été. Les oxydes d’azote (NOx) et les COV sont impliqués dans sa formation. De l’ozone se forme au niveau du sol en présence de NOx (issus des échappements des automobiles) par réactions photochimiques. L’ozone ainsi formé réagit avec les différents polluants atmosphériques pour former plus de 100 polluants secondaires. Ces smogs sont très irritants pour les yeux et les voies respiratoires.

I.1.3.2. IMPACT SUR LA SANTE HUMAINE

Les effluents gazeux des industries agroalimentaires ne sont généralement pas considérés comme pouvant présenter un danger pour la santé humaine, du fait de leurs faibles concentrations [Rappert et al., 2005 ; Nicolay, 2006]. L’impact de ces rejets concerne généralement le proche voisinage et se caractérise souvent par des nuisances olfactives. Comme pour toutes les nuisances olfactives, une quelconque toxicité n’est pas clairement établie. En effet, la toxicité des COV advient à des seuils plus élevés que ce qui est émis par les industries agroalimentaires (Tableau 1.3). Toutefois, le caractère déplaisant et la fréquence de la nuisance constituent déjà un effet sur la santé. En effet, une dégradation du mode de vie ou un sentiment de mal-être va avoir une influence psychologique négative qui peut participer à l’aggravation de maladies [Guillot et le Cloarec., 2008].

Tableau I.3. Principaux seuils et effets toxicologiques rapportés pour 20 composés organiques volatils (COV) [Li et al., 2021]

COV	Seuil toxicologique ayant un effet sur la santé humaine
Acroléine	>690 µg/m ³ , irritation des yeux
Acrylamide	400 mg/L dans l’eau, Atteinte sur le système nerveux central.
Acrylonitrile	0.8 mg/m ³ , Atteinte sur les fonctions reproductives.
Chlorure de vinyle	3–51 mg/m ³ , Atteinte hépatique
Oxyde d’Éthylène	0.2–450 mg/m ³ , Atteinte sur les fonctions reproductives.
Benzène	3–32 mg/m ³ , hématotoxicité
1-Bromopropane	Stress oxydatif, génotoxicité
1,3 Butadiène	>11 mg/m ³ , Cancer colorectal et cancer de la prostate.
Disulfure de carbone	≤10 mg/m ³ , atteinte neurologique
Crotonaldéhyde	>1600 µg/m ³ , irritation des yeux, de la peau et du système respiratoire.
Cyanure	>6.8 mg/m ³ , atteinte du système nerveux central.
N,N-diméthylformamide	6–20 mg/m ³ , toxicité hépatique
Ethylbenzène	0.2–13 mg/m ³ , effets hématologique et aberrations chromosomiques.
Isoprène	Asphyxiant.
Oxyde de Propylène	Brulures cornéennes et eczémas.

Styrène	<4.3 mg/m ³ , effets hématologiques.
Tetrachloroéthylène	>0.14 mg/m ³ , atteintes neurologiques et perte de la perception de couleurs.
Toluène	113–1320 mg/m ³ , toxicité rénale.
Trichloroéthylène	43–924 mg/m ³ , effets neurologiques.
Xylène	>61 mg/m ³ , troubles respiratoires.

Par ailleurs, en plus de COV, d'autres polluants atmosphériques gazeux (SO_x, NO_x, O₃) et particules fines (PM) peuvent induire des effets notables sur la santé, résumés dans la figure I.1.

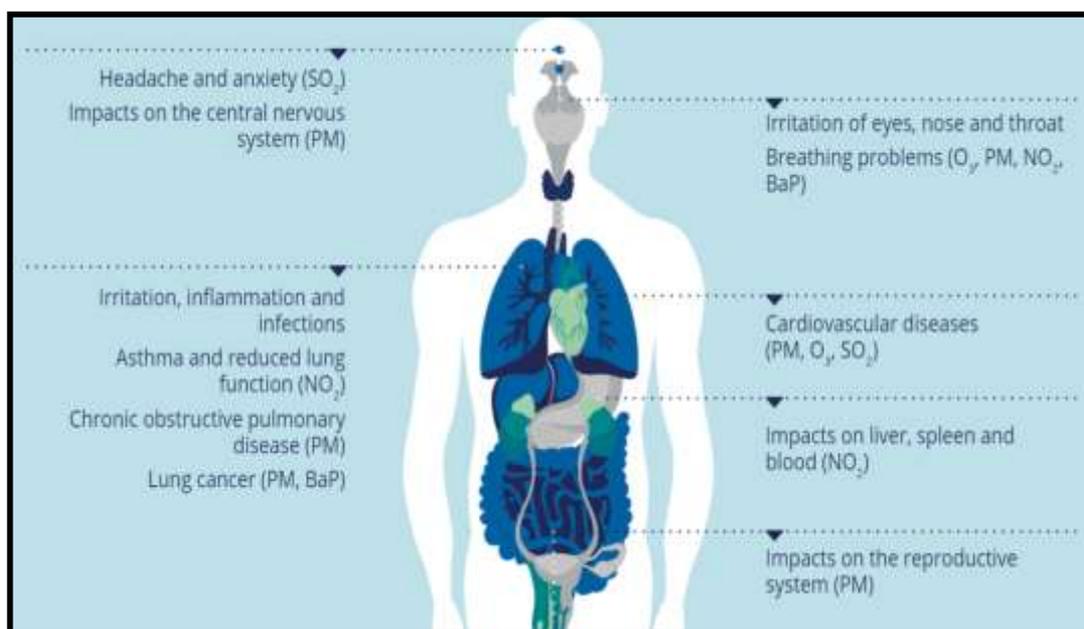


Figure I.1. Effets sur la santé de quelques polluants atmosphériques

[<https://www.eea.europa.eu>]

I.2. Pollution atmosphérique due aux raffineries de sucre

I.2.1. Fonctionnement des raffineries de sucre

I.2.1.1. Canne à sucre

La canne à sucre est une herbe tropicale appartenant au groupe d'espèces de *Saccharum* ressemblant quelque peu au bambou, qui stocke du saccharose dans sa tige. . A la récolte, la canne est coupée approximativement au niveau du sol, les feuilles vertes supérieures sont coupées et les tiges coupées sont regroupées et transportées à l'industrie.. En tant que source de sucre, la canne coupée peut se détériorer rapidement [Larrahondo et al, 2002], par l'action de micro-organismes. Par conséquent, les industries de raffinage du sucre sont généralement situées à proximité des champs de canne pour minimiser le temps de transport. En règle générale, la canne est traitée dans les 24 h suivant sa découpe [Cheesman, 2004].

La canne est traitée dans son pays d'origine et elle est parfois expédiée sous forme de sucre brut vers les raffineries de sucre. Au niveau des raffineries de sucre, le sucre roux constitue la matière première qui va subir plusieurs étapes de transformation pour aboutir à un produit final commercialisable qui est le sucre blanc (Figure 1.2) [Mathlouthi et Barbara ; 2001].

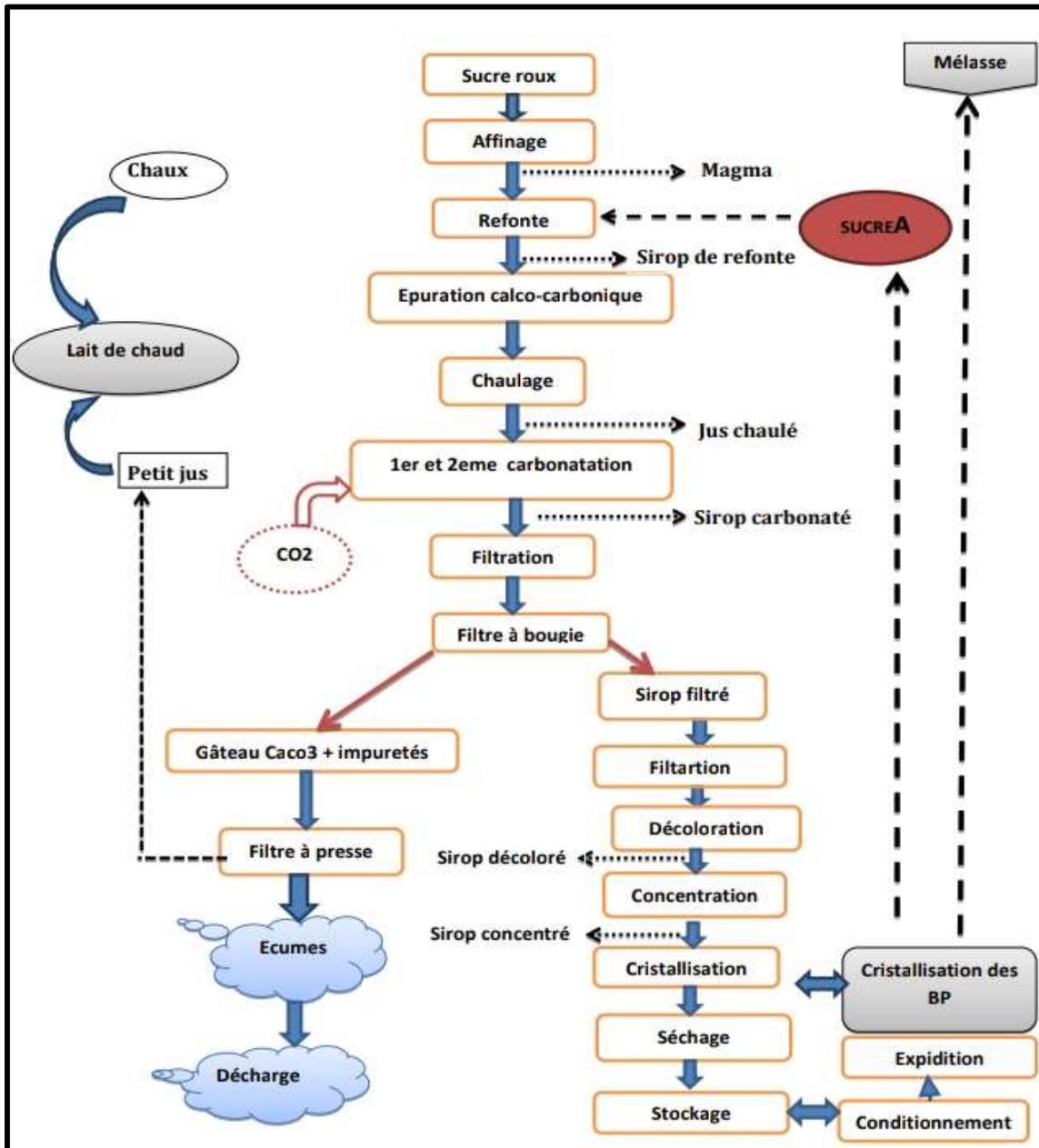


Figure I.2. Principales étapes du raffinage du sucre brut [Djerroud.A.Djoudi, 2013]

I.2.1.2. L'affinage et refonte

50% des colorants sont éliminés pendant l'affinage, elle consiste à un malaxage de sucre roux avec un sirop chaud. Ce sucre est ensuite envoyé dans un fondoir avec l'eau sucrée et chaude à 850°C formant le sucre de refonte.

I.2.1.3. L'épuration calco-carbonique

Le sirop de refonte est traité par une solution de chaux 'lait de chaux' qui élimine par décantation et filtration les impuretés dissoutes dans le sirop. La première carbonatation sert à précipiter la chaux dans le jus sous forme de CaCO_3 , la deuxième a pour rôle d'éliminer le maximum de calcium dans les sirops de la première carbonatation.

I.2.1.4. La filtration

Cette partie élimine le carbonate de calcium en suspension dans le sirop carbonaté et de récupérer le petit jus.

I.2.1.5. Décoloration

Cette étape s'effectue dans un échangeur anionique de type AMBERLITE IRA 900 RF cl. Elle consiste à réduire le taux de coloration du sirop jusqu'à 80% afin d'améliorer le rendement de la cristallisation.

I.2.1.6. La concentration ou évaporation

Avant de cristalliser le sirop est concentré dans un évaporateur, et les vapeurs issues sont récupérées pour les besoins de chauffage durant le processus, le but de cette étape est d'éliminer l'eau.

I.2.1.7. Cristallisation

Cette opération permet d'extraire le saccharose en solution dans le jus concentré, alors que les impuretés restent concentrées dans le liquide pour donner en final une solution résiduelle épuisée.

I.2.1.8. Séchage et maturation

Le sucre cristallisé blanc, issu du premier jet est évacué encore chaud vers un sécheur, subit un séchage par de l'air chaud puis il sera refroidi ; l'air requis pour le stockage doit être sec, chaud et filtré, avec une température de 35°C. Avec un volume d'air de l'ordre de 1600m³ par tonne de sucre.

I.2.1.9. Le stockage et conditionnement

Après séchage, le sucre est tamisé, classé et pesé puis dirigé vers des ateliers de conditionnement où il est ensaché ou conditionné en morceaux ou stocké en silos. Le sucre destiné au stockage en silo est en apparence sec et fluide, la cristallisation se poursuit au cours des premiers jours de stockage, s'accompagne d'une libération d'eau qu'il faut éliminer par ventilation des silos [Djerroud, A.Djoudi, . 2013].

I.2.2. Emission de polluants gazeux et particulaires dans les raffineries de sucre

La principale source de pollution atmosphérique d'une raffinerie de sucre provient des particules fines et des poussières émises par cheminées de chaudières de cogénération dont la source d'énergie est la combustion de la bagasse (le résidu fibreux de la canne à sucre) [Cheesman, 2004].

D'autres sources d'émission de polluants comprennent les unités de fermentation de jus de sucre, les évaporateurs et lors de la décoloration du sucre. Environ 5,5 kilogrammes de cendres volantes par tonne métrique de canne traitée (soit 4500 mg/m³ de cendres volantes) [Cheremesinoff et al., 2008]. D'autres études antérieures [Lora et Jativa ; 1999] suggèrent que les gaz d'échappement de chaudières non traités transportent des émissions de particules d'environ 3000 à 10000 mg/Nm³, bien que des concentrations plus élevées soient citées par Chang et Lee (1989, 1991), de 6000- 10000 mg/Nm³ et 8000- 12000 mg/Nm³ respectivement. Ceci a conduit certains pays à établir des normes d'émission pour les particules provenant des chaudières à bagasse (tableau I.4).

Tableau I.4. Exemples de normes d'émission de particules pour les chaudières à bagasse. [Joyce et Dixon ; 1999

Juridiction	Norme (mg/Nm ³)
Australie(1991)	450
Australie (1990, pour les nouvelles chaudières)	250
Afrique du sud(1991)	450
Afrique du sud (1996, pour les nouvelles chaudières)	120
Hawai(1991)	870
Inde(1902) (chaudières à grille inclinée)	250
Inde(1992) (chaudière à épandeur-stockeur)	800
Maurice(1999)	400
Malaisie(1999)	400
Banque mondiale (1997) (recommandations pour le financement de projets)	100-150

Les problèmes d'odeurs associés aux effluents des sucreries sont rapportés par Yang et Al. (1991) à Hawaï et par Sinha (1993) en Inde. Des odeurs peuvent provenir des opérations de séchage et de stockage où se produit la détérioration des résidus de canne et d'autres matières organiques [UNEP; 1982].

Les émissions de CO₂ résultent également de la combustion de la bagasse pour alimenter les chaudières. Les chaudières émettent souvent du NO, du SO (Chang et Lee ; 1991), bien que les rejets puissent se situer dans les limites réglementaires [Kroes et Dixon, 1998]. Le PNUE suggère que le SO₂ peut être un problème particulier lorsque du pétrole est utilisé comme combustible. En revanche l'un des avantages environnementaux de la combustion de la bagasse dans les chaudières des usines de production de canne à sucre est la teneur en soufre

relativement faible de ce matériau combustible [Payne ; 1991]. Bien que leurs concentrations soient relativement faibles [Shukla ; 1995], les émissions des feu de chaudière telles que NO et HAP doivent être prise en compte dans les évaluations environnementales [Lora et Javia ; 1999]. Outre les émissions potentielles des chaudières, la sulfatation peut être utilisée dans le traitement du sucre de canne, entraînant potentiellement une libération de SO₂.

I.3. Traitements des effluents gazeux dans une industrie agroalimentaire

L'air pollué à traiter est un mélange complexe une large gamme de produits de tailles différentes comprenant à la fois des particules, des poussières, des molécules organiques et inorganiques parmi lesquelles de la vapeur d'eau à des concentrations plus ou moins importantes. Cela implique, la mise en œuvre de filières de traitement. Ces successions d'opérations unitaires doivent permettre l'élimination optimale de chaque classe de produits pour une purification globale de l'émission polluée. En outre, elles intègrent le traitement des sous-produits induits.

I.4. Dépoussiérage

Le dépoussiérage est un procédé dans lequel une fumée ou un gaz est débarrassé par une séparation gaz/solide d'une fraction substantielle des solides qu'il véhicule, c'est une application industrielle de traitement qui consiste à éliminer les particules indésirables ou à les séparer de celles utiles. Visant à améliorer la qualité de l'air ainsi la qualité atmosphérique ou bien à nettoyer une surface industrielle, ou à récupérer les particules réutilisables [sahmi ; 2019].

La sélection d'un équipement ou d'un procédé de dépoussiérage délivrant les performances requises pour respecter des réglementations de plus en plus sévères devient un exercice délicat dans lequel les chances de se tromper ne sont pas négligeables. Il s'appuie sur un certain nombre de techniques résumées dans le tableau I.5. , celui-ci illustre l'évolution favorable de la qualité de l'air du fait du dépoussiérage qui est dû à la généralisation dans l'industrie de procédés basés sur les techniques séparatives mécaniques, électriques, à couche poreuse et hydrauliques.

Tableau I.5. Caractéristiques des traitements de dépoussiérage ; [Le Cloirec, 2005]

Techniques séparatives	Matériels	Avantages	Inconvénients
Mécanique	Chambres de décantation	Rusticité du matériel	Inadaptation aux fines et très fines particules
	Pots à poussières		
	Séparateurs à chicanes		
	Impacteur		
	Cyclones multicyclones		

Electrique	Électrofiltres secs	Faible consommation d'énergie	Inadaptation aux variations Brutales de la résistivité des
	Electrofiltres humides	Grande efficacité de filtration	Poussières et des Caractéristiques du flux gazeux
À couche poreuse	Filtres à manches	Grande efficacité de filtration possibilité de piéger certains Polluants gazeux	
	Filtres à graviers		Domaines d'application limités
Hydraulique	Tours de lavage Laveurs à lame d'eau induite Laveurs venturis	Possibilité de traiter des gaz Chauds Possibilité de piéger certains Polluants gazeux	Consommation élevée d'énergie (surtout avec les laveurs Venturis) Transfert de pollution vers l'eau

Le secteur de l'agroalimentaire a très largement recours à des dispositifs de filtration pour dépoussiérer l'air ambiant avec plusieurs objectifs : limiter la perte de matière utile, prévenir les contaminations croisées, garantir le respect strict des réglementations sanitaires relatives aux denrées alimentaires, préserver la qualité de l'atmosphère dans laquelle évoluent les opérateurs, récupérer des déchets et éviter la survenue dans l'atmosphère de potentiels explosifs ...

On est confronté à un problème de dépoussiérage, soit direct car les fumées contenant les vésicules à éliminer, soit secondaire parce qu'une opération d'épuration d'un polluant gazeux comme le SO_2 a généré un aérosol ou un entraînement vésiculaire qu'il faut traiter. Les domaines d'application de ces diverses techniques sont montrés sur la figure I.3 ; avec les procédés de dépoussiérage les plus performants (filtres à manches, électrofiltres) ;

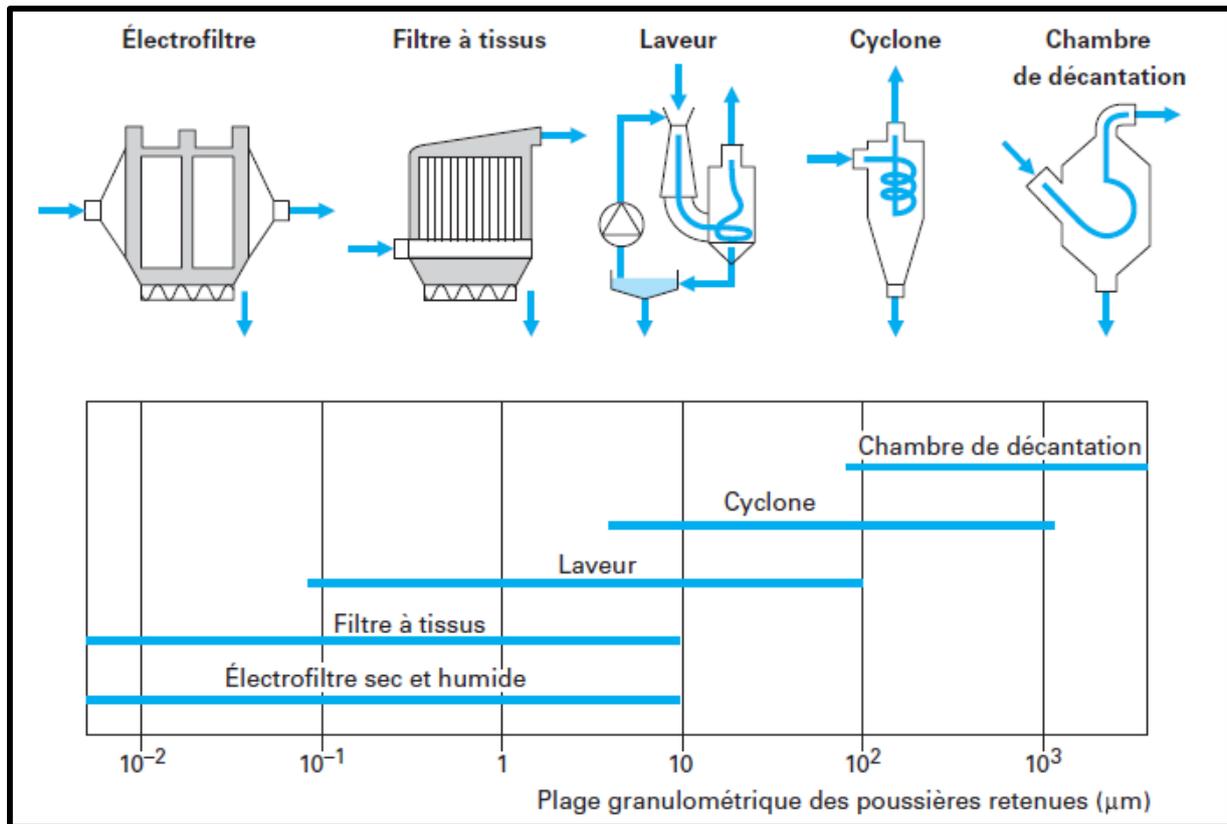


Figure I.3. Schéma de principe de système de dépolluage et performances associées [Guillot et Le Cloirec, 2005]

I.4.1. Les différentes techniques utilisées pour filtrer les particules

Parmi les dépoussiéreurs à médias filtrants, on distingue trois technologies différentes :

- La filtration sur milieu poreux granulaire non consolidé tel que les lits ou colonnes de sable. Ces filtres sont fiables et peu onéreux mais présentent des efficacités de capture faibles pour les particules de petite taille.
- La filtration sur milieu poreux consolidé tel que les frittés céramiques, qui sont peu utilisée du fait des fortes pertes de charge générées.
- La filtration sur média fibreux qui est couramment utilisée et dont les différentes technologies de filtres.

I.4.2. Le principe et le type de filtres utilisés

Les médias fibreux filtrants peuvent se présenter sous différentes formes suivant les applications visées : médias fibreux tissés, feutres ou non-tissés, papiers filtrants. On peut distinguer deux grandes familles de filtres utilisant cette technologie :

- Les filtres à manches : le flux gazeux à traiter traverse un média fibreux mis en forme de cylindre ou de parallélépipèdes rectangles, figure I.4. Le média filtrant retient les poussières qui obstruent progressivement les pores du média, améliorant ainsi l'efficacité de capture des particules tout en augmentant progressivement la perte de charge. Pour une perte de charge maximale donnée, le filtre doit être régénéré par évacuation des poussières accumulées en surface du média fibreux.

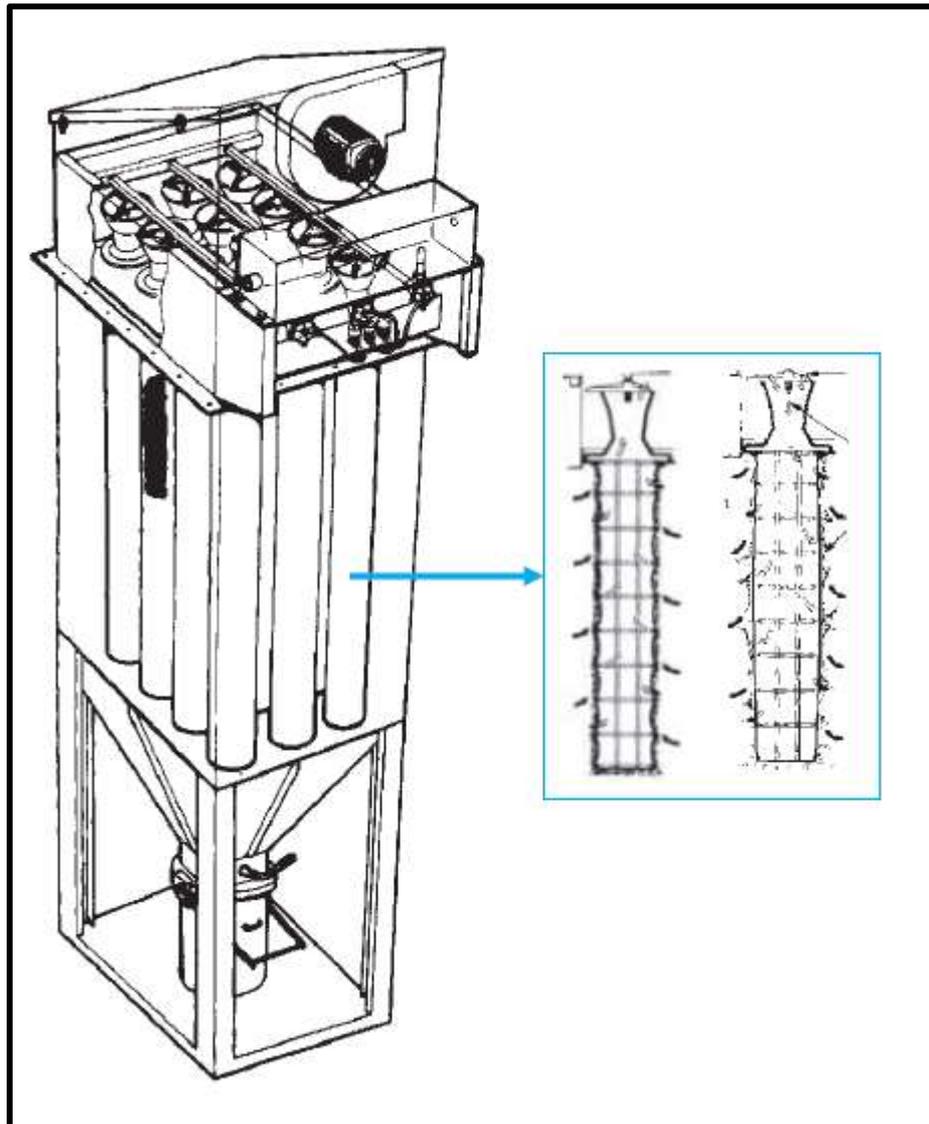


Figure I.4. Filtre à poches et colmatage-décolmatage d'une poche
[L.Le Coq,(élimination des particules) ; 2006]

- Les filtres à poches et les filtres à cartouches : les cartouches filtrantes sont constituées de média fibreux plissé mis en œuvre sous forme cylindrique, alors que les cassettes sont des filtres plissés 'figureI.5'. Cette technologie de filtre permet de proposer de grandes surfaces de filtration pour un faible volume d'encombrement et des pertes de charge générées plus faibles pour un même débit d'air à traiter [Simon, et Al.; 2004].



Figure I.5. Filtre à cartouches et cartouches [L.Le Coq,(élimination des particules) ; 2006]

Les médias filtrants utilisés peuvent présenter différentes gammes d'efficacité suivant les applications visées :

- Très haute efficacité ; H10 à H14, pour des applications spécifiques du type filtre de centrale nucléaire ou filtre pour salle blanche ;
- haute efficacité ; F5 à F9 pour le traitement de l'air intérieur dans les systèmes de ventilation et climatisation ;
- moyenne efficacité; G1 à G4, pour le traitement d'effluents industriels.

I.4.3. Les cyclones

Les cyclones mettent en jeu les forces mécaniques agissant sur les particules (pesanteur, inertie et force centrifuge) pour les séparer du flux gazeux porteur.

Principe : on peut considérer deux grandes familles de cyclones [Siret (b.). Dépoussiérage et dévésiculation: les cyclones à entrée latérale ou axiale et les multicyclones.

- cyclones à entrée latérale : ce sont les plus classiques figure I.6.a, puisqu'ils permettent de générer, du fait de l'entrée tangentielle et pour des pertes de charge les plus faibles possible, un écoulement hélicoïdale. Cette configuration d'écoulement permet l'élimination des poussières sous l'action des forces inertielles agissant sur ces particules portées par l'air et soumises aux effets centrifuges.

- Les multicyclones : ils consistent en une association en parallèle de plusieurs cyclones de petite dimension figure I.6.b. Le petit diamètre des cyclones permet d'atteindre des

efficacités de filtration supérieures et des seuils de coupure plus faibles (jusqu'à 5 µm) que ceux obtenus pour un cyclone simple.

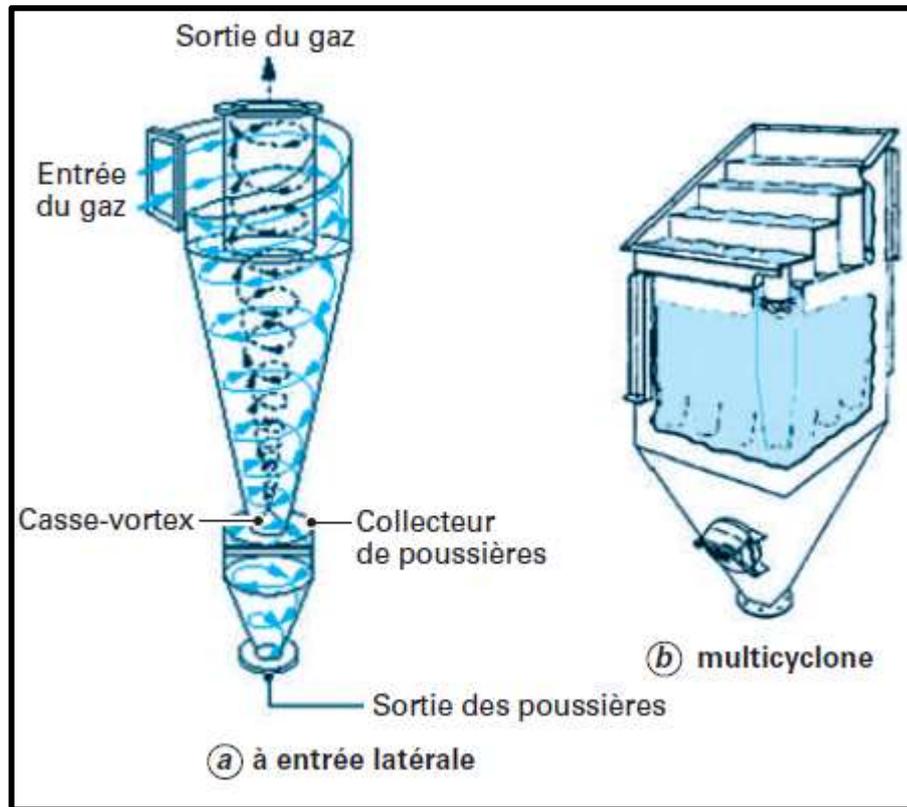


Figure I.6. Schéma des cyclones de traitement de l'air [L.Le Coq., 2006]

I.4.4. Les électrofiltres

Le principe de l'électrofiltre figure I.7, repose sur l'apport par un procédé externe d'une charge électrique suffisante et contrôlée. Ainsi, les poussières sont chargées par ionisation de l'effluent gazeux qui les porte, sous l'action d'une forte tension électrique négative de plusieurs dizaines de kilovolts. Elles sont ensuite piégées par l'action du champ électrique élevé créé entre l'électrode émissive (un fil) et une électrode collectrice (le plus souvent une plaque). Afin d'assurer le maintien des performances du filtre dans la durée, le décolmatage se fait par vibration, frappage ou lavage des électrodes collectrices. Cette technologie de filtration permet d'obtenir de très bonnes efficacités de capture pour toutes les gammes de taille de particules. Il existe différentes technologies d'électrofiltres, ou electro-static precipitator (esp), qui dépendent essentiellement de la forme des électrodes d'émission et de collection, mais également de l'association du principe d'électrofiltration avec un autre phénomène physique participant à la capture des particules (effet venturi) ou bien évitant le colmatage de l'électrode collectrice (lavage des parois).

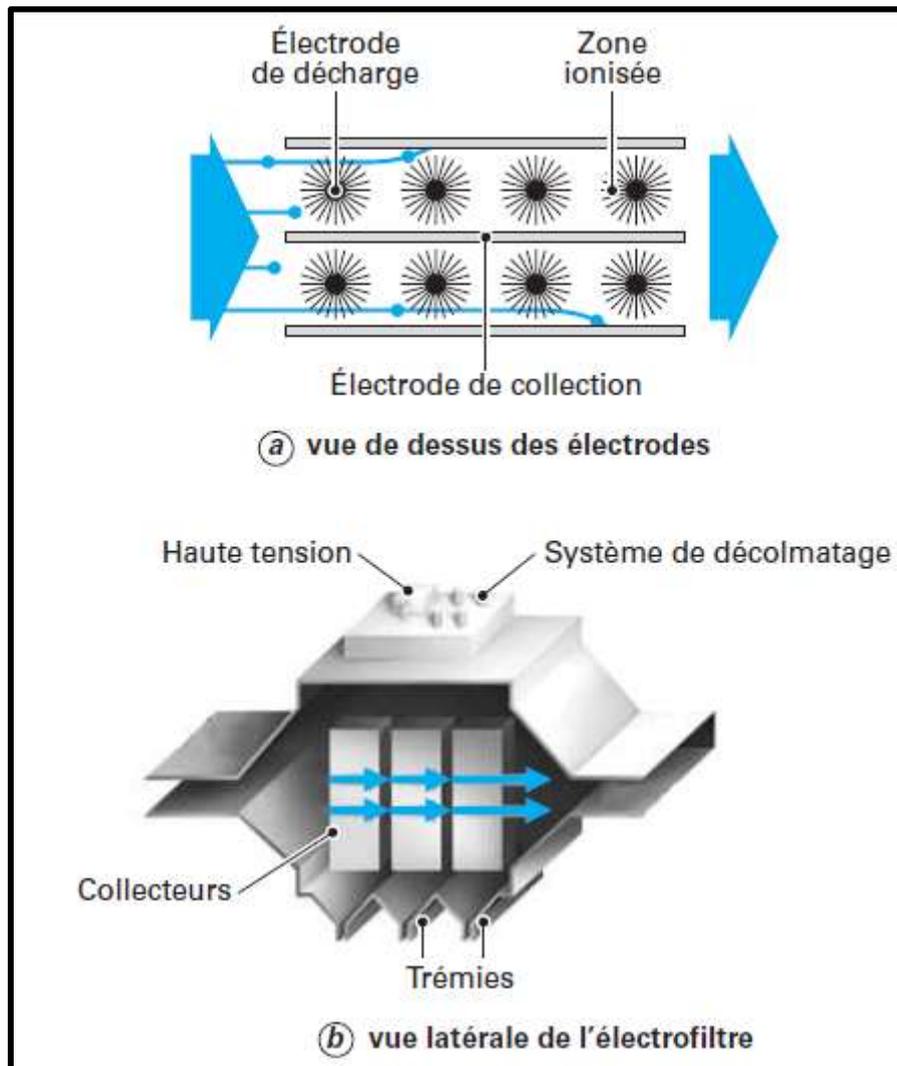


Figure I.7. Schéma de principe d'un électrofiltre 'tu mets l'article dans lequel t'as pris ce schéma [Le Coq.,2006]

I.4.5. Laveurs

Il existe différentes technologies de dépoussiéreurs humides, ou laveurs, qui sont utilisés à la fois pour l'élimination des poussières et l'absorption de certains composés comme SO_2 , la biosorption de composés organiques volatiles et/ou d'odeurs. Parmi les différents systèmes disponibles, les laveurs à garnissage et les laveurs à pulvérisation sont les plus utilisés. Les premiers permettent de traiter d'autant plus efficacement les poussières que le garnissage est structuré. Les laveurs à pulvérisation sont très utilisés pour le traitement des gaz mais du point de vue du dépoussiérage, ils présentent un abattement assez faible des particules.

I.5. Traitements des molécules polluantes

Pour pouvoir réduire les oxydes d'azotes NO et NO₂ à l'état d'azote gazeux par réaction avec l'ammoniac. Deux familles de procédés sont distinguées:

- Les procédés catalytiques SCR (tu expliques ce que c'est) qui permettent d'opérer vers 400 °c ;
- les procédés non catalytiques SNCR (tu expliques ce que c'est) qui exigent de travailler à plus haute température vers 1 000 °c pour des efficacités de dénitrification plus limitées.

Afin de désulfurer les émissions gazeuses, la désulfuration des fumées industrielles de combustion. Les procédés de désulfuration font appel à la combinaison de techniques séparatives chimiques comme la neutralisation ou physiques tels que l'adsorption sur charbon actif pour fixer ou isoler SO₂ avec des techniques séparatives mécaniques, électriques, à couche poreuse ou hydrauliques pour récupérer sous forme manipulable les polluants ainsi isolés. [Le Cloirec, 2005].

C'est ce qui explique la figure I.8, qui associe successivement :

- le dépoussiérage par électrofiltres ;
- la désulfuration au lait de chaux ;
- la dénitrification SCR.

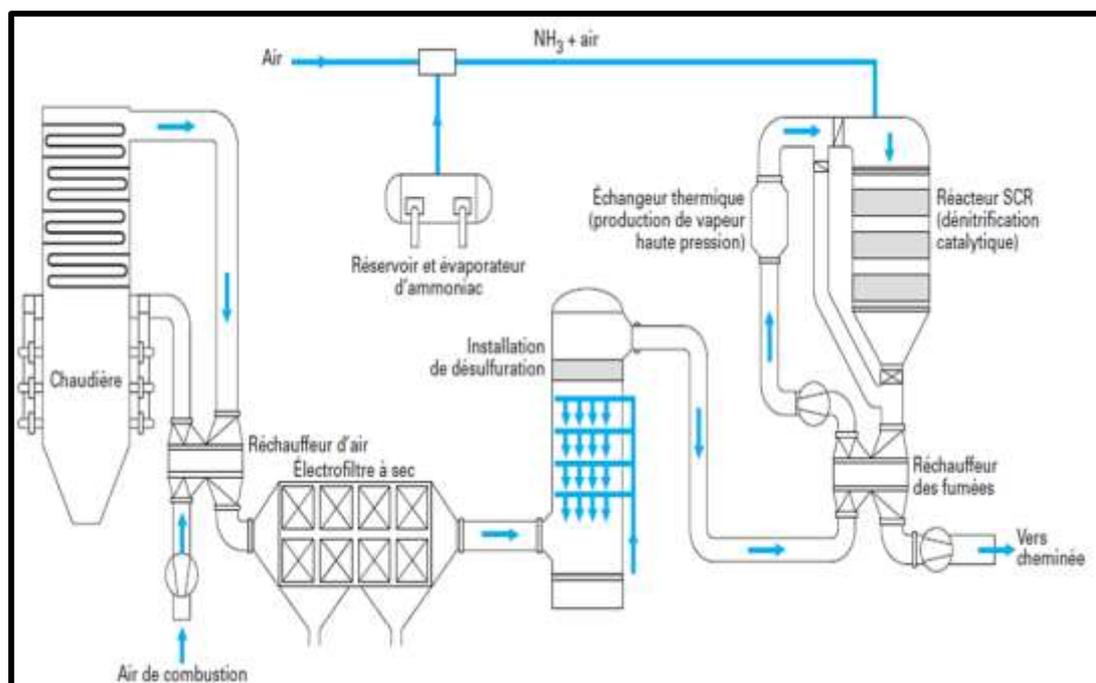


Figure I.8. Schéma de principe d'un traitement de fumées industrielles associant dépoussiérage électrostatique, désulfuration au lait de chaux et dénitrification catalytique [Reintz., 1996]

L'effluent gazeux est canalisable par divers procédés illustrés sur le schéma ci-dessous, figure I.9. Généralement, leur utilisation dépend de la concentration et des flux à traiter. Parmi eux, on notera :

- L'absorption : l'un des procédés amplement utilisés dans la purification de gaz est l'absorption gaz-liquide, avec ou sans réaction chimique. L'absorption gaz-liquide peut être mise en œuvre au sein de réacteurs de formes diverses. Le procédé le plus utilisé est la tour de lavage ou colonne garnie. Ce type d'appareillage est employé lorsque l'air vicié peut être canalisé et envoyé dans un ouvrage pour traitement, mais le principe même de l'absorption gaz-liquide reste applicable en site ouvert [F.Heymes ; 2008].

- L'adsorption : ce procédé permet d'éliminer dans une phase gazeuse, un grand nombre de molécules comme les COV, les molécules odorantes ou encore les dioxines et les furannes. Il s'agit d'un processus de transfert du polluant de la phase gazeuse vers la surface d'un solide. C'est classique de travailler sur des lits fixes et de faire fonctionner alternativement deux lits d'adsorbants avec un système en régénération. Cette régénération est généralement thermique par un fluide caloporteur ou par un chauffage intrinsèque du matériau. Le choix de l'adsorbant et sa forme ont des déterminants, le charbon actif est plus fréquemment utilisé sous la forme de grains [F.Heymes ; 2008].

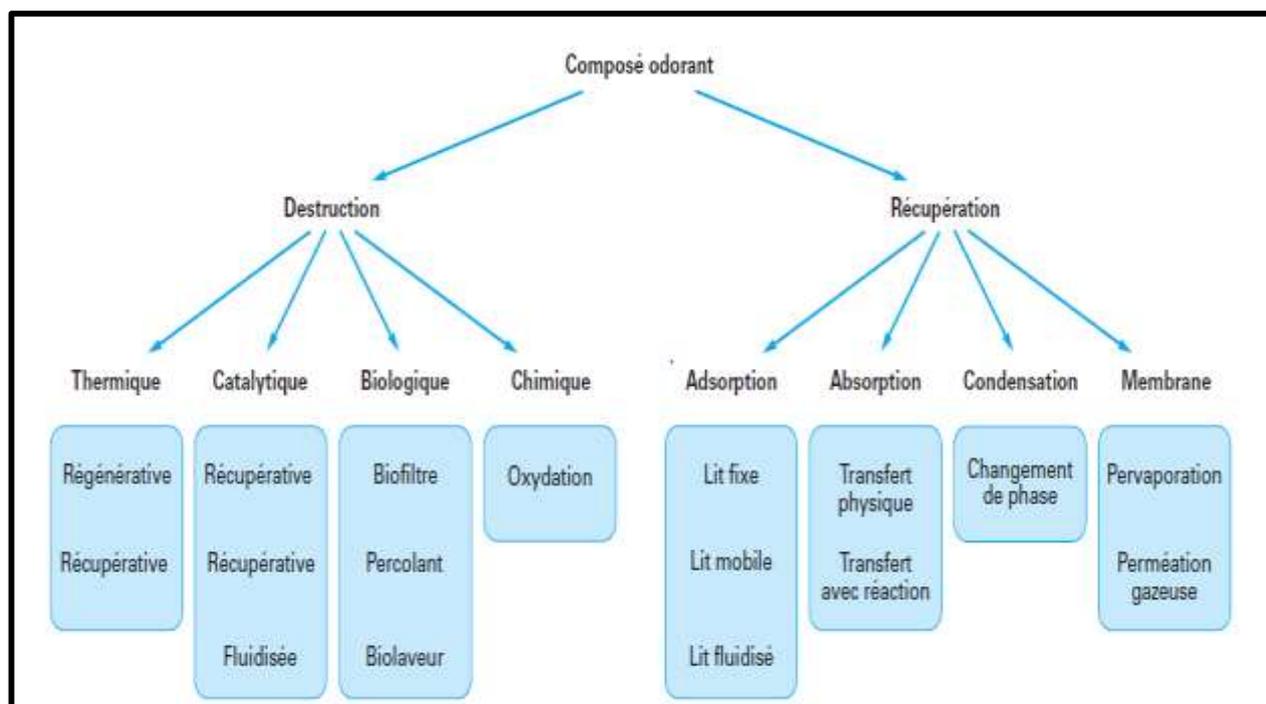


Figure I.9. Les différentes techniques pour éliminer un composé odorant [Le Cloirec ; 1998]

I.6. Réduction de la pollution de l'air résultante de la transformation de la canne à sucre

Etant donné que la nature du processus de combustion lui-même influe sur les émissions, la conception et le fonctionnement de base des chaudières des usines de canne à sucre peuvent jouer un rôle important dans le control des rejets de polluants atmosphériques. Les aspects de la conception des chaudières dans ce contexte sont examinés par Silva Lora et Olivares Gomez (1995) et Bazu et Talukdar 1997.

Le séchage de la bagasse avant son utilisation comme combustible de chaudière peut augmenter l'efficacité de la combustion et réduire les émissions. Paz et al (2001) ont constatés que le séchage de la bagasse entraînait une réduction substantielle des gaz d'échappement. Les particules de gaz de 4500 mg/m^3 à 300 mg/m^3 . Les gaz de combustion des chaudières peuvent eux-mêmes être utilisés dans le processus de séchage de la bagasse, améliorant encore l'efficacité de l'usine, tout en améliorant la protection de l'environnement [Avram, Waganoff ; 1990]. Ceci, est la base du premier des trois principaux types de séchoir à bagasse décrit par Paturau (1989), le sécheur relatif cylindrique, les autres concepts étant le sécheur pneumatique et le sécheur Exergy, la question du séchage de la bagasse à l'aide des fumées de chaudières est examiné en détail par Payne (1991). Liu et ho (1989) ont rapporté que la sulfatation du jus de canne sous vide, plutôt que sous pression, réduisait la pollution de l'air due aux fuites de SO_2 . Jadhav et al. (1990) ont rapportés que l'élimination de la couleur indésirable à l'aide de peroxyde d'hydrogène à la place du SO_2 a donné un produit de sucre de meilleure qualité, réduit la pollution de l'air et n'a nécessité aucun nouvel équipement.

Chang et Lee (1991) notent qu'une humidité relative élevée de 90% dans les gaz d'échappements des chaudières peut provoquer un panache blanc opaque, qui pourrait

enfreindre les normes de contrôle de la pollution. Des échangeurs de chaleur peuvent être utilisés pour éviter cela, en utilisant la chaleur perdue des gaz de combustion entrant pour réchauffer les gaz d'échappement, en diminuant l'humidité relative et l'opacité.

Lora et Jativa (1999), concluent que le nombre réglementaire sur les émissions de particules 120 mg/nm^3 ne peuvent être atteints sans l'utilisation du dispositif de contrôle. Ils comparent ceux utilisés dans l'industrie sucrière pour réduire les émissions de particules des chaudières : (multi) cyclone, épurateur humide, 'plateau perforé, tour de pulvérisation ou épurateur venturi', et des précipitateurs électrostatiques, ainsi qu'un nouveau dispositif : le séparateur à noyau. Ils considèrent que la tour d'aspiration est le dispositif le plus utilisé, même si celui-ci (avec d'autres laveurs humides) présente l'inconvénient de générer des effluents d'eau usées qui nécessitent un traitement. Cependant, un traitement approprié peut permettre à l'eau d'être recyclée vers l'épurateur [Chang et Lee, 1991]. Les dispositifs de contrôle des émissions de particules utilisés dans l'industrie de canne à sucre sont également passés en revue par Chang et Lee (1989, 1991) et Joy et Dixon (1999).

Calero et al. (2001) ont analysés la dispersion des particules d'une canne à sucre colombienne et ont conclu que la modification du processus de combustion et l'adoption de système de contrôle des émissions pourrait réduire les émissions des particules d'environ 98%.

Les odeurs selon l'UNEP (1982) suggèrent des systèmes de traitement en filtrant pour éliminer les solides organiques 'en réduisant la charge sur les bassins et lagunes anaérobies ou aérobies'. En général des lagunes bien conçues et le fait d'éviter les surcharges peuvent réduire les odeurs.

Les procédés illustrés sur la figure I.10, sont ceux fréquemment utilisés pour la purification de l'air pollué par les rejets industriels parmi ces procédés essentiels l'absorption et l'adsorption qu'on a déjà citée. Aussi l'oxydation thermique est un procédé très efficace concernant l'efficacité de la purification de l'air. L'oxydation thermique régénérative permet de réduire les COV en les transformant en CO_2 et H_2O . Ce processus est effectué à l'intérieur de tours remplies de matières céramiques dans laquelle se produit l'oxydation des contaminants à une température de 750°C .

Procédé	Principe de fonctionnement	Schéma du principe	Quelques avantages et inconvénients
Oxydation thermique	Oxydation des molécules organiques : $4 C_m H_n O_o + (4m + n - 2o) O_2 \rightarrow 4m CO_2 + 2n H_2 O$		<ul style="list-style-type: none"> - Système de gestion facile - Récupération de chaleur (vapeur ou eau chaude) - Besoin de gaz naturel (autotherme à $10 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-3}$ environ)
Biofiltre	Dégradation par des bactéries fixées sur un garnissage rustique (tourbe, bois...). De l'eau d'humidification est apportée, avec d'éventuels nutriments pour l'équilibre nutritionnel.		<ul style="list-style-type: none"> - Système biologique à gérer - Besoin de grande surface - Coût assez faible de fonctionnement
Biolaveur	Transfert des molécules dans une suspension bactérienne et dégradation des polluants dans un réacteur de boue activée annexe.		<ul style="list-style-type: none"> - Système biologique à gérer - Découplage transfert et biodégradation - Coût assez faible de fonctionnement
Lavage de gaz - Absorption	Transfert dans une solution de lavage par un pulvérisateur ou par ruissellement sur un garnissage. Les solutions de lavage sont fonction des propriétés physico-chimiques des polluants (acide, basique ou oxydant).		<ul style="list-style-type: none"> - Gestion assez aisée - Stockage des solutions de lavage - Nécessité de traiter les eaux de lavage
Adsorption sur charbon actif	Transfert du polluant sur un solide, généralement du charbon actif. Échange standard de la charge de charbon actif saturé ou régénération <i>in situ</i> (cas des COV).		<ul style="list-style-type: none"> - Facilité de mise en œuvre et de gestion - Nécessité de changer le charbon actif après saturation

Figure I.10. Les différents procédés de traitement de l'air (P. LE CLOIREC, J.Fanlo, C. Gracian., 2003)

CHAPITRE II

MATERIELS ET METHODES

II.1. Description de l'entreprise de Cevital

L'entreprise Cevital fait partie des entreprises algériennes qui ont vu le jour avec l'entrée de notre pays dans l'économie du marché. Elle a été créée par des fonds privés en 1998. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia à 3 km au sud-ouest de la ville et s'étale sur une superficie de 45000m² (figure 2.1).

Les activités de Cevital sont concentrées sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre et se présentent comme suit :

- ✓ Raffinage des huiles (1800 tonnes/jour) ;
- ✓ Conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure) ;
- ✓ Production de margarine (600 tonnes/jour) ;
- ✓ Fabrication d'emballage (pet) ;
- ✓ Raffinage du sucre (3000 et 3500 tonnes/jour) ;
- ✓ Stockage des céréales (120 000 tonnes) ;
- ✓ Cogénération ;
- ✓ Minoterie et savonnerie en cours d'étude.

Le complexe Cevital de Bejaia est structuré autour de deux pôles principaux :

- ❖ **Pole corps gras** : il est composé de trois sous directions : la direction raffinage d'huile, la direction de la margarinerie et la direction du conditionnement d'huile. Ce pôle se charge du processus de production, du stockage puis du raffinage de l'huile brute.
- ❖ **Pole sucre** : il est composé de la direction de sucre solide et de la direction de sucre liquide. Ce pôle assure la mise en œuvre et le pilotage du processus technique de raffinage du sucre.



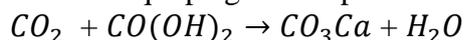
Figure II.1. Situation géographique de l'entreprise CEVITAL

II.2. Description de l'unité de production de sucre

Le broyage des cannes à sucre pour en extraire le sucre roux est fait dans le pays d'origine (Brésil). Le sucre roux ainsi importé passe par plusieurs étapes appelées sections d'épuration nécessaires, représentées sur la figure II.2.

- Etape 1 : **section 1 affinage-refonte** ; l'affinage consiste à épurer la surface des cristaux, ensuite le sucre roux est mélangé avec une quantité de liqueur d'affinage saturé en sucre. Ce sucre est ensuite refondu dans un fondoir à 85°C (pour augmenter la solubilité du sucre) pour donner « un sirop de refonte ».

- Etape 2 : **section 2 carbonatation** ; elle permet la décoloration du sirop obtenu en ajoutant la chaux préparée sous forme de lait de chaux dosé à 16°. Ce mélange est introduit dans des chaudières à carbonater, sous l'action du CO₂, le gaz se transforme en carbonate insoluble qui piège les impuretés responsable de la couleur du sirop de refonte.



- Etape 3 : **section 3 filtration** ; le sirop contenu de carbonate de calcium est filtré sur des filtres autonettoyants à bougies en toile afin de séparer la carbonate, la boue résultante y passera par un filtre presse pour récupérer le sucre résiduel, sous forme de petit jus. Les boues sont évacuées et utilisées comme amendement du sol.

- Etape 4 : **section 4 décoloration** ; elle se fait par l'intermédiaire d'une résine échangeuse d'ions décolorante. Ces résines sont régénérées après saturation par le passage à la saumure. Une station de nano-filtration est utilisée ensuite pour épurer au maximum les rejets de la régénération et permettre le recyclage de la saumure.

- Etape 5 : **section 5 concentration** ; la concentration du sirop décoloré est ramené à un brix (concentration en sucre d'un sirop) de 70% par l'évaporation d'une quantité d'eau introduite précédemment. Cette opération facilitera la cristallisation du sucre, c'est la partie la plus délicate du procédé de fabrication.
- Etape 6 : **section 6 cristallisation HP** ; le sirop concentré est introduit dans des cuites pour sa cristallisation. Cette étape est effectuée par un ajout de sirop et un chauffage simultané à la vapeur. Le mélange obtenu 'masse à cuite' est coulé dans un malaxeur ou il est malaxé afin d'éviter la prise en masse. Cette masse cuite est ensuite centrifugée dans uneessoreuse qui sépare les cristaux de l'égout qui contient encore du sucre cristallisable et recyclé pour réaliser une nouvelle cristallisation. On réalise ainsi trois jets de raffiné. L'égout final est de pureté insuffisante pour produire du sucre est envoyé à la cristallisation bas-produits.
- Etape 7 : **section 7 séchage** : le sucre est humide à 0.05%. Afin de permettre une bonne conservation, il est séché dans un cylindre à air chaud puis refroidi dans un sécheur à lit fluidisant et enfin envoyé vers les silos de maturation.
- Etape 8 : **section 8 cristallisation HP** ; le sucre provenant des égouts des cuites hautes pureté est récupéré, ceci se fait en 3 étapes dans des cuites et dans des centrifugeuses. Les cuites sont identiques à celles de la cristallisation HP. La première étape nous donne le sucre a à sécher et à consommer comme sucre roux ou refondu pour être retraité et obtenir un sucre blanc. Les sucres b et c ne sont que des moyens d'épuisement complémentaires.
- Etape 9 : **section 10 maturation et conditionnement** ; le sucre provenant de séchage est stocké pendant 48 minimum dans des silos pour assurer la maturation avec de l'air conditionné qui élimine l'humidité résiduelle contenue dans les cristaux de sucre.

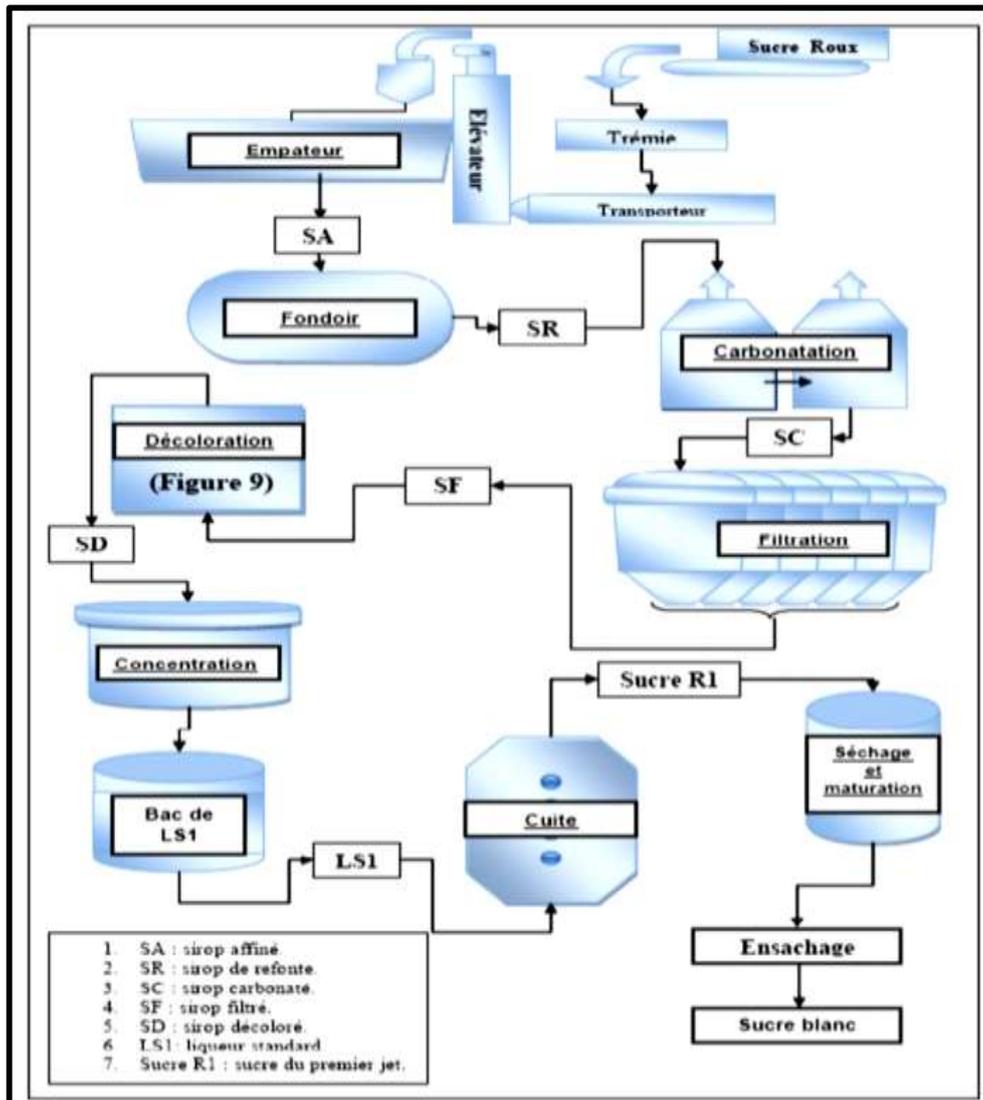


Figure II.2. Schéma des étapes de raffinage du sucre roux au niveau de Cevital

II.3. Description de l'unité de traitement de l'air au sein de la filiale de sucre

II.3.1. L'installation de traitement d'air 'CTA'

La CTA ou centrale de traitement d'air à simple flux est dédiée au chauffage, au rafraîchissement, à l'humidification ou à la déshumidification des locaux tertiaires ou industriels, c'est un système tout air à débit constant ou variable (figure II.3).

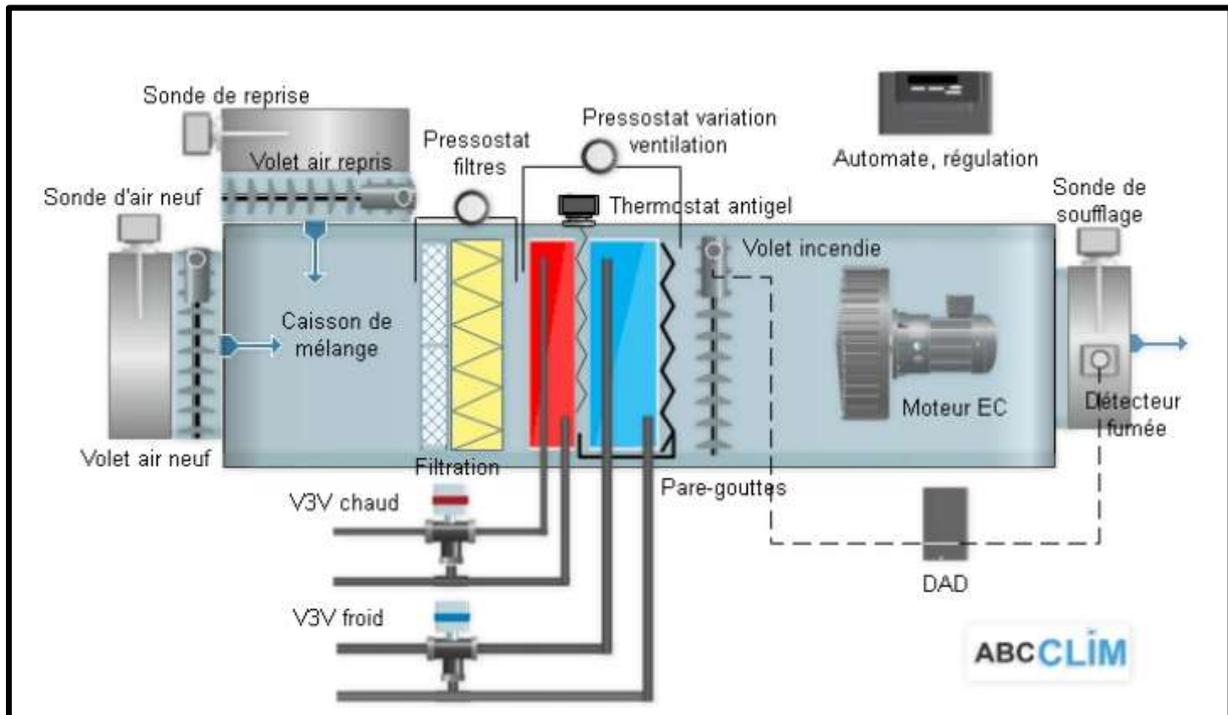


Figure II.3. Centrale de traitement de l'air (CTA) au niveau de la raffinerie de sucre

La CTA de traitement d'air "silo" fonctionne en régime "tout air neuf". L'air soufflé dans le silo est repris par le système de dépoussiérage et évacué à l'extérieur, l'hygrométrie de la CTA est influencée par la température extérieure annexe a. Cette unité est constituée des éléments aéraulique suivants :

- Une batterie électrique de préchauffage de l'air : c'est un serpentin en cuivre ou l'eau chaude circule munie d'ailettes en aluminium afin de favoriser l'échange avec l'air, l'eau et l'air circulent à contre-courant.
- un caisson de préfiltration (figure II.4).

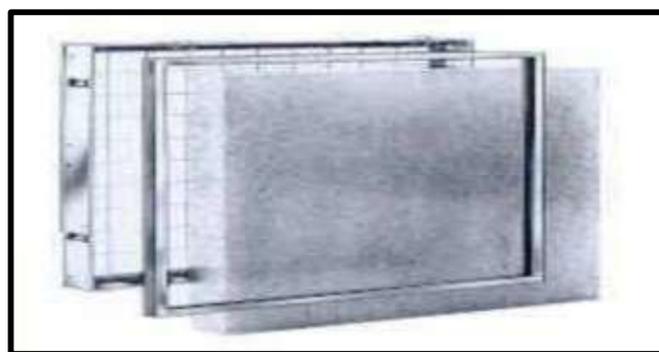


Figure II.4. Préfiltre G4

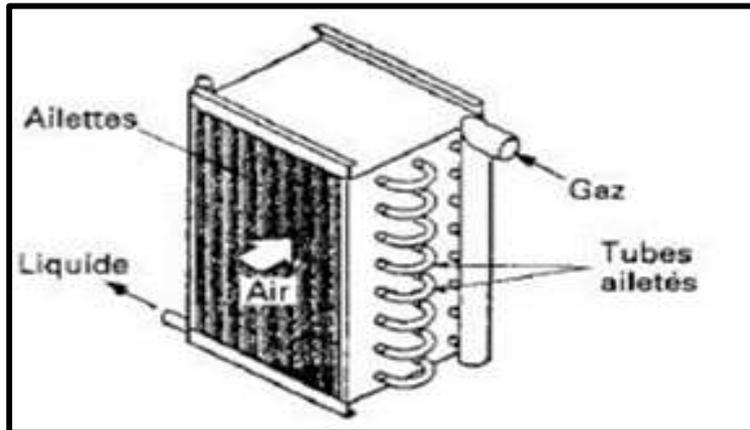


Figure II.5. Schéma d'une batterie de refroidissement

- Une batterie de refroidissement : elle sert à refroidir un mélange humide qui peut être refroidi par l'eau glacée ou par évaporation directe d'un fluide frigorigène (figure 2.5).
- Un séparateur de gouttelettes d'eau. : pour éviter l'entraînement de gouttes d'eau.
- Deux réchauffeurs d'air 'électrique et à eau chaude'.
- Deux humidificateurs à production de vapeur.
- Caisson filtres haute efficacité 'F9' (figure II.6), annexe b.1.
- ventilateur : avec une pression de refroidissement élevée celui-ci permet de souffler l'air traité sous la masse de sucre selon le débit d'air nominal de l'installation.
- Réseau de soufflage : il permet la répartition d'air sur deux zones :



Figure II.6. Représentation d'un filtre à haute efficacité

- une zone de soufflage d'air périphérique.
- une zone de soufflage d'air centrale.

On peut conclure que les **fonctions** de cette unité de traitement sont les suivantes :

- préchauffage de l'air extérieur.
- préfiltration d'air.
- déshumidification / humidification.
- réchauffage / refroidissement.
- filtration d'air.
- ventilation / pression.

Ces fonctions assurent le maintien de la stabilité et la sécurité du silo de sucre au sein de l'entreprise. Le silo est de type vertical cylindrique (figure II.7). Il est réalisé avec des tôles d'acier de forte épaisseur. Ses parois sont doubles avec un vide entre les tôles d'environ 100mm. La hauteur totale du silo est d'environ 67 m avec une capacité de stockage de 80 000 tonnes dédiée au sucre blanc. Un système de chauffage pulse de l'air chaud entre les deux parois et un autre système de conditionnement d'air pulse de l'air à l'intérieur du silo par le bas du silo.

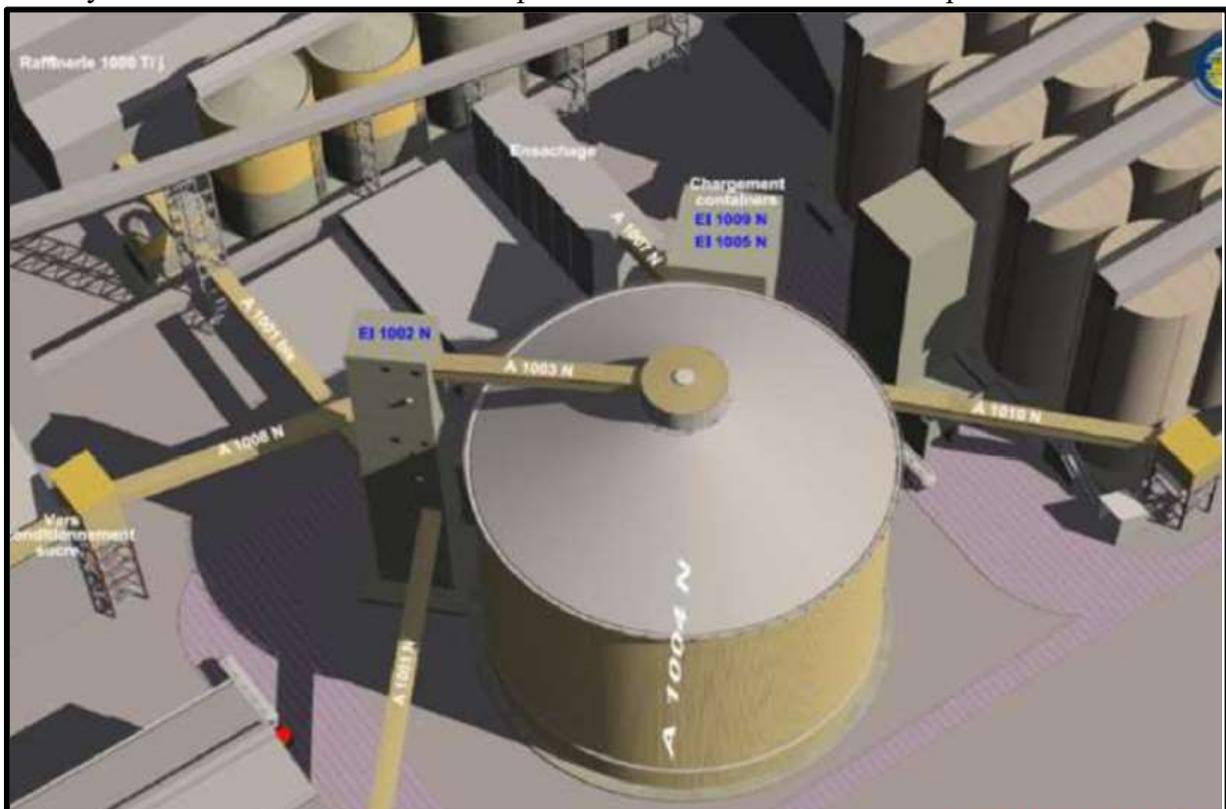


Figure II.7. L'emplacement du silo 80 000 tonnes de sucre au sein de l'entreprise de Cevital

II.4. Différents circuits consommateurs de l'air comprimé

II.4.1. Circuit d'ensilage

Le circuit d'ensilage (remplissage du silo) est calibré pour offrir un débit de 350 t/heure. À l'intérieur de la tour de manutention, un élévateur d'une hauteur de 60m reprend le sucre après bascule de circuit venant des raffineries 1600 et 3000 t pour le déverser sur un transporteur à bande.

II.4.2. Circuit désilage

Le désilage du silo (vidange) se fait grâce à un transporteur à bande à 1004 n central qui déverse le sucre dans le pied des deux élévateurs de dépilage situé dans la tour de manutention à la sortie silo. En sortie des élévateurs de dépilage, des boîtes orientent le sucre avec un débit de 800 t/h vers les containers ou le conditionnement.

II.4.3. Circuits de dépoussiérage

Dans cette partie du travail, le dépoussiérage des particules fines s'échappant du silo de sucre à chaque opération d'ensilage et de désilage s'opère au niveau de trois zones : la première zone est auprès de l'ensilage du silo, là où l'on remplit le silo de sucre ; la deuxième c'est l'endroit du sous-silo et la troisième c'est lors du désilage (figure 2.7).



Figure II.8. Schéma simplifié du système de dépoussiérage au niveau du silo à sucre de CEVITAL

II.4.3.1. Dépoussiéreur de reprise d'air de conditionnement et de manutention-silo ACMB

Ce dépoussiéreur est dédié à aspirer dans l'enceinte du silo et la manutention d'alimentation du silo ACMB (figure II.9). Il conditionne la mise en fonctionnement de la centrale de traitement d'air et la manutention d'alimentation du silo. Le dépoussiéreur est équipé d'éléments filtrants (annexe b.2) se dégageant verticalement. Il est équipé d'un système de décolmatage pneumatique. Le contrôle et la commande du décolmatage s'effectueront par un séquenceur autonome avec pressostat différentiel incorporé. Un événement d'explosion sera installé sur les tuyauteries d'aspiration avec évacuation des gaz à l'extérieur et un autre événement d'explosion sera installé sur le dépoussiéreur avec évacuation des gaz à l'extérieur. La trémie de récupération des poussières sera équipée d'un détecteur de bourrage. Les poussières seront

évacuées par une écluse vers un big bag et seront pesées afin d'estimer la quantité produite quotidiennement.

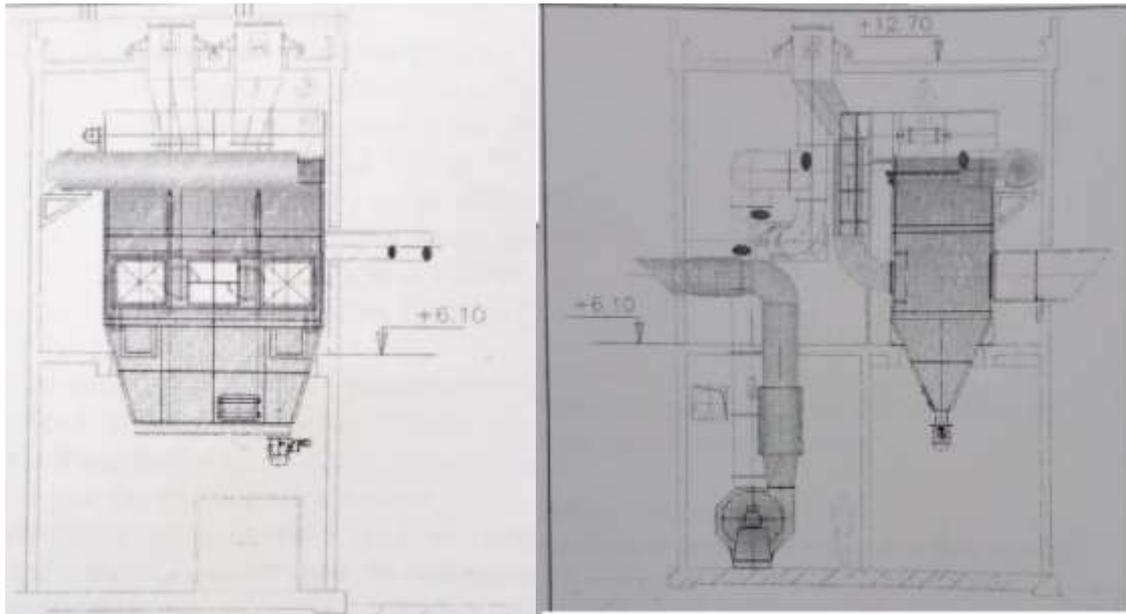


Figure II.9. Dépoussiéreurs ACMB utilisés par Cevital au sein de l'unité de sucre

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. BILAN DE MATIERES AU SEIN DU SILO A SUCRE

Les flux quotidiens d'ensilage et de désilage de sucre blanc dans le silo ainsi que la quantité de poussières générées au cours du mois d'Avril 2022 (période de stage) sont représentés dans la figure 3.1 ci-dessous.

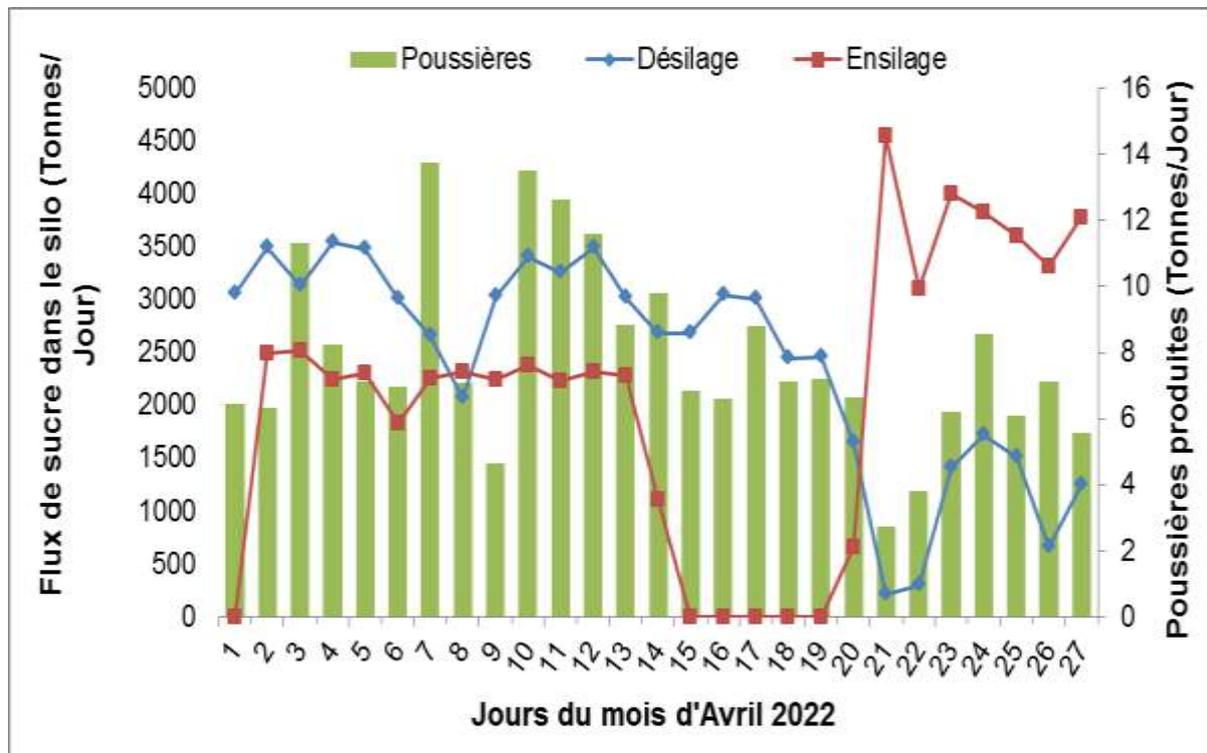


Figure III.1. Flux quotidien d'ensilage et de désilage de sucre ainsi que la quantité de poussières produites au sein du Silo

Le flux d'ensilage quotidien de sucre au cours du mois d'Avril varie entre 0 pendant Les journées d'arrêt à 4547 tonnes/jour, avec une moyenne de plus de 2000 tonnes /jour. Celui du désilage oscille entre 208 et 3548 tonnes/jour, avec une moyenne de plus de 2400 tonnes/jour. Comme le silo est rempli et vidé en permanence, le dépoussiérage est mis en marche de manière permanente. Ainsi, les quantités de poussières récupérées dans les filtres de dépoussiérage montrent une variation quotidienne allant de 2,72 à 13,74 tonnes/jour, avec une moyenne de 7,83 tonnes/jour.

La figure III.1 nous montre que les flux de poussières générées quotidiennement par le silo de sucre montrent une certaine corrélation avec les mouvements de sucre et plus particulièrement avec les flux de désilage. Au total, 211 tonnes de poussières ont été produites au mois d'Avril 2022.

Les quantités de poussières collectées au cours de mon stage ont été complétées par des données mensuelles couvrant la période de Novembre 2021 au mois de Juin 2022 afin d'observer les variations saisonnières des poussières générées au sein de la raffinerie de sucre (Figure III.2).

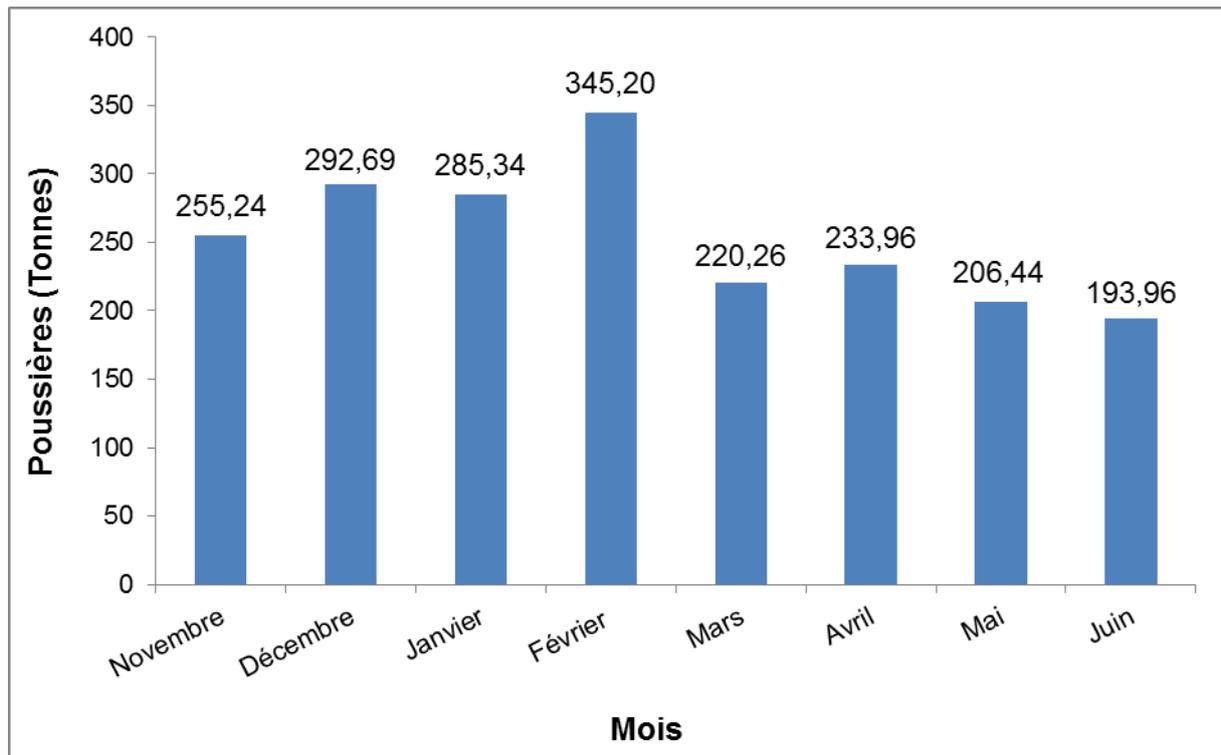


Figure III.2. Quantités mensuelles de poussières générées par le silo de sucre sur la période de novembre 2021 à Juin 2022

Les quantités mensuelles de poussière varient entre 193.96 tonnes au mois de Juin 2022 à 345.20 tonnes au mois de février, avec une moyenne de 255.13 tonnes. Ces quantités sont intimement liées aux activités d'ensilage-désilage s'opérant dans le silo. Si l'on prend en compte cette moyenne mensuelle et qu'on l'extrapole sur une échelle d'une année, on arriverait à une quantité de poussière annuelle de l'ordre de 3050 tonnes au sein de la raffinerie de sucre de CEVITAL. Il nous a paru intéressant d'adopter cette approche pour combler les données manquantes d'une part et d'autre part dans l'espoir de comparer la quantité de poussières générées à CEVITAL avec celles d'autres raffineries dans le monde (Figure III.3).

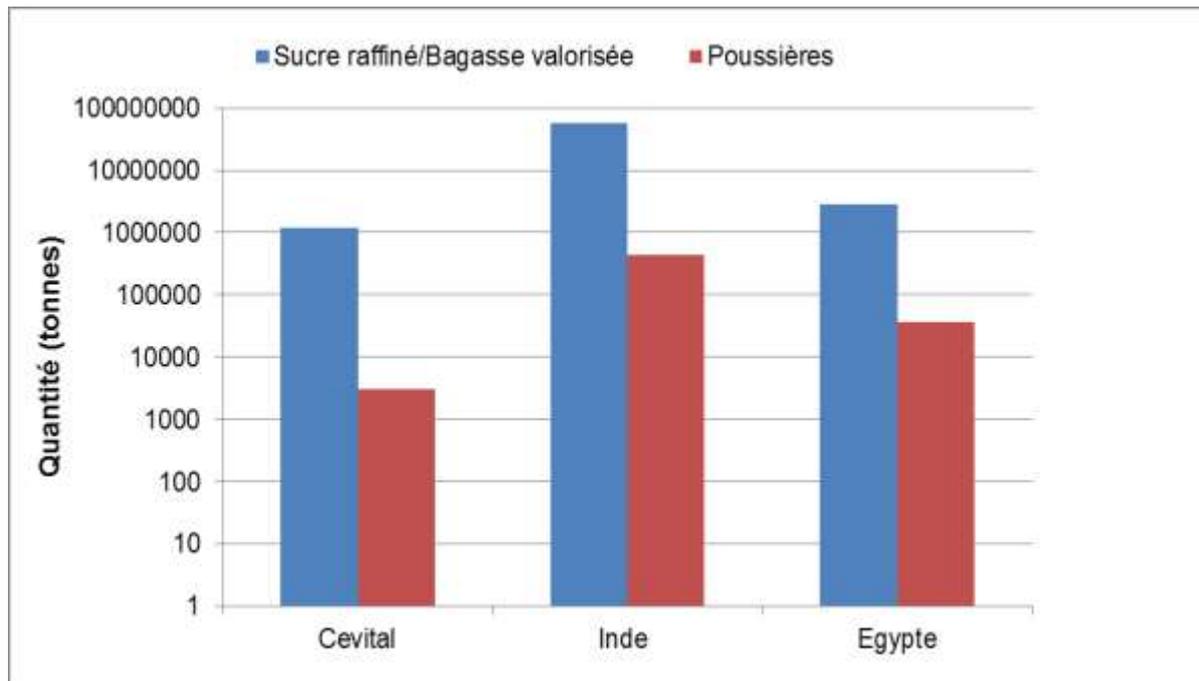


Figure III.3. Quantités annuelles de poussières produites dans des raffineries de sucre en fonction du sucre raffiné (CEVITAL) ou en fonction de la bagasse valorisée comme combustible dans les chaudières de cogénération (Inde et Egypte)

Il ressort clairement de la figure III.3 que de fortes émissions de particules fines et de poussières de l'ordre de 444 000 tonnes an⁻¹ en Inde (Sahu et al., 2015) et de 36100 tonnes an⁻¹ en Egypte (Nakhla et El Haggar, 2014) sont associées au secteur du raffinage du sucre. Ces quantités restent largement supérieures à celles générées par la raffinerie de CEVITAL (3050 tonnes.an⁻¹). Cependant, ces quantités de poussières sont intimement liées à la quantité de la biomasse traitée en amont du process (sucre ou bagasse). Les facteurs d'émission (Quantité de poussières produites/quantité de biomasse traitée) calculés montrent néanmoins que l'entreprise CEVITAL est celle qui possède le plus bas facteur d'émission (0,0025 tonnes de poussières /tonne de sucre raffiné) contre un facteur de 0.0078 pour les raffineries de sucre en Inde et de 0.013 en Egypte. Cependant, il faudrait souligner que la nature de ces poussières générées n'est pas la même selon qu'elles soient issues de la combustion de bagasse ou s'échappant des silos de stockage, limitant ainsi la justesse de notre comparaison. Notre démarche a seulement pour objectif de mettre en exergue les sous-produits des raffineries de sucre sur le plan atmosphérique et les risques potentiels sur l'environnement et la santé humaine s'ils venaient à être rejetés sans traitement préalable.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail avait pour objectif de réaliser une immersion dans le monde de l'entreprise en général, mais aussi dans le secteur du traitement de l'air industriel en partial. Pour ce faire, j'ai intégré toutes les étapes la branche de traitement de l'air au sein de la raffinerie de sucre de l'entreprise CEVITAL, allant du conditionnement de l'air comprimé au dépoussiérage des nuages de poussières s'échappant du silo de stockage du sucre blanc.

Les quantités de poussières collectées au niveau des filtres dépoussiéreurs ont été estimées à 3050 tonnes.an⁻¹, Avec un facteur d'émission de 0,0025 tonnes de poussières /tonne de sucre raffiné. La génération de ces poussières est intimement liée aux mouvements du sucre à l'intérieur du silo via les opérations d'ensilage-désilage. Les résultats de cette étude sont importants d'un point de vue environnemental dans la mesure où ils sont utiles pour améliorer l'inventaire national des émissions en termes quantitatifs et identifier les sources d'émissions émergentes. Cependant, il convient de souligner qu'aucune étude n'a eu pour objectif d'estimer l'efficacité des filtres dépoussiéreurs utilisés par CEVITAL afin d'en examiner la partie des poussières qui s'échappent dans l'atmosphère.

Enfin, compte tenu des nuisances olfactives à l'intérieur de l'usine et à l'extérieur dans le proche voisinage, il serait indispensable que CEVITAL investisse dans les procédés de traitement des composés organiques volatils s'échappant de leur raffineries de sucre et de corps gras afin de préserver la santé de leur travailleurs ainsi que celle des riverains du complexe industriel.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Avram, Waganoff., 1990. Technology transfer between the beet and cane sugar industries.
- Chang et Lee, 1991. A practical report on an effective exhaust scrubbing system for bagasse boiler. Taiwan Sugar, Vol. 38, No. 5, pp. 9–16.
- Chang et Lee., 1989. A practical report on a sieve plate scrubber for bagasse boiler at sugar factories. Taiwan Sugar, Vol. 36, No. 5, pp. 9–11.
- Cheesman, O.D. 2004. Environmental impacts of sugar production: the cultivation and processing of sugarcane and sugar beet. CABI Publishing, 200p.
- Cheremisinoff, N.P., Rosenfeld, P., Davletshin, A.R., 2008. Responsible Care, A New Strategy for Pollution Prevention and Waste Reduction Through Environment Management. Elsevier, 540p.
- Dixon, J., Cobb, A.H. and Sanders, G.E. (1995) The influence of phenmedipham and ozone pollution on cation leakage from sugarbeet (*Beta vulgaris* L. cv Saxon). In Brighton Crop Protection Conference: Weeds. Proceedings of an International Conference, Brighton, UK, 20–23 November 1995, Vol. 1, pp. 381–386.
- F. Heymes., 2008. VOC treatment by an hybrid process: absorption-pervaporation. Num 315, pp 63-70, 8 p; ref: 14 ref. Université Paul Cézanne Aix Marseille, France.
- Gao, G.Hu, H.Wang, B. Zhu., 2019., Characterization and assessment of volatile organic compounds (VOCs) , Atmospheric Pollution Research 10, 571–579. Emissions from the typical food manufactures in Jiangsu province, China.
- Galanakis, C.M. 2021. The Interaction of Food Industry and Environment. Academic Press, 1st edition, 448p.
- Gao, Z.Q., Hu, G.J., Wang, H., Zhu, B.Q.. 2018. Characterization and assessment of volatile organic compounds (VOCs) emissions from the typical food manufactures in Jiangsu province, China. Atmospheric Pollution Research, 10. 571-579.
- Guillot, J.M., Le Cloarec, P., 2008. Mesures et traitements de polluants de l'air en agroalimentaire. Techniques de l'Ingénieur.
- Guillot et LE CLOIREC, 2005. A.D. Patwardhan., 2013. Industrial Solid Wastes, The Energy and Resources Institute (TERI).
- K.Djerroud et A.Djoudi. étude de paramètres physico-chimiques du procédé de raffinage du sucre, 2013.
- L. Le Coq., 2006 - Elimination des particules. (G 1 710) Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés (2001).
- LE CLOIREC (P.), 1998., Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement. Tec. Doc., Lavoisier, Paris.
- Lora, E.S. and Jativa., 1999. Air pollution control in the sugar cane industry. Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, Vol. 23, pp. 321–330.
- Nakhla, D., El Haggag, S., 2014. A proposal to environmentally balanced sugarcane industry in Egypt. International Journal of Agricultural Policy and Research, 2: 321– 328.

Ngo et Regent, 2008. Pulvérisation dans des gaz circulant à faible vitesse de gaz. Application à l'évaluation des performances de produits dits « neutralisants d'odeurs ». Thèse de l'université Rennes 1, Rennes, N° 3712.

P. LE CLOIREC, J. Fanlo, C. Gracian., 2005. Traitement des odeurs, Procédés curatifs ; Environnement - Sécurité | Environnement.

Office National des Statistique (ONS), 2018. L'Algérie en quelques chiffres, N°48.

Payne, J.H., 1991. Cogeneration in the Cane Sugar industry. Elsevier, Amsterdam.

P. LE CLOIREC, J. Fanlo., C. Gracian., Traitement des odeurs Procédés curatifs.

Rappert et al, 2005 ; Guillot et le Cloarec, 2008 ; Qamaruz-Zaman et al. 2021.

Rappert, S., Müller, R., 2005. Odor compound in waste gas emissions from agricultural operations and food industries. Waste Management, 25. 887-907. Sahu, O., 2019. Assessment of sugarcane industry: suitability for production, consumption, and utilization. Annals of Agrarian Science, 16. 389-395.

REINTZ . et al., 1996. Emission control at stationary sources in federal Republic of Germany – Vol. 1 – Sulfur oxide and nitrogen oxide emission control. French German institute for environmental research, University of Karlsruhe.

Sahu, S.K., Ohara T., Beig. G., 2015. Rising critical emission of air pollutants from renewable biomass based cogeneration from the sugar industry in India. Environ Res Letters 10: 095002.

Shukla , G.L., 1995, pollution control in the sugar industry : traitement and disposal of factory and distillery effluents. In sugarcane : agro-industrial alternatives (eds G.B. Singh and publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi.

SIMON (X.), BEMER (D.), CALLE (S.), THOMAS (D.) et REGNIER (R.). 2004., Description des bouffées de particules émises à l'aval d'un dépoussiéreur consécutivement à des décolmatages par à-coups de pression. 20e Congrès Français sur les Aérosols, ASFERA

Silva Lora, E. and Olivares Gomez, E., 1995. Bagasse suspension burning and air pollution. International sugar journal, Vol. 97, No. 1164, pp. 683-688, 690, 693-694.

SIRET (B.), 2001. Dépoussiérage et dévésiculage. J 3 580. Traité Génie des procédés.

UNEP; 1982. Environmental aspects of the sugar industry – an overview. Industry and environment office, united nations environment programme.

Z. Gao et al. 2019. Atmospheric Pollution Research 10, 571–579.

Zucherindustrie, Vol.115, No. 7, pp. 544-550.

Site internet

<https://www.eea.europa.eu>.

ANNEXE

ANNEXE A

ANNEXE A : les paramètres influençant sur la CTA.

Température externe (C°)	Pourcentage hygrométrie (%)
25	37
18	36
17	35
17	34
14	34,9
15,2	31,9
12	31,8
16	35,8
14,4	33,8
11,2	34,5
12	35
15	34

ANNEXE B

ANNEXE B.1 : les caractéristiques des filtres utilisés à Cevital de ‘PE/PE 504 CS17 Exchange Glaze’.

Poids (g/m ²)	500
Epaisseur (mm)	1.8
Densité (g/cm ³)	0.28
Perméabilité à l’air	180
% volume des pores	80
Résistance dynamométrique (daN)	Chaine : 170 Trame : 164
Elongation à la rupture	Chaine : 21 Trame : 24
Résistance à la température (°C)	Constant : 150°C Maximum : 150°C
Changement maximum des dimensions à 150°(%)	< 1

Pour les filtres à moyenne efficacité, on utilise des filtres à manches dont les caractéristiques sont illustrées sur le tableau III.3.

ANNEXE B.2 : les caractéristiques des filtres F4

Nombre de manches	396
Hauteur des manches	3200 mm
Surface filtrante	505 m ²
Nombre d’électrovannes	40
Surface d’évent	2.43 m ²

Résumé

L'étude de ce présent mémoire se penche sur le traitement des effluents gazeux s'échappant de l'industrie agro-alimentaire de CEVITAL-Béjaia. Un stage effectué au sein de la raffinerie de sucre de cette entreprise nous a permis de travailler sur les dépoussiéreurs utilisés dans cette raffinerie afin d'éviter l'entraînement des poussières et des particules dans l'environnement ainsi que dans l'atmosphère interne de l'usine. Les quantités de poussières récupérées dans les filtres de dépoussiérage pendant la période de stage montrent une variation quotidienne allant de 2,72 à 13,74 tonnes/jour, avec une moyenne de 7,83 tonnes/jour. Des données allant du mois de novembre 2021 au mois de juin 2022 nous montrent que les quantités de poussières collectées varient entre 193.96 tonnes à 345.20 tonnes par mois avec une moyenne de 255.13 tonnes. Ces quantités sont intimement liées aux activités d'ensilage-désilage s'opérant dans le silo. Les quantités de poussières annuelles produites par l'entreprise tournent autour de 3050 tonnes.an-1, ce qui fait de CEVITAL une entreprise moins polluante que les raffineries de sucre traditionnelles utilisant la bagasse dans leurs chaudières de cogénération.

Mots clés : poussières, particules, dépoussiérage, raffinerie de sucre. ...