

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

FACULTE DES SCIENCES ET DE L'INGENIERIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



10/3/10

572.177

Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biochimie et Microbiologie Appliquée

Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

**Thème : Suivi de la Qualité du Sucre et Application
du Système HACCP : Cas de la société du raffinage
du sucre (SO.RA.) Sucre SPA Guelma (Nord Est Algérien)**

Présenté par :

Debabsia Zouheyr

Gueroui Yacine

Touati Ahmed Samer

Membre de jury :

President: Mr. Ghrieb L. (M.A)

Examinateur : Mr.Djekoun M. (M.A)

Encadreur : Dr. Souiki L. (M.C)

Juin 2010

Remerciement

Louange à Dieu qui nous a donné l'esprit, le courage pour surmonter toutes les difficultés durant cette étude ainsi que l'endurance pour terminer ce projet.

Nous remercions vivement Mlle. Souiki L., Docteur au département de biologie à l'université de Guelma, qui nous a encadré et a dirigé notre travail par ces conseils bénéfiques, par son soutien et sa patience.

Nous adressons également nos remerciements aux membres de jury : le président Mr. Ghrieb L.(M.A.) et l'examineur Mr. Djekoun M.(M.A.) d'avoir acceptés de juger ce travail.

Nous remercions aussi Mr. Bareche A. le PDG de la SO,RA. Sucre qui nous a accordé le stage au sein de l'usine, ainsi que les membres du laboratoire du chimie particulièrement Belhadj El Hadi, Abd Elnour, Amine, Salah et Makhlouf, qui nous avoir offert d'excellentes conditions de travail.

Enfin, nous remercions aussi nos familles, tous nos amis et tous qui nous ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1
I-Généralités	2
1-Définition du sucre.....	2
2-La canne à sucre.....	2
2.1-Historique de la canne à sucre	2
2.2-Caractéristiques botaniques.....	5
2.3-Données économiques de la canne à sucre.....	7
2.4-Les sous produits de la canne.....	7
2.4.1-La bagasse.....	7
2.4.2-La mélasse.....	8
2.4.3-Les boues	8
3-La betterave sucrière.....	8
3.1-Historique de la betterave sucrière.....	8
3.2-Caractéristiques botaniques.....	9
3.3-Donnée économiques de la betterave sucrière.....	11
3.4-Les sous produits de la betterave sucrière	12
4-Autres plantes sources de sucre.....	12
4.1-Les dattiers.....	13
4.2-Le sorgho	13
4.3-L'érable à sucre.....	14
5-Les différentes formes de sucre	14
5.1-Le sucre blanc cristallisé.....	14
5.2-Le sucre en poudre ou semoule.....	15
5.3-Le sucre glace.....	15
5.4-Le sucre pour confiture.....	15
5.5-Le sucre moulé en morceaux.....	15
5.6-Le sucre en cubes.....	15
5.7-La cassonade.....	16
5.8-Le sucre candi	16
6-Propriétés du sucre.....	16

6.1-Propriétés physiques	16
6.1.1-Température de fusion	16
6.1.2-La densité	16
6.1.3-La solubilité	16
6.1.4-La viscosité	17
6.1.5-Activité de l'eau	17
6.1.6-Propriétés électriques	17
6.1.7-Pression osmotique	18
6.2-Propriétés chimiques	18
6.3-Propriétés technologiques	19
6.3.1-Le goût	19
6.3.2-La texture	19
6.3.3-La conservation	19
6.3.4-La couleur	20
6.3.5-La fermentation	20
7-Production mondiale du sucre	21
8-Consommation mondiale du sucre	21
9-Le sucre et la santé	22
9.1-Le sucre et les problèmes dentaires	22
9.2-L'obésité	22
9.3-Le diabète	23
9.4-Les maladies carentielles	23
9.5-Conseils pratiques pour y parvenir	23
10-Critères de qualité de sucre	24
10.1-Critères de qualité du sucre dans l'Union européenne	24
10.2-Critères de qualité des produits sucrés aux États-Unis	26
11-Survol de la recherche	27
12-La démarche HACCP	28
12.1-Origine	28
12.2-Principes fondamentaux du système HACCP	29
12.3-Création d'un plan HACCP	30
12.4-Déterminer les CCP	32
13-Objectif du travail	32

II-Matériels et méthodes	34
1-Présentation de l'unité.....	34
1.1-Historique.....	34
1.2-situation géographique.....	35
1.3-Organisation de l'unité.....	36
1.4-Les produits de l'unité.....	38
2-Le processus technologique de raffinage de sucre.....	40
2.1-Approvisionnement.....	40
2.2-Le déchargement.....	40
2.3-L'épuration de sucre.....	42
2.3.1-L'épuration physique.....	42
2.3.1.1- L'empattage.....	42
2.3.1.2- Le turbinage.....	43
2.3.1.3- La refonte A.....	44
2.3.2-L'épuration chimique.....	44
2.3.2.1- Le chaulage.....	44
2.3.2.2 La carbonatation.....	45
A)-Première carbonatation.....	45
B)-Deuxième carbonatation.....	45
2.3.2.3- La filtration.....	46
A)-Première filtration.....	47
B)-Deuxième filtration.....	47
2.4-La Cristallisation.....	47
2.4.1-La masse cuite.....	48
2.4.2-Le malaxage.....	50
2.4.3-L'essorage (turbinage).....	50
2.5-Le séchage.....	51
2.6-L'ensachage.....	51
3-Le traitement de l'eau.....	52
3.1-Les différentes impuretés rencontrées dans l'eau.....	52
3.2-Les étapes de traitement de l'eau à SORA sucre.....	53
3.2.1-La décantation.....	53
3.2.1.1- La décarbonatation.....	54
3.2.1.2- Le désiliciage.....	54

3.2.2-La filtration à sable	54
3.2.3-La filtration à résine (adoucissement).....	54
3.2.4-Stockage.....	54
4-Analyses et contrôle.....	57
4.1-Les matières à analyser.....	57
4.2-Les paramètres à contrôler.....	57
4.3-Méthodes des analyses et appareillage utilisé.....	58
4.3.1-Définitions des paramètres.....	58
a- Le Brix	58
b- La polarisation.....	58
c- La pureté.....	59
d- La coloration.....	59
e- Le potentiel d'hydrogène (pH).....	60
f- L'humidité.....	60
g- La granulométrie.....	60
h- Le gaz carbonique (CO ₂).....	61
i- Traces du sucre (TS).....	61
j- Le titre hydrométrique (TH).....	61
k- Le titre alcalimétrique simple (TA) et alcalimétrique complet (TAC).....	61
l- Les chlorures.....	62
m- Le chaulage.....	62
4.3.2-Modes opératoires.....	62
4.3.2.1- Le Brix	62
4.3.2.2- La polarisation.....	62
4.3.2.3- La pureté.....	63
4.3.2.4- La Coloration.....	63
4.3.2.5- Le potentiel d'hydrogène.....	63
4.3.2.6- L'humidité.....	63
4.3.2.7- La granulométrie.....	64
4.3.2.8- Analyse du gaz carbonique (CO ₂).....	64
4.3.2.9- Traces du sucre (TS).....	64
4.3.2.10- Le titre hydrométrique (TH).....	64
4.3.2.11- Le titre alcalimétrique simple (TA) et alcalimétrique complet (TAC).....	65
4.3.2.12- Les chlorures.....	65

4.3.2.13- Le chaulage.....	65
4.3.2.14- La carbonatation.....	65
4.3.2.15- L'analyse du lait de chaux (Be).....	66
5-Contrôle de l'épuration.....	66
5.1-Contrôle des alcalinités.....	66
5.2-Contrôle des sirops.....	66
6-Contrôle de la cristallisation.....	66
7-Les analyses spéciales des sucres.....	66
8-Les analyses des eaux.....	67
9-Les analyses des eaux de rejets.....	67
10-Analyses microbiologiques du produit fini.....	69
10.1-Matériel utilisé.....	69
10.2-Dénombrement des levures et moisissures.....	70
10.2.1-Mode opératoire.....	70
10.3-Dénombrement des germes mésophiles aérobies totales.....	70
10.3.1-Mode opératoire.....	71
III-Résultats et Discussions	74
1-Contrôle de la section d'épuration.....	74
1.1- L'alcalinité.....	74
1.1.1- Le chaulage.....	74
1.1.2- La première carbonatation.....	75
1.1.3- La deuxième carbonatation.....	76
1.1.4- Le pH de la deuxième carbonatation.....	76
1.1.5- Le Lait de chaux (baumé).....	78
1.1.6-Le CO ₂	78
1.2-Les sirops.....	79
1.2.1-La refonte A.....	79
a)-Le Brix (Bx).....	79
b)- La coloration.....	79
1.2.2-La refonte B.....	81
a)- Le Brix.....	81
1.2.3-La première filtration.....	82
a)- Le Brix.....	82
b)-La coloration.....	82

1.2.4-La deuxième filtration.....	84
a)-Le Brix.....	84
b)-La coloration.....	84
1.2.5-Le deuxième corps d'évaporation.....	86
a)-Le Brix.....	86
1.2.6-Le 5 ^{ème} corps d'évaporation.....	86
a)-Le Brix.....	86
2- Contrôle de la cristallisation.....	88
2.1-Analyse des masses cuites (MC R1, MC R2, MC A, MC B).....	88
a)-La pureté (Pte).....	88
2.2-Analyse des égouts.....	91
2.2.1- L'égout R1 (E. R1, E. R2, E. Aff., E. A, E. B).....	91
a)-La pureté.....	91
2.2.6- La mélasse (égout c).....	94
2.3-Analyse des sucres.....	95
2.4-La granulométrie.....	96
3-Analyse des eaux.....	97
3.1-Analyse des eaux de la bache alimentaire.....	97
3.2-Analyse des eaux des chaudières.....	97
3.3-Analyse des eaux de la bache de stockage.....	98
4-Analyse des eaux de rejets.....	99
5-Analyse microbiologique du produit fini (sucre cristallisé).....	101
5.2-Levures et moisissures.....	101
5.1-la flore aérobie mésophile totale.....	103
IV-Plan HACCP.....	105
6- Plan HACCP.....	105
6.1-Etape 01 : Définir le champ d'étude.....	105
6.2-Etape 02 : L'équipe HACCP.....	105
6.3-Etape 03 : Description du produit.....	105
6.4-Etape 04 : Utilisation du produit.....	106
6.5-Etape 05 : Diagramme de production.....	106
6.6-Etape 06 : Confirmation du diagramme de production sur site.....	107
6.7-Etape 07 : Identification des dangers et les mesures préventives.....	107
6.8-Etape 08 : Déterminer les CCP, limites critiques et les actions correctives.....	107

6.6-Etape 06 : Confirmation du diagramme de production sur site.....	107
6.7-Etape 07 : Identification des dangers et les mesures préventives.....	107
6.8-Etape 08 : Déterminer les CCP, limites critiques et les actions correctives.....	107
6.9-Etape 09 : Etablir le système de surveillance des CCP.....	107
6.10-Etape 10 : Etablir une documentation.....	107
Conclusion	113
Références bibliographiques	114
Résumés	
Annexe	

Produced with ScanTOPDF

Liste des figures

Numéros	Titres	Pages
1	La canne à sucre	5
2	La betterave sucrière	10
3	Dattier à Chypre	13
4	Le sorgho	14
5	Erable à sucre	14
6	Structure chimique d'une molécule de saccharose	18
7	Arbre de décisions des CCP	33
8	Situation géographique de la wilaya de Guelma	35
9	L'unité de SO.RA sucre	36
10	Organigramme générale de l'unité SO.RA. sucre	37
11	Organigramme du service de production	39
12	Schéma technologique du raffinage du sucre	41
13	La réception de la matière première	42
14	L'empatteur	43
15	Les turbines	43
16	La refonte A	44
17	Chaudière carbonatée	45
18	La bache pré-couche	46
19	Les filtres	46
20	La cuite	48
21	Le secheur	52
22	L'ensachage	52
23	Schéma général du traitement de l'eau à SO.RA sucre	56
24	Réfractomètre	58
25	Polarimètre	59
26	Transmetteur	59
27	Spectrophotomètre	60
28	pH mètre	60

Numéros	Titres	Pages
29	Tamiseur	61
30	Appareil d'Orsat	61
31	Lagune naturelle	67
32	Caniveau	67
33	L'entrée de la lagune	68
34	La sortie de la lagune	68
35	Série 1 du bouillon BCPL avant incubation	72
36	Série 2 du bouillon BCPL avant incubation	73
37	Série 3 du bouillon BCPL avant incubation	73
38	La variation du chaulage pendant 5 jours	74
39	La variation de la 1 ^{ère} carbonatation pendant 5 jours	75
40	La variation de la 2 ^{ème} carbonatation pendant 5 jours	77
41	La variation du pH de la 2 ^{ème} carbonatation pendant 5 jours	77
42	la variation du baumé pendant 5 jours	78
43	La variation du CO ₂ pendant 5 jours	79
44	La variation du Brix de la refonte A pendant 5 jours	80
45	la variation de la coloration de la refonte A pendant 5 jours	80
46	La variation du Brix de la refonte B pendant 5 jours	81
47	La variation du brix de la 1 ^{ère} filtration pendant 5 jours	83
48	La variation de la coloration de la 1 ^{ère} filtration pendant 5 jours	83
49	La variation du brix de la 2 ^{ème} filtration pendant 5 jours	85
50	La variation de la coloration de la 2 ^{ème} filtration pendant 5 jours	85
51	La variation du brix de 2 ^{ème} corps pendant 5 jours	87
52	La variation du brix de 5 ^{ème} corps pendant 5 jours	87
53	la variation de la pureté de la MC RI pendant 4 jours	89
54	la variation de la pureté de la MC RII pendant 4 jours	89
55	la variation de la pureté de la MC A pendant 4 jours	90
56	la variation de la pureté de la MC B pendant 4 jours	90

Numéros	Titres	Pages
57	la variation de la pureté de l'E. R1 pendant 4 jours	92
58	la variation de la pureté de l'E. R2 pendant 4 jours	92
59	la variation de la pureté de l'E. Aff. pendant 4 jours	93
60	la variation de la pureté de l'E. A pendant 4 jours	93
61	la variation de la pureté de l'E. B pendant 4 jours	94
62	la variation de la pureté de la mélasse pendant 4 jours.	95
63	Série 1	101
64	Série 2	101
65	Série 3	101
66	Boite 1 (dilution 10^{-2})	103
67	Boite 2 (dilution 10^{-3})	103
68	Boite 3 (dilution 10^{-4})	103
69	Boite 4 (dilution 10^{-5})	104
70	Boite 5 (dilution 10^{-6})	104
71	Diagramme de production de sucre	106

Produced with

Liste des tableaux

Numéros	Titres	Pages
1	Composition moyenne de la canne à sucre	6
2	Composition moyenne de la betterave sucrière	11
3	Effet de la concentration et de la température sur la viscosité des solutions de saccharose	17
4	Effet de la concentration de sucre et de la température sur la pression osmotique des solutions de saccharose	18
5	La production mondiale de sucre brut	21
6	La consommation mondiale de sucre	22
7	Caractéristiques du sucre blanc de qualité type dans l'Union européenne	25
8	Caractéristiques du sucre brut de qualité type dans l'Union européenne	26
9	Critères de qualité des produits sucrés aux États-Unis	26
10	Les différentes impuretés rencontrées dans l'eau	53
11	Résultats d'analyse des sucres	96
12	Résultats d'analyse de la granulométrie	96
13	Résultats d'analyse des eaux de la bêche alimentaire	97
14	Résultats d'analyse des eaux des chaudières	98
15	Résultats d'analyse des eaux de la bêche de stockage	98
16	Résultats d'analyse des eaux de rejets	100
17	Résultats du dénombrement des levures et moisissures	104
18	Identification des dangers, leurs causes et les mesures préventives	108
19	Identification des CCP, les limites critiques et les mesures préventives	110
20	exemplaire d'une documentation	112

Liste des abréviations

- J-C:** Jésus-Christ
- BPF :** bonnes pratiques de fabrication
- BPA :** bonnes pratiques agricoles
- BPS :** bonnes pratiques de stockage
- BPH :** bonnes pratiques d'hygiène
- HACCP:** Hazard Analysis Critical Control Point.
- FAO:** Food & Agriculture Organization.
- FLN:** Front de Libération Nationale.
- SNATPB:** Société Nord Africaine de Travaux Publics et Batiment.
- SNERI:** Société d'Etudes et de Réalisation Industrielles.
- SOGEDIA:** Société de Gestion et Entretien de Distributeurs Automatiques.
- SO.RA.:** Société de raffinage.
- MC:** Masse cuite.
- R1, R2:** Raffiné 1, Raffiné 2.
- TA:** Titre alcalimétrique simple.
- TAC:** Titre alcalimétrique complet.
- TH :** Titre hydrométrique.
- TS:** Traces des sucres.
- pH :** Potentiel d'Hydrogène.
- Bx :** Brix.
- Pol:** Polarisation.
- Pte:** Pureté.
- Col:** Coloration.
- EDATA:** Acide Éthylène Diamine Tetra Acétique.
- QPSA :** Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire.
- J.O.R.A. :** Journal Officiel de la République Algérienne.

ICUMSA: International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis,

n-d : non déterminé.

Produced with ScanTOPDF

Introduction

Le sucre est un ingrédient essentiel de notre alimentation et même sans le vouloir ou le savoir on le consomme plusieurs fois dans la journée sous un menu (sodas, pain de mie, pain blanc, sucre en morceaux, pâtisseries, glaces, biscuits...) [24].

Le sucre commercialisé est extrait principalement de la canne à sucre et de la betterave. À la différence de la betterave qui est cultivée dans les climats tempérés de l'Amérique du nord, la canne à sucre est cultivée dans les pays tropicaux [12].

L'industrie sucrière présente l'un des principaux secteurs agroalimentaires. Elle est considérée comme un secteur mûr reposant sur les principes de base développés au XIX^{ème} siècle. Cette industrie éprouve des changements, y compris des développements technologiques. L'économie d'énergie a toujours été un point clé dans l'avancement de la technologie. De plus, l'effet des opérations de la sucrerie sur l'environnement ont certainement influencé l'utilisation de nouvelles et diverses technologies. La conversion du procédé en temps différé vers un procédé en continu et l'accroissement de l'extraction de saccharose sont à la base de ces changements technologiques [13].

Le sucre extrait de la canne à sucre est exporté sous forme de sucre brut provenant des usines appelées (moulins) qui sont opérées dans le voisinage des champs de culture. Le raffinage du sucre brut est donc effectué par la suite dans les raffineries situées dans les pays importateurs [5]. L'Algérie est un pays qui importe 100% de sucre roux (brut) avant de le raffiner et ensuite le commercialiser.

L'unité SO.RA sucre de Guelma est l'une des raffineries les plus importantes en Algérie à cause de sa position stratégique. Le souci majeur des industries sucrières n'est plus seulement d'assurer une grande quantité en sucre mais surtout de bonne qualité, sain pour le consommateur à cause de la concurrence accrue et des exigences du consommateur qui est devenu de plus en plus vigilant vis-à-vis de la qualité sanitaire des produits alimentaires.

Ce travail est composé de deux parties principales

- Une partie théorique comportant une brève définition de sucre, l'histoire, les caractéristiques botaniques et les sous produits des deux sources essentielles de sucre (la canne à sucre et la betterave), les différentes variétés des sucres, les caractéristiques du saccharose et un survol de la recherche dans le domaine sont aussi abordés.
- Une partie pratique soutenue par un stage au niveau de la société de raffinage de sucre (SO.RA. sucre SPA Guelma), comporte une présentation de l'unité et le processus technologique de raffinage de sucre. Des matières à analyser, des paramètres à contrôler et des méthodes d'analyses sont ajoutées pour expliquer comment la production et la maîtrise de la qualité de sucre sont effectuées. Enfin, un plan HACCP est proposé pour l'assurance qualité et la sécurité alimentaire de notre produit destiné à la consommation humaine.

Généralités

Produced with ScanTOPDF

1-Définition du sucre

Le sucre est un produit alimentaire d'origine végétale. Le sucre ou saccharose est un corps sans couleur ni odeur, qui possède une saveur sucrée, fait partie de la famille des glucides. Avec les lipides et les protides, il constitue l'un des trois nutriments essentiels au corps humain. Les glucides fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme. Les glucides simples (glucose, fructose, lactose) contenus dans les fruits et le lait, se caractérisent par leur saveur sucrée, contrairement aux glucides complexes (amidon) contenus dans les céréales, le pain, le riz [1].

Les sucres commercialisés sont essentiellement produits industriellement à partir de la canne à sucre et de la betterave sucrière.

2-La canne à sucre

2.1-Historique de la canne à sucre

Connus depuis la préhistoire, la canne à sucre et le miel furent longtemps les seules sources de sucre de l'humanité. Le roseau sucré a d'abord été utilisé à l'état sauvage avant d'être cultivé. Des indices qui permettent de remonter sont origine botanique au « *Saccharum robustum* » de la Nouvelle Guinée datent de plus que 12,000 années. En effet, les peuples indigènes de cette région consommaient le jus sucré renfermé dans les tiges du roseau sucré. De ce berceau, la culture de la canne à sucre aurait été exportée d'abord vers l'Est, s'implantant dans les Nouvelles Hébrides et la Nouvelle Calédonie aux alentours de 8000 av. J.-C. La fabrication de sucre voit le jour à Célèbes, à Bornéo, à Java, en Indochine et en Inde en 6000 av. J.-C. environ. De l'Inde, la canne à sucre fut acheminée en Chine, où les caractéristiques du sol étaient idéales pour sa culture. La littérature chinoise mentionne que l'Empereur Tai-Sun envoya un émissaire en Inde pour apprendre la fabrication du sucre (200 av. J.-C.). En effet, en Inde, des méthodes primitives d'extraction et de raffinage du sucre de canne étaient utilisées par les peuples de la civilisation Harrapan. Ces peuples maîtrisaient déjà une méthode pour produire des sirops sucrés et concentrés à partir de la sève du dattier et d'autres espèces de palmiers. Le mot sucre provient du sanscrit, langue sacrée des brahmanes : « *sarkara* » (Arzate, 2005).

Par Néarque, amiral d'Alexandre le Grand, les peuples d'Occident apprirent l'existence de la canne à sucre 325 ans av. J.-C. Néarque, qui par la vallée de l'Indus alla explorer la mer des Indes, parle dans son cahier de voyages d'une sorte de miel produit à partir de la canne à sucre, sans le concours des abeilles [5].

C'est vers le troisième siècle av. J.-C. que des marchands indiens et perses commencent à importer du sucre sur les rivages de la Méditerranée orientale, en Arabie et en Égypte. Des textes montrent bien qu'au premier siècle après J.-C. le sucre était déjà produit sous forme solide ce qui facilitait son transport par caravane à travers l'Asie Mineure jusqu'aux ports de la Méditerranée d'où il gagne la Grèce puis l'Empire romain. Le brassage des populations dû aux guerres et aux échanges commerciaux participa largement à l'expansion de la canne à sucre. La canne à sucre ne poussant que dans les régions asiatiques à climat chaud ne fut importée que vers l'année 641 de notre ère dans la région du Delta du Nil. Entre le IV^{ème} et VIII^{ème} siècle, les hauts lieux de culture furent le delta de l'Indus et le Golfe Persique. C'est ici qu'était produit le sucre pour tout le Moyen-Orient. Les Perses, qui avaient été longtemps maîtres en l'art du sucre, disposaient, au V^{ème} siècle de procédés de fabrication déjà avancés. Ils savaient raffiner le sucre brut par refonte, clarifier les sirops et présenter le sucre solide en pains. Deux siècles plus tard, ils subirent l'invasion des Arabes qui propagèrent la culture de la canne dans leurs territoires conquis du bassin méditerranéen. Les Arabes apprirent des Perses l'art de fabriquer du sucre solide. C'est durant les Croisades que le sucre s'est répandu en Europe. À partir du XI^{ème} siècle, les croisés rapportèrent la canne à sucre en Sicile, dans le Sud de l'Italie et même dans le midi de la France. L'industrie du sucre de canne devint donc importante dans le sud de l'Espagne où, vers 1150 de notre ère, près de 30 000 hectares étaient consacrés à la culture de la canne à sucre [5].

Au XIV^{ème} siècle, Venise devint la capitale sucrière de l'Europe. En effet, le commerce et la livraison de sucre entre le Moyen-Orient et l'Europe étaient presque exclusivement dans les mains des marchands Vénitiens. Il semblerait qu'en plus de faire le commerce du sucre brut, les Vénitiens inventèrent une façon primitive de raffinage du sucre, ce qui leur permit de commercialiser des pains de sucre. Les premières raffineries du continent européen virent leur jour à cette époque. Jusqu'au XVI^{ème} siècle, le miel était la principale source de sucre en Europe. Le peu de sucre de canne qui était importé et commercialisé, vu son prix élevé, était réservé à la noblesse. Ce sucre était considéré comme une denrée de luxe ou un médicament. Toutefois, au XV^{ème} siècle, désireux de se libérer des producteurs méditerranéens, l'Espagne et le Portugal importèrent la canne à sucre dans leurs possessions d'Afrique. Ainsi, vers 1420, la canne est introduite dans l'île de Madère, et 40 ans plus tard aux îles Canaries et aux Açores. Lisbonne prit alors le pas sur Venise en matière de raffinage [3].

En 1508, le port d'Anvers recevait la première cargaison de sucre en provenance des Canaries. Pour faire face à l'extension des plantations de canne à sucre, les colonies eurent besoin d'une main d'œuvre abondante et peu coûteuse [3].

Le travail des esclaves dans les colonies permettait donc de produire du sucre à un coût plus faible que celui provenant des pays méditerranéens. Ce n'est qu'après la découverte de l'Amérique, que la culture de la canne à sucre fut introduite dans de nouvelles régions possédant le climat favorable à sa production. Des plantes provenant de l'Espagne furent cultivées pour la première fois en République Dominicaine et à Haïti par Christophe Colomb en 1493, mais la plantation fut détruite. Une seconde tentative en 1509 permit une première récolte et une expansion de sa culture. Grâce aux navigateurs espagnols et portugais, la culture de la canne se répand dans les îles tropicales : Porto Rico, Cuba et la Jamaïque. Les conditions climatiques de cette région étaient favorables à la culture de la canne à sucre. Celle-ci prit beaucoup d'envergure au cours des deux siècles suivants, justifiant ainsi la pratique de l'esclavage en Amérique (Arzate, 2005).

En 1520, la canne se cultivait au Mexique, et le premier moulin de sucre en Amérique du Nord vit le jour en 1535. La culture de la canne à sucre s'est vite répandue au Pérou, au Brésil, en Colombie et au Venezuela. En 1548, Porto Rico eut son premier moulin. En 1590, plus de cent moulins à sucre s'érigèrent au Brésil. En 1670, les Jésuites introduirent la culture de canne à sucre en Argentine et l'apportèrent en Louisiane, en Floride et au Texas. L'industrie sucrière actuelle du Texas date de 1970 quand un groupe de cent fermiers forma une coopérative sucrière [4].

De l'autre côté de la planète, la production de sucre commença en 1747 à l'île Maurice, dans l'Océan Indien, et en 1824, la culture de la canne à sucre fut introduite en Australie [05].

De nos jours, plus de cent pays cultivent la canne à sucre sur 130 000 km². Les vingt premiers ont récolté 1 199 millions de tonnes en 2004, soit 91 % de la production totale mondiale (1 317 millions de tonnes). Les plus gros producteurs sont le Brésil, l'Inde et la Chine, contribuant respectivement pour 31 %, 19 % et 7 % de la production totale mondiale. À l'heure actuelle, la canne à sucre fournit environ 74 % de la production mondiale de sucre [6].

2.2-Caractéristiques botaniques

La canne à sucre « *Saccharum officinarum* » est une plante de la famille des Poacées (graminées). Toutes les espèces du genre « *Saccharum* » sont des graminées vivaces de grande longévité dont l'aspect rappelle celui du roseau (Fig.1) [2].

Il existe plusieurs variétés qui possèdent des caractéristiques diverses s'adaptant ainsi aux différentes régions de culture : robustesse, résistance aux maladies, teneur en sucre plus ou moins élevée, etc. [2].



Figure 1 : La canne à sucre [2].

La plante possède des racines denses qui peuvent s'enfoncer profondément dans le sol, mais la plupart d'entre elles s'étalent à environ 50 cm de la surface dans un périmètre pouvant atteindre fréquemment 2 à 5 m autour de la souche. Elles sont pourvues de nombreux poils absorbants qui aspirent l'eau et les sels minéraux du sol. D'autres racines plus profondes assurent le maintien et la stabilité de la plante (Fauconnier, 2002).

Les tiges peuvent atteindre entre 2,5 et 4 m de hauteur et 1,5 à 6 cm de diamètre, selon les variétés utilisées. Leur écorce épaisse et lisse va du jaune au violet selon les variétés. Les tiges sont structurées en tronçons de 10 à 20 cm (les entre-nœuds), séparés par des nœuds où les feuilles prennent naissance. Les feuilles sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1 m de longueur sur 2 à 10 cm de largeur. Elles sont au nombre de 10 sur les plantes en pleine croissance. En période de floraison, la tige se termine par une panicule, inflorescence argentée qui portera les graines. Cette panicule, fragile et soyeuse, mesure de 50 cm à 1 m de longueur (Arzate, 2005).

L'apparition de la floraison marque la fin de la croissance de la plante et le début d'une augmentation sensible de formation de saccharose qui se déclenche sous l'action de la sécheresse et de la fraîcheur nocturne (Fauconnier, 2002).

Cependant, la floraison des plantes cultivées n'est pas désirable du fait qu'elle soutire une partie de l'énergie nécessaire à la croissance végétative de la plante et à la production du saccharose (Fauconnier, 2002).

Pendant la période qui précède la récolte, la plante fabrique peu à peu son sucre (saccharose) dans les feuilles grâce à l'action conjuguée du soleil, de l'eau et de l'air (photosynthèse). Le saccharose s'accumule dans la tige comme réserve énergétique, mais sa répartition n'est pas égale et le sommet de la plante est d'une moindre teneur en sucre [17].

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres. La composition moyenne de la canne à sucre est illustrée dans le tableau 1. Selon l'état de maturité de la plante, la teneur en fibre peut varier de 10 % à 18 %, la quantité d'eau de 72 % à 77 % et le Saccharose de 12 % à 16 %. Après extraction, une tonne de canne produit environ 250 à 300 kg de débris, soit entre 25 % et 30 % de la matière première (Arzate, 2005).

Tableau 1 : Composition moyenne de la canne à sucre (Arzate, 2005).

COMPOSANTS	TENEUR (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2
Total	100

La culture de la canne à sucre s'étend dans les régions situées de part et d'autres de l'Équateur, entre les latitudes 35° Nord et 30° Sud (régions tropicales et subtropicales). Ainsi, on la trouve en Floride, au Texas, en Louisiane, aux Antilles, à Hawaï, en Amérique Centrale et en Amérique du Sud jusqu'au Nord de l'Argentine, en Indonésie, en Thaïlande, aux Philippines, en Chine, en Inde, dans les îles de l'Océan Indien, au Sud de l'Espagne, en Australie et, plus récemment, en Afrique. Sa croissance végétative est favorisée par des températures élevées, entre 26 °C et 34 °C. Par contre elle ne croît plus à des températures inférieures à 20 °C et elle ne tolère pas le gel. La plante se reproduit par bouturage, à partir d'un morceau de tige comportant au moins un nœud. La plantation se fait au début de la saison des pluies. Selon les pays, elle est manuelle ou mécanisée. La canne à sucre demande un sol aéré, assez riche et bien irrigué. La chaleur, la luminosité et l'ensoleillement sont également les facteurs clés pour une bonne récolte (Gérard, 1996).

2.3-Données économiques sur la canne à sucre

Plusieurs critères tels que le climat, la qualité des sols, la satisfaction des besoins en eau (soit naturellement, soit par le biais de l'irrigation) ainsi que la variété de plante cultivée ont une influence sur la production de la canne à sucre [20].

La production mondiale de la canne à sucre a augmenté à un rythme annuel de 0,6% entre 1961 et 2005 passant ainsi d'un rendement de 50 tonnes par hectare en 1961 à 65 tonnes en 2005. Parmi les principaux pays producteurs de canne à sucre, le Brésil et l'Inde affichent un rendement croissant sur la période (rythme annuel de croissance = 1,2% pour le Brésil et 0,9% pour l'Inde) qui leur permet d'atteindre les niveaux de rendement respectifs à l'hectare de 73 tonnes par hectare pour le Brésil et 62 tonnes par hectare pour l'Inde en 2005[23].

Parmi les autres pays producteurs de canne à sucre, l'Indonésie affiche le rendement le plus important avec une moyenne annuelle de 102 tonnes par hectare entre 1961 et 2005. Ce rendement suit toutefois une pente descendante depuis le début de la période, enregistrant en moyenne une baisse annuelle de l'ordre de 0,9%. Elle est suivie de près par trois pays dont le rendement annuel moyen sur la période a été supérieur à 80 tonnes par hectare. Ceux-ci sont par ordre d'importance : l'Égypte (97 tonnes par hectare), le Guatemala (85 tonnes par hectare) et les États-Unis (82 tonnes par hectare). Parmi ces trois pays, les États-Unis affichent un rendement très légèrement en baisse sur la période (-0,8% par an environ) et deux sont en progression : l'Égypte avec une augmentation du rendement annuel de 0,9% et le Guatemala avec 2,2%. Parmi les acteurs prépondérants du marché affichant les rendements les plus faibles (en dessous de 50 tonnes par hectare en moyenne entre 1961 et 2005), on trouve principalement le Pakistan avec 44 tonnes par hectare, puis Cuba avec 40 tonnes par hectare et la Thaïlande avec 47 tonnes par hectare [19].

2.4-Les sous produits de la canne

2.4.1-La bagasse

La bagasse, formée de fibres végétales broyées, peut représenter jusqu'à 30 % de la matière issue de la canne. Elle renferme en moyenne 45 % d'eau, 48,5 % de fibres et 2,5 % de matière dissoute (principalement du sucre). La bagasse servait traditionnellement de source de combustible pour la sucrerie, ainsi que de fourrage pour les animaux et d'engrais (Arzate, 2005).

Plusieurs nouvelles applications ont été développées pour la bagasse, par exemple la fabrication de papier, carton et panneaux agglomérés; la fabrication du furfural et l'utilisation comme source d'énergie (Arzate, 2005).

2.4.2-La mélasse

La mélasse, qui contient 35 % de saccharose et bien d'autres substances, peut aussi connaître une seconde vie. On produit 30 kg de mélasse par tonne de canne, soit 3 % de la matière première. Une bonne partie de la mélasse produite par les sucreries est utilisée pour la production du rhum industriel. Une autre fraction est utilisée dans l'alimentation des animaux et une petite partie se retrouve sur les tablettes des supermarchés pour la consommation humaine (Arzate, 2005).

La mélasse peut aussi être utilisée pour la culture des levures ainsi que pour la production de divers produits, tels que l'acide acétique (vinaigre), l'acide citrique, le glycérol, l'acide aconitique, le glutamate, la dextrane, l'acide itaconique, la lysine et l'éthanol [3].

2.4.3-Les boues

Les boues d'épuration renferment une grande quantité de substances organiques, dont des cires et des graisses, qui pourraient être valorisées. Dans certains pays, elles sont utilisées pour fertiliser les sols cultivables [16].

3-La betterave sucrière

3.1-Historique de la betterave sucrière

La plante dont descendent les variétés actuelles, est originaire du Moyen-Orient. Sa découverte remonterait à une date beaucoup moins éloignée que celle de la canne à sucre puisqu'elle est estimée aux environs de 500 avant Jésus-Christ [6].

C'est l'agronome Olivier de Serres qui aurait remarqué, dès la fin du XVI^{ème} siècle, sa forte teneur en sucre, puis le chercheur allemand Andreas Margraff a montré en 1747 que la betterave sucrière contient du sucre véritable, parfaitement identique à celui que l'on connaît de la canne à sucre [6].

Mais c'est grâce à son élève Franz Karl Achard qui réussit à convaincre l'empereur Frédéric II de l'importance de cette découverte, que 55 ans plus tard, en 1802, s'ouvre la première usine de traitement (environ 70kg de betteraves par jour) implantée à Kürnien-sur-Oder en Silésie.

La vraie poussée pour le développement à grande échelle de l'industrie du sucre de betterave est venue avec les guerres napoléoniennes et le blocus continental en 1806. Puisque le seul sucre disponible pour la majorité des pays européens venait des plantations de canne des colonies tropicales, lors de la fermeture des ports d'Europe, un sérieux manque de sucre s'est produit donnant lieu à une nouvelle opportunité pour le sucre de betterave. Le succès obtenu par Benjamin Delessert, qui de sa propre initiative construit une petite usine à sucre de betterave à Passy, fait revivre l'intérêt des Français pour le sucre de betterave. En effet, en 1811, Delessert réussit à produire des cristaux de sucre de bonne qualité. En 1840, 93% de la production sucrière provenaient de la canne à sucre contre un tiers seulement en 1899. Entre ces deux dates, la production mondiale a été multipliée par dix passant ainsi de 0,83 millions de tonnes produites en 1840 à 8,3 millions en 1899. A partir de 1915 la production mondiale de canne à sucre a dépassé celle de betterave et cette tendance s'est accentuée à partir des années 1970 (Arzate, 2005).

Dans le monde, la culture de betterave sucrière occupe environ 7 millions d'hectares, surtout en Europe du Nord et aux États-Unis. En 2004, la production mondiale de betterave sucrière était de 208,85 millions de tonnes [23].

La France est le premier producteur mondial de sucre de betterave devant les États-Unis et l'Allemagne. À l'heure actuelle, la betterave sucrière fournit environ 26 % de la production mondiale de sucre [22].

3.2-Caractéristiques botaniques

La betterave sucrière « *Beta vulgaris* » appartient, comme les épinards et la bette, à la famille des « chénopodiacées » (Fig.2). Les variétés de betterave sucrière cultivées actuellement sont issues de la betterave de Silésie sélectionnée à la fin du XVIII^{ème} siècle par le chimiste allemand Achard. Ces variétés contiennent entre 15 % et 20 % de sucre, alors que la « Blanche de Silésie », dont elles sont issues n'en contenait que 7 %. Cette amélioration significative est le fruit d'une sélection rigoureuse des plantes [13].



Figure 2 : La betterave sucrière [26].

La betterave sucrière n'est qu'une variété de la betterave commune (sélectionnée à partir de lignées cultivées antérieurement comme fourrage et non pour les racines). Dont la sélection a augmenté la teneur en saccharose d'environ 2% jusqu'à 20%. Les betteraves ont été sélectionnées en Europe, où leurs feuilles ont longtemps été utilisées dans l'alimentation ; la racine charnue de la betterave rouge a été utilisée plus récemment. Pendant 300 ans environ, les betteraves ont également été utilisées comme source de sucre pouvant concurrencer la canne à sucre, cultivée exclusivement dans les régions tropicales, et importé dans les pays développés. Au Etats-Unis, la production de sucre brut à partir de betterave représente environ un tiers de tout le sucre consommé par les ménages (Raven *et al.*, 2003).

La betterave sucrière préfère un climat tempéré, des terres riches, profondes et humides. Ses graines sont semées au printemps, après les gelées, de mi-mars à fin avril. Assez fragile, la betterave sucrière a besoin de traitements contre les maladies [11].

Sa récolte commence en automne, fin septembre, et doit être terminée en décembre, avant les grands froids. La betterave sucrière possède un cycle de deux ans. Le processus de fabrication du sucre a lieu pendant la première année. À la fin de cette période, les réserves en sucre sont maximales; la récolte est donc faite à ce moment-là. Pendant la seconde année, la plante se reproduit. Elle puise alors dans ses réserves de sucre pour produire une hampe florale qui évolue en fruits et graines afin de poursuivre son cycle végétatif [14].

Le sucre élaboré au niveau des feuilles par la photosynthèse est emmagasiné sous forme de saccharose dans la racine. Cette racine est de forme conique, parcourue par deux sillons et possède un collet plat. La racine est presque complètement enfouie dans le sol [11].

En fin de croissance, elle mesure de 15 à 35 cm de long et jusqu'à 15 % à 20 % de son poids est constitué de sucre, surtout contenu dans sa partie la plus renflée. Ainsi, la teneur en sucre et sa pureté dans les feuilles est très faible, tandis que la racine mature contient une teneur élevée de sucre d'une grande pureté. Le collet, zone de transition entre la racine et les feuilles, contient certaines des substances de ces deux parties : nutriments, sucre et composants non-sucrés similaires à ceux retrouvés dans les feuilles. Le sucre dans le collet est donc plus coûteux à extraire [11].

Le sucre est réparti inégalement dans la racine. De façon générale, des différences d'environ 5,5 % et de 11 % pour le contenu en sucre et la pureté respectivement, peuvent être remarquées selon différentes sections de la racine. Dû à la physiologie du noyau et de la peau de la betterave, la quantité et pureté de sucre sont inférieures dans ces parties. Des protéines, pectines, minéraux (potassium et sodium), acides organiques, etc. constituent les composants non-sucrés. Tel qu'indiqué au tableau 2, la betterave récemment récoltée contient 75,9 % d'eau, 2,6 % de composants non-sucrés, 16,0 % de sucre et 5,5 % de pulpe. La pulpe est composée de cellulose insoluble, d'hémicellulose et de pectine (Arzate, 2005).

Tableau 2 : Composition moyenne de la betterave sucrière (Arzate, 2005).

COMPOSANTS	TENEUR (%)
Eau	75,9
Non sucrés	2,6
Sucre	5,5
Total	100

La production de sucre blanc correspond à 83,1 % du contenu en sucre dans la betterave sucrière. On en perd environ 12,5 % dans la mélasse. On note aussi d'autres pertes, telles que le sucre restant dans la pulpe après l'extraction, dans le tourteau de chaux après le lavage et dans les filtres rotatifs sous vide. Des pertes sont également dues à l'action bactérienne, au renversement de liquides tout au long du procédé, à l'inversion du sucre et à la caramélisation du sucre par exposition aux surfaces chaudes dans le procédé [2].

3.3-Données économiques

Le rendement agricole de la betterave a été multiplié par 1,9 entre 1961 et 2005, passant ainsi de 23 tonnes par hectare en 1961 à 44 tonnes par hectare en 2005 avec un rendement moyen de 33 tonnes par hectare sur la période [20].

Parmi les principaux pays producteurs de betteraves sucrières sur la période 1961-2002, que sont l'ex-URSS, la France, l'Allemagne, les États-Unis, la Pologne, l'Italie et la Turquie, ceux bénéficiant du plus fort rendement sont principalement les pays membres de l'Union européenne ainsi que les États-Unis avec des rendements très largement supérieurs à la moyenne mondiale comme l'indique le graphique du dessus. Concernant la Pologne et la Turquie, ces deux pays se situent dans la moyenne mondiale avec un rendement moyen de 33 tonnes par hectare sur la période. Finalement, la Chine et l'ancien bloc soviétique représenté à partir de 1992 presque exclusivement (90%) par deux producteurs : l'Ukraine et la Fédération de Russie, affichent les rendements les plus faibles des grands pays producteurs avec 21 tonnes par hectare. La Chine est le pays dont le rendement annuel a le plus progressé depuis les années 1960 avec un peu moins de 6% par an atteignant ainsi 26 tonnes par hectare en 2005 contre moins de 4 tonnes par hectare en 1961 [20].

3.4-Les sous produits de la betterave sucrière

Les sous produits de la betterave sucrière sont la pulpe, partie tendre et riche en éléments nutritifs qui sert à l'alimentation animale; les feuilles, qui servent à fabriquer de l'engrais pour les champs; la mélasse, résidu sirupeux de la cristallisation qui sert, entre autres, à fabriquer la levure de boulangerie et l'alcool qui sert dans des produits ménagers, chimiques ou carburant [19].

4-Autres plantes sources de sucre

Le sucre est extrait de plantes, principalement la canne à sucre et la betterave sucrière [7].

Le saccharose est présent dans toutes les plantes contenant de la chlorophylle. D'autres sources sont utilisées pour produire le glucose ou le fructose de plus en plus utilisés par l'industrie agroalimentaire et d'autres industries. D'autres végétaux contiennent une quantité importante de sucre. Ils sont traditionnellement vendus sous forme de sirop : l'érable ; les palmiers à sucre (comme le cocotier du Chili); le sorgho ; l'agave américain ; le palmier-dattier (sucre de palme avec la sève, sucre de datte avec le fruit) [1].

Le sucre de palme est un sucre de fabrication artisanale et naturelle, produit traditionnellement par les paysans cambodgiens. La sève claire et légèrement sucrée est extraite par des incisions sur la cime du palmier à sucre. Après cuisson et battage, la sève donne un sucre brun naturellement riche en fructose, minéraux et oligo-éléments [7].

4.1-Les dattiers

Le dattier (*Phoenix dactylifera*) (Fig.3) est un palmier, beaucoup cultivé pour ses fruits comestibles. A cause de la longue histoire de la culture de son fruit, son origine exacte est inconnue, mais le dattier est probablement originaire des oasis du désert de l'Afrique du Nord, et peut-être aussi du sud est de l'Asie. C'est un arbre de taille moyenne, de 15 à 25 mètres de haut, souvent touffu avec plusieurs troncs pour un seul système racinaire, mais généralement grandissant seul. Les feuilles sont allongées, pouvant mesurer 3 mètres de long, avec des épines au niveau du pétiole et environ 150 folioles. Ces folioles font 30 cm de long et 2 cm de large. Du sucre peut être extrait des fruits, mais cela est seulement fait localement à une petite échelle [26].



Figure 3 : Dattier à Chypre [26].

4.2-Le sorgho

Le sorgho (Fig.4) est un genre regroupant environ de 20 espèces d'herbes, d'origines tropicales et subtropicales, des régions est africaine. Une espèce est originaire du Mexique. La plante est cultivée dans le sud de l'Europe, en Amérique central et dans le sud de l'Asie. Du sucre peut être extrait des graines, mais, comme pour le dattier, cela n'est fait que localement à une petite échelle [28].



Figure 4 : Le sorgho [27].

4.3-L'érable à sucre

L'érable à sucre (*Acer saccharum*) (Fig.5) est un arbre proéminent des forêts de feuillus du nord est de l'Amérique. C'est l'espèce d'érable la plus haute en Amérique, atteignant 30 à 37 m de haut. Le sucre d'érable est produit en Amérique du Nord depuis des siècles et est encore utilisé en tant qu'édulcorant, essentiellement en tant que sirop d'érable partiellement raffiné. Le sucre d'érable contient principalement les sucres simple saccharose et glucose [29].



Figure 5 : Érable à sucre [30].

5-Les différentes formes du sucre

Le sucre est retrouvé en une large variété de formes et de couleurs.

5.1-Le sucre blanc cristallisé

Est le plus pur, puisqu'il est constitué à 99,9% de saccharose. Il est recueilli dans les turbines après concentration sous vide et cristallisation des sirops, au stade final de l'extraction en sucrerie. Il se présente sous la forme de cristaux plus ou moins gros (Arzate, 2005).

5.2-Le sucre en poudre ou semoule

Doit contenir plus de 99,8 % de saccharosé purifié et cristallisé, c'est celui qu'on appelle couramment sucre cristal (ou cristallisé) ou sucre semoule, selon la taille des cristaux [01].

Obtenu par broyage et tamisage, les dimensions des grains se situent entre 0,2 et 0,4 mm. C'est un sucre de structure, de support et d'enrobage (Boulahfa *et al.*, 2006).

5.3-Le sucre glace (ou sucre impalpable)

C'est une poudre blanche impalpable obtenue par le broyage extrêmement fin du sucre cristallisé blanc. De l'amidon est ajouté afin d'éviter son agglomération. Ses grains sont tellement fins que c'est le sucre qui se dissout le plus rapidement. Il se présente sous forme de cristaux inférieurs à 0,15mm [1].

5.4-Le sucre pour confiture

Sucre cristallisé additionné de pectine de fruit et d'acide citrique naturel ; il est utilisé pour la fabrication des confitures [1].

C'est une spécialité élaborée pour les confitures, marmelades et gelées de fruits. C'est un sucre cristallisé auquel sont ajoutés des ingrédients qui facilitent la prise des préparations (pectine naturelle de fruits, acide citrique) [7].

5.5-Le sucre moulé en morceaux

Obtenu par compression et moulage d'un sucre cristallisé chaud et humide (Boulahfa *et al.*, 2006).

Il est formé par compression et moulage de cristaux de sucre blanc ou brun encore chauds et humides. Le sucre en morceaux se présente sous la forme de dominos de taille variable, les calibres les plus fréquents sont le No. 3 (7g) et le No. 4 (4,5 g) (Arzate, 2005).

5.6-Le sucre en cubes

Obtenu par ré-humidification, moulage, séchage de sucre cristallisé puis concassage des ligots cubiques. Les morceaux ont une forme irrégulière (Ajit *et al.*, 1996).

5.7-La cassonade :

C'est du sucre cristallisé roux extrait directement du jus de canne, moins pur que le blanc, il contient du saccharose (85 à 95 %) ainsi que des impuretés résiduelles (sels minéraux, et matières organiques) qui lui donnent sa couleur et ses notes aromatiques [18].

5.8-Le sucre Candi (ou Candy)

Obtenu par cristallisation lente d'un sirop, ce qui forme de gros cristaux. Son nom vient du mot « sucre » en arabe : « qandi » [1].

Obtenu par cristallisation pendant une dizaine de jours, d'un sirop de sucre concentré d'une pureté très élevée. De gros cristaux de tailles variées sont alors formés. La cristallisation du sirop d'épuisement restant dans les bacs donne à son tour le candi brun. Le saccharose est également commercialisé sous forme liquide. Ce sont des solutions incolores du sucre raffiné de 60% saccharose et de l'eau (Boulahfa *et al.*, 2006).

6-Propriétés du sucre

6.1-Propriétés physiques

Le sucre est un solide très stable dans sa forme cristalline. A l'état pur, il est blanc, inodore, et, évidemment, au goût sucré (Dupin, 1992).

6.1.1-Température de fusion

La forme cristalline du sucre fond entre 160°C et 186°C. La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre (Arzate, 2005).

6.1.2-Densité

La densité d'un seul cristal de saccharose est de 1,588. Pour un ensemble de cristaux, tel qu'une pile de sucre cristallisé, la densité apparente change légèrement selon la taille des cristaux et la distribution de cette taille en fonction du degré de tassement des cristaux [6].

6.1.3-Solubilité

Le saccharose est très soluble dans l'eau, dans l'alcool et autres solvants polaires. Il est généralement insoluble dans le benzène et d'autres solvants organiques apolaires [8].

6.1.4-Viscosité

La viscosité, ou résistance à l'écoulement, de n'importe quel fluide est une mesure primordiale du point de vue manipulation des fluides. Elle est une caractéristique du produit final et elle est très importante pour le contrôle du procédé [12].

La viscosité des solutions de saccharose augmente de façon non linéaire avec la teneur en solides et diminue rapidement avec l'augmentation de la température. De façon générale, la viscosité augmente avec la diminution de la pureté du saccharose. Des tableaux sont disponibles avec les valeurs de viscosité en fonction de la concentration et la température. À titre d'exemple, la viscosité des solutions de saccharose en fonction de ces deux variables sont présentées au tableau 3 (Arzate, 2005).

Tableau 3: Effet de la concentration et de la température sur la viscosité des solutions de saccharose (Arzate, 2005).

BRIX	VISCOSITÉ	
	20 °C	50°C
20	2	-
40	6	-
60	60	12
70	480	-

6.1.5-Activité de l'eau

Une autre propriété importante du saccharose est sa capacité d'hydratation. Cette caractéristique affecte l'activité de l'eau (a_w) de la solution ou du produit dans lequel le saccharose est présent. L'apparence et la texture du produit, la sensation du produit dans la bouche et le temps de conservation du produit est ainsi affectée (Glyn, 2004).

6.1.6-Propriétés électriques

Le saccharose est non-conducteur: Une solution de saccharose pure n'a aucune conductivité en comparaison avec de l'eau pure. Le saccharose, lorsque dissous, forme une solution neutre. Le sucre commercial en solution a généralement un pH autour de 7 à 7,15 [10].

6.1.7-Pression osmotique

L'osmose se réfère à la diffusion d'une substance à travers une membrane semi-perméable. La pression osmotique d'une solution aqueuse de sucre est une fonction de la concentration et de la température de la solution. Au tableau 4, l'effet de la concentration de sucre et de la température sur la pression osmotique des solutions de sucre est présenté (Gérard, 1996).

Tableau 4 : Effet de la concentration de sucre (Brix) et de la température sur la pression osmotique des solutions de saccharose (Arzate, 2005).

BRIX	Pression osmotique (Kg/cm)		
	0 °C	30°C	60°C
5	4,0	4,2	4,6
10	8,8	9,3	10,1
20	18,8	21,2	21,7
40	55,0	57,5	n.d.

6.2-Propriétés chimiques

Le saccharose est un diholoside formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose (Fig.6) reliées par une liaison osidique α (1 \leftrightarrow 2) β . Sa formule chimique non-développée est $C_{12}H_{22}O_{11}$ [32].

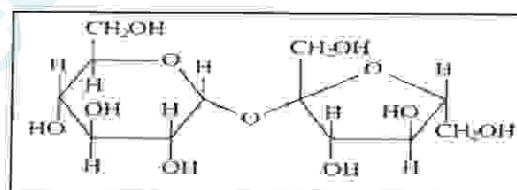


Figure 6 : Structure chimique d'une molécule de saccharose [32].

Tous les sucres sont réactifs. Cependant, dans le cas du saccharose, les principaux emplacements réactifs des molécules de glucose et de fructose sont fusionnés ensemble quand la molécule de saccharose est formée. Les deux monosaccharides sont pourtant beaucoup plus réactifs que le saccharose lui-même. En fait, ce sont des sucres réducteurs en raison de leur capacité d'agir en tant qu'agents réducteurs chimiques. Le saccharose n'est pas un sucre réducteur [3].

Dans les solutions acides, le saccharose s'inverse ou se décompose en ses deux monosaccharides, le glucose et le fructose [18].

6.3-Propriétés technologiques

6.3.1-Le goût

Édulcorant naturel, le sucre s'avère aussi un formidable exhausteur de goût, il permet en effet de renforcer la perception de certaines notes aromatiques et, dans le produit de cuisson ou de fermentation, il est à la base de la formation d'arômes. Il joue parfaitement ce rôle dans les glaces, conserves de fruits, desserts ou encore dans les plats sucrés-salés [5].

6.3.2-La texture

Le sucre contribue à donner du corps à un aliment, il conditionne sa texture et son aspect final, d'où son appellation « agent de texture » (Dupin, 1992).

Cette faculté est particulièrement appréciée des fabricants d'aliments à base de céréales, de confitures, de chocolat et de confiserie. Dans l'industrie de cuisson céréalière, par exemple, le sucre peut jouer plusieurs rôles. Dans les pâtes à base de farine de blé, il réduit l'hydratation des protéines du gluten, les pâtes sont moins denses et plus faciles à travailler. Comme il favorise la rétention de gaz carbonique produit par les agents levants, il assure la confection d'une mie plus aérée dans les produits de panification fine, comme le pain de mie. Les fabricants l'utilisent aussi mélangé avec du blanc d'œuf, il facilite alors la formation, puis la stabilité des mousses. Lors de la cuisson, il donne du « corps », il contribue à la tenue de certaines pâtisseries, comme la génoise, les boudoirs. « tandis que dans la biscuiterie, il retarde la gélatinisation de l'amidon, permettant aux produits de se développer et de prendre du volume. Depuis l'origine, le sucre est la base de la confiserie. La texture finale des friandises dures, fondantes..., dépend du traitement technologique réalisé sur des solutions de sucre [15].

Le sucre est, en outre, omniprésent dans la fabrication du chocolat, auquel il apporte la texture croquante, et dans celle des confitures où il maintient la cohésion du gel de pectine [15].

6.3.3-La conservation

La stabilité d'un produit est fonction de sa teneur en eau mesurée par l'« activité de l'eau » (activity of water ou a_w), ce paramètre variant de 0 à 1 (1 étant la valeur de l'eau pure). Un faible a_w signifie qu'une part importante de l'eau du produit n'est plus disponible (ou libre), ce qui freine la croissance des micro-organismes et retarde les réactions entraînant la dégradation des aliments [15].

Pour la confiture et le chocolat par exemple, le sucre reste le principal agent abaissant l'activité de l'eau : les valeurs moyennes sont de l'ordre de 0,50 à 0,60, seuils qui ne permettent pas le développement de la quasi-totalité des micro-organismes. Les fruits confits sont préparés grâce à la technique du confisage. Elle consiste à plonger les fruits entiers, ou en morceaux, dans des solutions de concentration croissante de sucre, provoquant un important départ d'eau du produit vers la solution et un transfert du sucre à contre-courant. Ces réactions aboutissent au séchage partiel des aliments grâce à la baisse notable de l'*aw*. En tant que stabilisant, le sucre joue aussi un rôle antioxydant. Ainsi pour les biscuits, le sucre permet de ralentir le rancissement des matières grasses végétales [5].

6.3.4-La couleur

Le sucre donne une belle couleur dorée. Lors de la cuisson, du fait de la caramélisation du saccharose, le produit prend une couleur allant du jaune clair au brun foncé. L'aspect de certains aliments repose sur cette réaction de brunissement que l'on favorise lors de la confection de biscuits, gâteaux..., la caramélisation est une réaction de pyrolyse, c'est-à-dire de coupure par la chaleur, qui fait intervenir les glucides mais aussi les protéines. Elle aboutit aussi à la formation de pigments bruns. La fabrication de caramels colorants et aromatiques à partir du sucre et/ou du glucose est l'une des applications industrielles particulières des réactions de caramélisation [7].

Les caramels colorants (E 150) sont utilisés dans les boissons de type cola, les bières et certains vins. Les caramels aromatiques, dont la température de fabrication est plus faible, servent essentiellement pour confectionner les nappages des produits laitiers ou pour donner une note caramélisée à certaines boissons [4].

6.3.5-La fermentation

Parce qu'il est un excellent support de fermentation, le sucre est utilisé pour fabriquer de l'alcool depuis fort longtemps à l'image du rhum, obtenu à l'issue de la fermentation du jus de mélasse de canne à sucre. Les vignerons l'emploient aussi pour augmenter le degré de leurs vins : c'est la technique de la chaptalisation. Dans la méthode champenoise, une solution de sucre additionnée à des levures sélectionnées permet la seconde fermentation. La fermentation engendre la formation de gaz qui dilatent la substance à laquelle le sucre a été ajouté [18].

Ce processus entre en jeu dans toutes les pâtes dites « levées », comme les brioches. En effet, la fermentation donne à la pâte une structuration aérée, et une impression de légèreté lors de sa mise en bouche [18].

7-Production mondiale du sucre

La production de sucre centrifugé, canne et betterave confondues est exprimée dans le tableau 5 [8].

Tableau 5 : La production mondiale de sucre brut [8].

Année	Production mondiale (en millions de tonnes)
1994/1995	120,9
1995/1996	-
1996/1997	123,5
1997/1998	126,6
1998/1999	131,1
1999/2000	135,8
2000/2001	130,4
2001/2002	135,6
2002/2003	147,1
2003/2004	141,1
2004/2005	142,5
2007/2008	165,5

Sur 102 pays producteurs, 38 cultivent la betterave sucrière, et fournissaient environ 20 % de la production en 2008. Le Brésil est le premier producteur mondial, suivi de l'Inde, puis de l'Union européenne. Dans la dernière décennie (2000-2009), la part du Brésil dans les exportations mondiales de sucre brut est passée de 7% à 62% [25].

8-Consommation mondiale

La consommation mondiale de sucre passée de 72 millions de tonnes en 1970 à 132 millions tonnes en 2000. Sur 30 ans l'augmentation aura été de 60 millions de tonnes, soit un taux de croissance moyen de 2 % par an. Selon la conjoncture économique, la consommation mondiale en 2010 atteindra 158 à 163 millions de tonnes (Tab.6) [25].

Tableau 6 : La consommation mondiale de sucre [25].

Années	Consommation mondiale (en millions de tonnes)
1970	72
1970/1980	90
1980/1990	108
1990/2000	132
2000/2010	158/163

9-Le sucre et la santé

9.1-Le sucre et les problèmes dentaires

La carie dentaire est le problème le plus visible consécutif à la consommation de sucre. Les bactéries de la bouche s'activent en présence de sucre et produisent de l'acide organique qui va détruire l'email de la dent (Honig, 1953).

9.2-L'obésité

Le sucre fait partie, avec le gras et le manque d'activité physique, des trois principales causes de l'épidémie d'obésité. Dans son rapport sur les effets préventifs de l'alimentation en matière de maladies chroniques, le sucre augmente le nombre de calories dans un aliment, sans l'enrichir en nutriments sains comme les vitamines et les minéraux. Et l'ajout de sucre augmente la densité calorique ou énergétique des aliments, c'est-à-dire le nombre de calories qu'ils contiennent par gramme. Un aliment de haute densité calorique contient beaucoup de calories au gramme [21].

Par exemple, une pomme de 100 grammes contient à peu près la même quantité de calories qu'un biscuit de 10 grammes, mais son volume et son poids font qu'elle contribue mieux à la satiété. Il est en effet plus facile de se contenter d'une pomme que d'un seul biscuit [29].

Selon les spécialistes, une consommation excessive de glucides, en particulier sous forme de glucides simples, notamment sous forme de boissons, apparaît donc bien en cause dans le surpoids et l'obésité des enfants et des adolescents [16].

9.3-Le diabète

La consommation de sucre n'est certes pas la seule cause au diabète mais elle est un facteur important, notamment pour le diabète non insulino-dépendant ou diabète type 2. Le diabète provient d'un mauvais fonctionnement du pancréas. Celui-ci, situé dans l'abdomen, fabrique de l'insuline. L'insuline est une hormone chargée d'éviter l'excès de sucre dans le sang. Cet excès, ou hyperglycémie, est dangereux pour la santé. Lorsque le pancréas fonctionne mal, la quantité de sucre dans le sang s'élève [1].

9.4-Les maladies carencielles

La consommation de sucre (presque exclusivement raffiné dans la nourriture que nous consommons) entraîne des carences en nutriments essentiels : vitamines, sels minéraux, fibres. L'organisme, carencé, se trouve plus vulnérable aux infections et aux maladies du type des angines, rhumes etc. Par ailleurs, le sucre crée une acidité importante dans l'estomac et les remontées acides irritent les parois de la gorge et de l'appareil digestif en général. Ces deux effets conjugués peuvent par exemple provoquer des angines à répétition [22].

9.5-Conseils pratiques pour y parvenir

Le maintien d'une bonne santé nécessite une consommation modérée du sucre et des produits sucrés [24].

- Opter généralement pour un fruit frais à la place d'un aliment au goût sucré tels qu'un soda, du chocolat, une pâtisserie, une confiserie, un dessert sucré, une crème glacée..., qui ont l'inconvénient d'apporter aussi bien du sucre que des graisses.
- Préférer le jus de fruits frais au lieu d'une quelconque boisson sucrée, source importante de calories vides (un verre de soda contient l'équivalent de 5 morceaux de sucre de 5 g) et ne calme ni la soif ni l'appétit.
- Les boissons light ou allégées sont à consommer occasionnellement, car si elles sont peu ou pas caloriques, elles ont l'inconvénient d'entretenir l'envie de consommer des produits sucrés.
- Utiliser les fruits frais ou cuits pour sucrer à la place du sucre de table.
- Faire attention au moment de sucrer les boissons (lait, thé, café, limonade...). pour bien doser le sucre et ne pas en mettre beaucoup.
- Éviter de mettre à table les boissons sucrées [10].

10-Critères de qualité de sucre

10.1-Critères de qualité du sucre dans l'Union européenne

L'Union européenne a adopté une méthodologie très précise pour évaluer la qualité d'un type de sucre. Les sucres types blancs sont des sucres dont la concentration en saccharose est supérieure à 99,5% et les sucres types bruts sont ceux dont la concentration en saccharose est inférieure à 99,5%. Concernant le sucre blanc, le règlement établissant l'organisation commune de marché du sucre définit des qualités types par un système d'attribution de points. Si le sucre totalise de un à huit points, sa qualité est "N°1", l'appellation sucre raffiné ou sucre blanc raffiné est aussi employée. Si le sucre totalise de neuf à vingt-deux points, sa qualité est "N°2", il est aussi appelé sucre ou sucre blanc. Si le sucre totalise plus de vingt-deux points il peut être classé comme sucre mi-blanc en fonction de ses autres caractéristiques (Tab.7) et (Tab.8) [9].

D'autres analyses complémentaires sont pratiquées pour pouvoir affiner la perception de la qualité du sucre blanc. Selon le type d'utilisation auquel les sucres sont destinés et les conditions imposées par l'acheteur des analyses telles que la granulométrie, la turbidité et le floc, le test de moussage ou la bactériologie sont appliquées [14].

La couleur est un des tests les plus couramment pratiqués pour déterminer la qualité non seulement du sucre blanc mais aussi du sucre liquide, du sucre liquide inverti et du sirop de sucre inverti. Dans chaque cas, la valeur en unités Icumsa permet d'ajouter ou non le qualificatif blanc au nom du produit. Par exemple en France, si la valeur de coloration en solution du sucre liquide ne dépasse pas 25 unités Icumsa, ce sucre pourra être appelé "blanc". Pour la norme Codex, la valeur maximale pour que le sucre cristallisé soit qualifié de "blanc" est de 60 unités Icumsa [12].

Tableau 7 : Caractéristiques du sucre blanc de qualité type dans l'Union européenne [8].

Critères	Qualité type sucre blanc ou N°2	Qualité type sucre blanc raffiné ou N°1	Méthodes d'évaluation
Aspect	Cristaux homogènes, sec, s'écoulant librement	Cristaux homogènes, sec, s'écoulant librement	La vue
Polarisation minimale	99,7°	99,7°	Polarimétrie
Humidité maximale	0.06%	0.06%	Rapport perte de poids après déshydratation sur poids total avant déshydratation
Teneur maximale en sucre inverti	0.04%	0.04%	Par titrage avec une solution d'iode
Somme maximale des points des trois critères suivant, dont chacun avec un maximum:	Somme ≤ 22	Somme ≤ 8	
- pour la teneur en cendres	Max = 15 (ou teneur en cendres max = 0.27%)	Max = 4 (ou teneur en cendres max = 0.072%)	Méthode Icumsa - Mesures conductimétriques pour un Brix de 28°. 0.018% de cendres = 1 point
- pour le type de couleur	Max = 9 (ou couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)	Max = 6 (ou couleur = 3 sur l'échelle de Brunswick)	Comparaison avec des étalons (méthode de Brunswick) 0.5 type de couleur = 1 point
- pour la coloration en solution	Max = 6 (ou 45 Icumsa)	Max = 3 (ou 22.5 Icumsa)	Méthode Icumsa 4 - Mesures spectrophotométriques en unités Icumsa sur une solution d'un Brix de 50° (plus la solution est foncée, plus la valeur Icumsa est élevée). 7.5 unités Icumsa = 1 point

Tableau 8 : Caractéristiques du sucre brut de qualité type dans l'Union européenne [8].

Le rendement du sucre brut doit être au minimum de 92%, calculé comme suit:	
Sucre brut issu de betterave	Rendement = degré de polarisation - 4 x teneur en cendres (en %) - 2 x teneur en sucre inverti (en %) - 1
Sucre brut issu de canne	Rendement = 2 x degré de polarisation - 100

10.2-Critères de qualité des produits sucrés aux États-Unis

Les normes aux États-Unis concernent le sirop extrait de la canne ou de la betterave mais pas le sucre lui-même. L'évaluation de la qualité et la classification du sucre en différents grades datent des années 50. Elle se fait par l'évaluation de quatre critères: le degré Brix, le pourcentage des sucres dans le Brix, le pourcentage des sulfates dans le Brix et la comparaison de la couleur avec un étalon (Tab. 9) [9].

Tableau 9 : Critères de qualité des produits sucrés aux États-Unis [9].

Critères	Grades et spécifications				
	Grade A ou "Fancy"	Grade B ou "Choice"	Grade C ou Extra Standard	Grade D ou "Standard"	Grade E ou "SubStandard"
Brix corrigé à 20°C	Pas moins de 72 °		Pas moins de 76 °		
Ratio du sucre total dans le Brix	Pas moins de 92%	Pas moins de 86%	Pas moins de 78%	Pas moins de 70%	Ne remplit pas les conditions précédentes
Ratio de débris sulfatés dans le Brix	Pas plus de 3%	Pas plus de 6%	Pas plus de 10%	Pas plus de 14%	
Couleur	Pas plus sombre que la couleur Standard RS 1	Pas plus sombre que la couleur Standard RS 2	Pas plus sombre que la couleur Standard RS 3	Pas de limite de couleur	

11-Survol de la recherche

De nos jours, la recherche liée à l'extraction et au raffinage du sucre de canne porte principalement sur les domaines du contrôle et de l'optimisation de procédés, de l'économie d'énergie, du développement de nouvelles techniques et des opérations unitaires telles que la clarification des jus, l'évaporation et la cristallisation. La modélisation du procédé d'extraction et du raffinage au complet en parties est très utilisée pour le développement de modèles pouvant être considérés dans la stratégie de contrôle et d'automatisation des usines modernes. Des travaux dont le but est de proposer des stratégies pour réduire la consommation d'énergie et les pertes lors du procédé sont réalisés pour des usines spécifiques. Ces travaux apportent des solutions claires et applicables à l'usine analysée, lui permettant ainsi améliorer sa productivité et sa rentabilité. Des recherches visant au développement ou à l'adaptation de techniques pour mesurer des propriétés de qualité ou des paramètres de procédé, en laboratoire ou en continu, sont aussi réalisées (Bakker, 1999).

Ces dernières années, la recherche a été très active dans le domaine de la clarification des jus en utilisant des membranes (Bakker, 1999).

Le design, le développement et la mise en fonctionnement de systèmes de filtration permettant l'enlèvement des solides en suspension des jus sont traités dans divers travaux. D'autres recherches sont réalisées dans le but d'évaluer la performance thermique des évaporateurs utilisés dans l'industrie sucrière, ainsi que d'établir des corrélations empiriques pour les coefficients de transfert de chaleur et de proposer des solutions au problème d'encrassement de ces équipements. Le phénomène de cristallisation est un sujet qui est au cœur de la recherche dans le secteur sucrier. Certaines études visent à mieux comprendre la cristallisation du sucre dans le but d'établir les bases pour l'optimisation et le développement des équipements utilisés dans cette opération. D'autres sujets sont aussi étudiés, par exemple la qualité de la canne à sucre par rapport aux conditions de raffinage, l'effet des caractéristiques de la matière première sur la qualité du produit final, l'adoption de méthodes de production plus environnementales, l'étude de la couleur, de son développement pendant le procédé et de la décoloration et les nouvelles méthodes pour concentrer le jus de canne (Arzate, 2005).

12-La démarche HACCP

HACCP= Hazard Analysis Critical Control Point.

Traduction nulle: Analyse du danger, points critiques pour le contrôle.

Signification : Analyse des dangers, Points de Maitrise Essentiels ou Points Essentiels pour la maitrise.

Le système HACCP est un système permettant de définir, d'évaluer et de maîtriser les dangers importants pour la sécurité sanitaire des aliments. Il s'agit d'une méthode structurée et systématique de maîtrise de la sécurité sanitaire dans tout le système des produits, du champ à la table. Il requiert une bonne connaissance des liens de causalité pour être plus efficace, et constitue un élément indispensable pour une maîtrise totale de la qualité. Il s'appuie sur les principes de systèmes de gestion de la qualité bien établis tels que les bonnes pratiques de fabrication (BPF), les bonnes pratiques d'hygiène (BPH), les bonnes pratiques agricoles (BPA) et les bonnes pratiques de stockage (BPS) [31].

12.1-Origine

Le système HACCP a été inventé par la Nasa pour éviter les Tiac des astronautes. Ne pouvant analyser tous les aliments (contrôle destructif), on mit en place un système de maitrise systématique de préparation des rations.

Aujourd'hui, les directives et règlements européens obligent les industriels à utiliser le système HACCP. On est passé d'une réglementation des moyens à mettre en œuvre et de contrôle des produits finis, à une réglementation par objectifs ; On est passé de l'ancienne à la nouvelle approche [31].

- **Ancienne approche** de l'hygiène alimentaire (1979) : contrôle (microbiologique) des produits finis et contrôle des matières premières, du personnel, du matériel. La réglementation fixait les moyens techniques à utiliser, vérifier par les services vétérinaires (ex : décongeler 24h dans un local réfrigéré à 4°C).

Trois inconvénients

- 1- si le paramètre contrôlé est mauvais, c'est trop tard (ex : s'il y a des *listérias* dans le pâté, que faire des produits des 5 jours écoulés pendant l'analyse microbiologique ?)
- 2- l'industriel est déresponsabilisé. Il doit juste passer l'inspection, en appliquant une réglementation imposée,

3- la législation est toujours en retard sur la technique (ex : décongeler aux micro-ondes n'était pas prévu)

- **Nouvelle approche** de l'hygiène alimentaire, formalisée dans le paquet hygiène (1/01/2006) : on fixe les objectifs généraux laissant à chaque industriel le choix des moyens techniques (ex : il peut décongeler aux micro-ondes). Chaque entreprise est responsable et doit mettre en place un système de contrôle du processus de production (HACCP). Ce système est ensuite inspecté, mais c'est plus difficile : le vétérinaire inspecteur doit juger le plan de l'industriel.

Les petites entreprises ne sont pas obligées d'appliquer formellement un plan HACCP, mais doivent identifier et réduire les risques, en s'appuyant sur le guide de bonnes pratiques d'hygiène de leur secteur [31].

12.2-Principes fondamentaux du système HACCP

Il existe sept activités discrètes nécessaires pour établir, mettre en œuvre et maintenir un plan HACCP, appelés "les sept principes" dans la Directive du Codex (1997) (FAO, 2003).

Principe 1- Procéder à une analyse des dangers

Recenser les dangers et évaluer les risques qui leur sont associés à chaque étape du système de produit. Décrire les mesures de contrôle éventuelles.

Principe 2- Déterminer les points critiques

Un point critique pour la maîtrise des risques est un stade auquel une surveillance peut être exercée et est essentielle pour prévenir ou éliminer un danger menaçant la salubrité de l'aliment ou le ramener à un niveau acceptable. La détermination du point critique peut être facilitée par l'application d'un arbre de décision.

Principe 3- Fixer les seuils critiques

Chaque mesure de contrôle associée à un point critique doit être assortie d'un seuil critique qui sépare les paramètres de contrôle acceptables de ceux qui ne le sont pas.

Principe 4- Mettre en place un système de surveillance

La surveillance est une mesure ou une observation programmée à un point critique pour évaluer si l'étape est maîtrisée, c'est-à-dire si les seuils critiques spécifiés au principe 3 sont respectés.

Principe 5- Établir la procédure à suivre pour les mesures correctives lorsque la surveillance à un point critique donné révèle un écart par rapport au seuil critique établi

Principe 6- Établir des procédures de vérification afin de confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement

De telles procédures comportent un contrôle du plan HACCP pour examiner les écarts et le sort des produits, et le prélèvement aléatoire d'échantillons à contrôler pour valider le plan dans son ensemble.

Principe 7- Constituer un dossier dans lequel figureront toutes les procédures et tous les relevés concernant ces principes et leur mise en application (FAO, 2003).

12.3-Création d'un plan HACCP

La création d'un plan HACCP requiert douze tâches conçues pour que les sept principes soient appliqués correctement.

Étape 01- Constituer une équipe HACCP

Pour bien comprendre le système de produit et pouvoir identifier tous les dangers vraisemblables et les points critiques pour leur maîtrise, il importe que l'équipe HACCP soit constituée de personnes de disciplines très diverses.

Étape 02- Décrire le produit

Une analyse des risques doit commencer par une description complète du produit, y compris des spécifications du produit final, établie à l'aide du formulaire donné.

Étape 03- Définir l'usage auquel est destiné le produit

La manière dont le produit doit être utilisé est un aspect dont il importe de tenir compte. Que le produit doive être consommé directement, être cuit ou subir une transformation ultérieure, tous ces renseignements présentent un intérêt pour l'analyse des risques.

Étape 04- Établir le schéma du produit

L'équipe doit tout d'abord établir un schéma détaillé du système du produit ou de la partie dont il est question. Les compétences du spécialiste du produit sont importantes à ce stade.

Étape 05- Vérifier sur place le schéma du produit

Une fois établi le schéma du produit, des membres de l'équipe doivent se rendre sur place pour comparer les renseignements indiqués dans le schéma du produit à la situation telle qu'elle se présente effectivement.

Étape 06- Identifier et analyser les dangers

L'identification effective des dangers et l'analyse des risques constituent les pivots du plan HACCP. Tous les dangers réels ou potentiels susceptibles de se présenter dans chaque ingrédient et à chaque étape du système du produit doivent être pris en considération (FAO, 2003).

Étape 07- Déterminer les points critiques

Chaque étape du schéma de produit relevant de l'étude HACCP doit être examinée tour à tour pour déterminer la pertinence du danger reconnu. Il importe aussi de ne pas perdre de vue le champ d'application de l'analyse des risques à ce stade. L'équipe doit déterminer si le danger peut survenir à l'étape considérée et, dans l'affirmative, s'il existe des mesures pour le juguler.

Étape 08- Fixer des seuils critiques pour chaque point critique

Les seuils critiques doivent être fixés et validés pour chaque point critique. Les critères fréquemment utilisés sont la température, la durée, la teneur en eau, le pH, l'humidité et des paramètres sensoriels tels que l'aspect visuel.

Étape 09- Mettre en place une procédure de surveillance

La surveillance est le mécanisme par lequel on vérifie que les seuils critiques sont respectés à chaque point critique. La méthode de surveillance choisie doit être sensible et donner un résultat rapidement afin que les opérateurs qualifiés soient en mesure de détecter toute perte de maîtrise à l'étape concernée. C'est une obligation impérative pour que des mesures correctives puissent être prises dès que possible de manière à éviter des pertes du produit ou à les réduire au minimum.

Étape 10- Mettre en place des mesures correctives

Si la surveillance révèle que les seuils critiques ne sont pas respectés, et montre ainsi que le procédé n'est plus maîtrisé, des mesures correctives doivent être prises immédiatement. Une mesure corrective doit tenir compte du pire cas de figure possible, mais aussi s'appuyer sur l'évaluation du risque et de la gravité du danger, et sur l'utilisation finale du produit.

Étape 11- Vérifier le plan HACCP

Lorsque le plan HACCP a été établi et que tous les points critiques ont été validés, il faut vérifier le plan dans sa totalité. Lorsque le plan HACCP fonctionne de manière régulière, il doit être vérifié et révisé à intervalles réguliers (FAO, 2003).

Étape 12- Tenir des documents de bord

La tenue de documents de bord fait partie intégrante du procédé HACCP. Elle montre que les procédures ont été suivies du début à la fin du procédé, ce qui constitue la traçabilité du produit. Les documents apportent la preuve que les seuils critiques fixés ont été respectés, et ils peuvent être utilisés pour rechercher l'origine d'un problème (FAO, 2003).

12.4-Déterminer les CCP

La détermination des CCP se fait suivant un arbre de décisions représenté dans la figure7.

13-Objectif du travail

Notre objectif est de :

- Déterminer les paramètres physicochimiques et microbiologiques de la matière première (sucre roux) et le produit fini (sucre blanc cristallisé).
- Application d'un plan HACCP au SO.RA. sucre.

Dans le cadre de la formation pratique nous avons effectué un stage de un mois (du 03/03/2010 au 03/04/2010) au sein de l'unité SO.RA. Sucre (société de raffinage du sucre) de Guelma.

1-Présentation de l'unité

1.1-Historique

La société de raffinage de sucre de Guelma est une unité industrielle couvrant une superficie de 16 Hectares. La signature du marché principal n'a lieu que le 23 Mai 1960 avec la société IMPEX comme constructeur principal, les recherches touchant la culture de la betterave sucrière ont commencé depuis l'année 1950 jusqu'à 1958, date à laquelle la société BEGWIN avait donné son accord pour l'implantation d'unité sucrière à Guelma, sous réserve, néanmoins de s'assurer 3000 Tonnes de betteraves sucrières. Avec l'amorce de la guerre de libération nationale, l'affaire demeurera en suspens.

En 1963, cette étude fut reprise et relancée, et le dossier transmis à la présidence, un exemplaire fut également déposé au ministère de l'agriculture et un second remis au secrétariat exécutif du FLN. Vers la fin de l'année 1967, une mission Française a été dépêchée par le secrétariat d'état au plan, elle fut aussi tôt rejointe par une mission Italienne en 1968, celle-ci étaient conjointement chargées de mener une enquête et procéder à une étude socio-économique, ainsi qu'à une analyse du sol ; afin de déterminer les possibilités de lancement de cette culture et l'implantation d'une unité sucrière à Guelma.

Suite aux conclusions de cette étude, le projet d'implantation d'une sucrerie raffinée à Guelma fut retenu par le secrétariat d'état au plan. Les sociétés qui ont participé à la construction de complexe sucrier et au montage sont :

- Grosse œuvre (génie civil et études SNATPB et LUCS)
- Engineering et électricité : SNERI
- Charpente métallique (une partie d'équipement et montage) : SN METAL

L'installation du chantier et le commencement des travaux furent entamés à la fin du mois de Juin 1970. Les premiers essais de la sucrerie ont débutés le 26 Juillet 1974, au cours de cette période 6000 Tonnes de betteraves ont été traitées.

Le démarrage des essais de raffinage du sucre roux a lieu le 9 Décembre 1974. Mais seulement l'usage des betteraves n'a pas duré longtemps, et depuis un certain temps la raffinerie n'utilise que le sucre roux.

En 1981 le traitement est suspendu dû à la faible production de betterave et au coût du transport. L'usine se contenant alors du raffinage du sucre roux commence en 1974.

De 1974 à 2006, l'usine a porté les noms de SOGEDIA puis d'ENA-Sucre (Entreprise Nationale du Sucre) avec près de 600 travailleurs.

A partir du 11 avril 2007 elle fut privatisée et devient la propriété des frères Bareche sous l'appellation de SO.RA. Sucre SPA Guelma (société de raffinage du sucre).

1.2-Situation géographique

La wilaya de Guelma occupe une position stratégique en sa qualité de carrefour dans la région Nord-est de l'Algérie (Fig.8) reliant le littoral des wilayas d'Annaba, El Taref, Skikda aux régions intérieures telles que les wilayas de Constantine, Oum el Bouaghui et Souk Ahras. Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouana, Dbegh, Houara) ce qui lui donne le nom de la ville assiette. Elle englobe 34 communes avec une population qui dépasse 500.000 habitants, climat humide et subhumide avec une pluviométrie d'environ 450.600 mm/an.

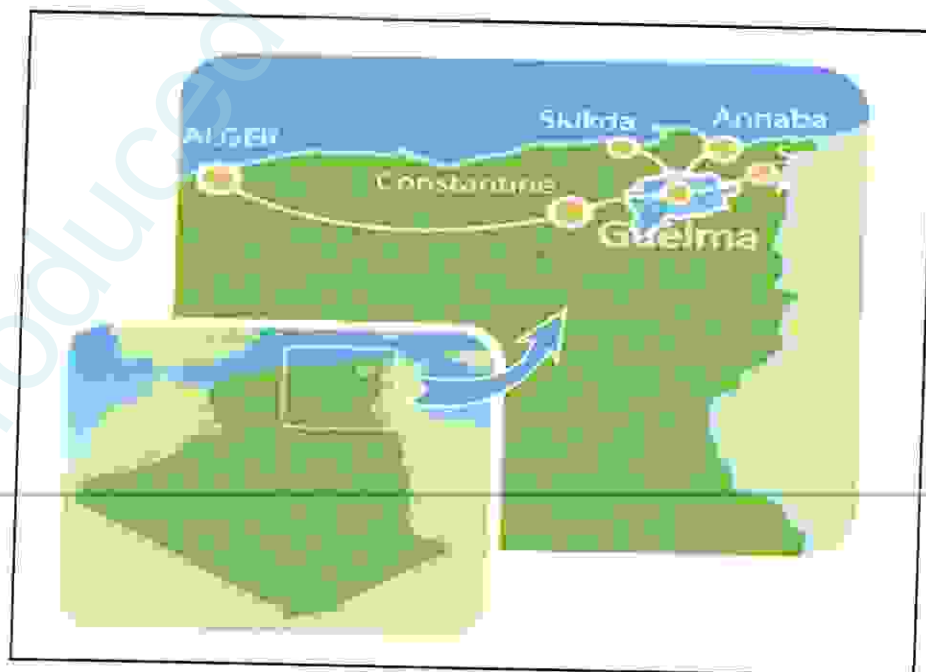


Figure 8 : Situation géographique de la wilaya de Guelma [32].

La société de raffinage du sucre (SO.RA. Sucre) est une unité implantée dans la zone industrielle au Nord-est de la ville de Guelma sur un terrain de 16 hectares entre la route nationale de Souk Ahras et la ligne de chemin de fer (Fig.9).

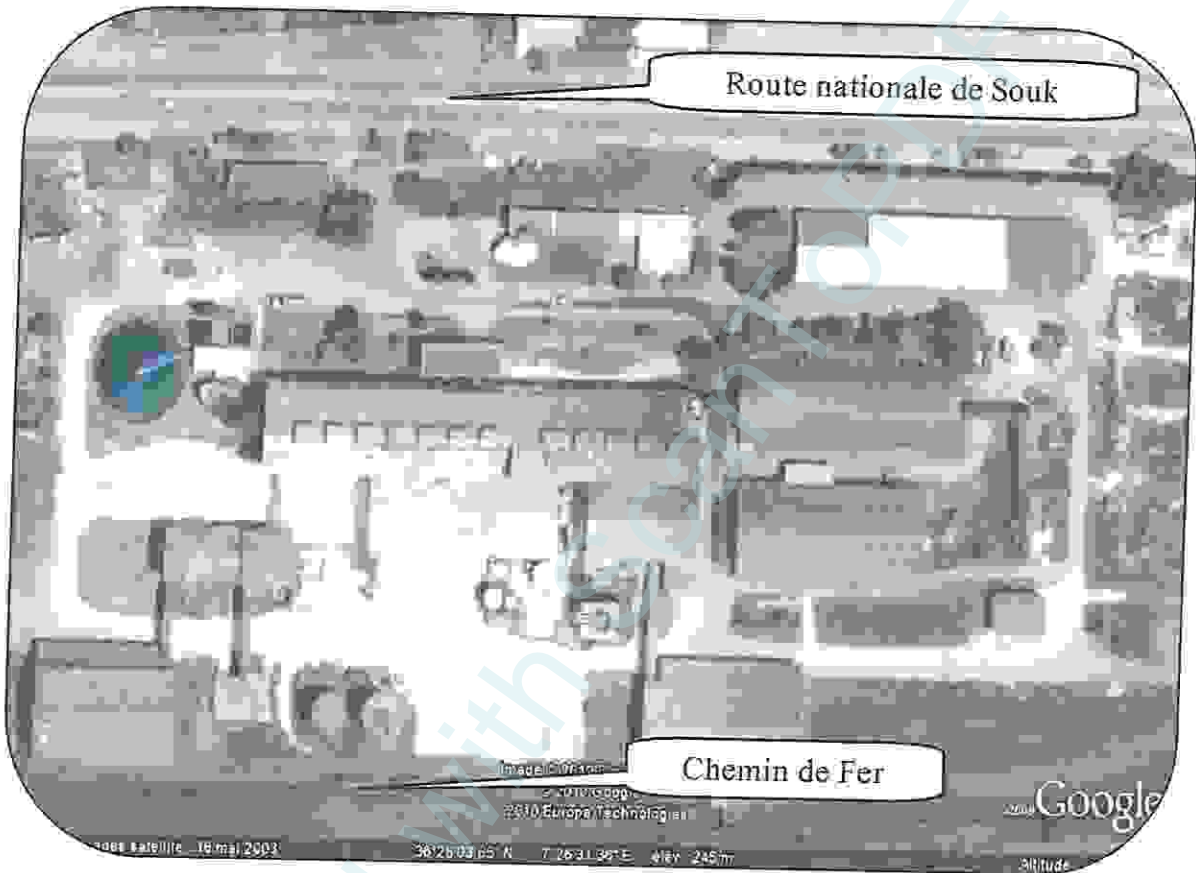


Figure 9 : L'unité de SO.RA sucre.

1.3-Organisation de l'unité

L'unité SO.RA. Sucre fonctionne 24h/24h et dispose d'un effectif de 302 travailleurs divisés en :

- Effectif cadre : 88 travailleurs dont 22 sont contractuels.
- Effectif maîtrise : 100 travailleurs dont 23 sont contractuels.
- Effectif exécution : 114 travailleurs dont 46 sont contractuels.

L'unité comporte 7 services dont les plus importants sont représentés dans la figure 10.

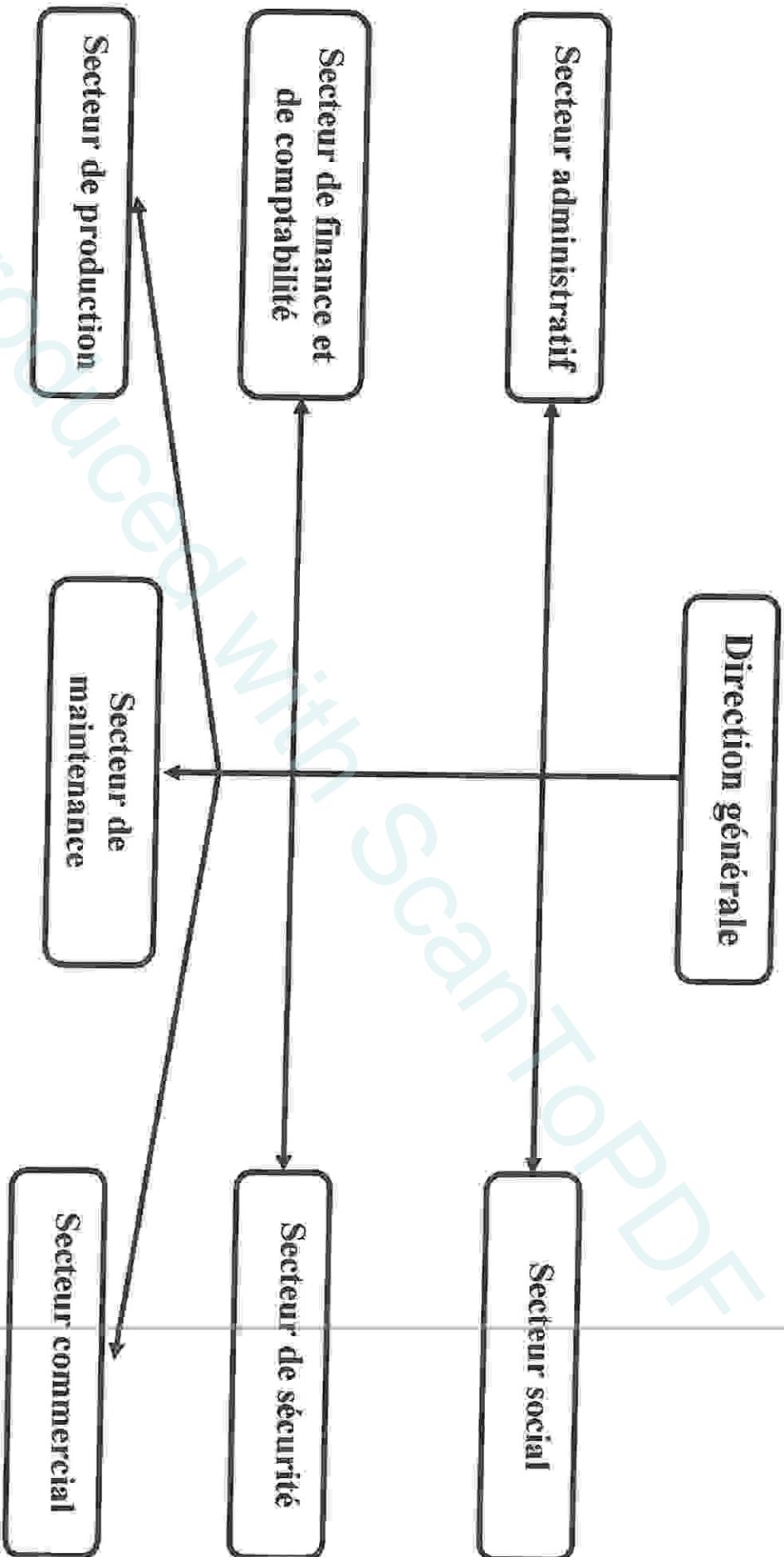


Figure 10: Organigramme générale de l'unité de SO.RA, Sucre SPA Guelma

a- Secteur de production

Le secteur de production a pour rôle de suivre les transformations du sucre, il comporte :

- *Le procédé d'épuration.
- *Le procédé de cristallisation.
- *Le séchage.

Ce secteur est en relation directe avec le laboratoire où il s'effectue le contrôle des paramètres à respecter dans la production du sucre (Fig.11).

b- Secteur de commerce

Il assure la gestion de stock et les ventes.

c- Secteur de maintenance

Il assure la vérification et l'entretien des appareils.

A coté des secteurs cités précédemment l'unité comporte aussi d'autres secteurs : service administratif, service de finance et de comptabilité, service sociale, et service de sécurité.

1.4-Les produits de l'unité

L'unité est capable de produire au maximum 150 Tonnes de sucre de canne par jour avec un rendement de 89% à 92%.

La gamme des produits de l'unité peut comprend :

- Le sucre cristallisé conditionné sacs de 50.
- Le sucre cristallisé conditionné en sachets de 1 Kg.
- L'unité produit aussi de la mélasse.

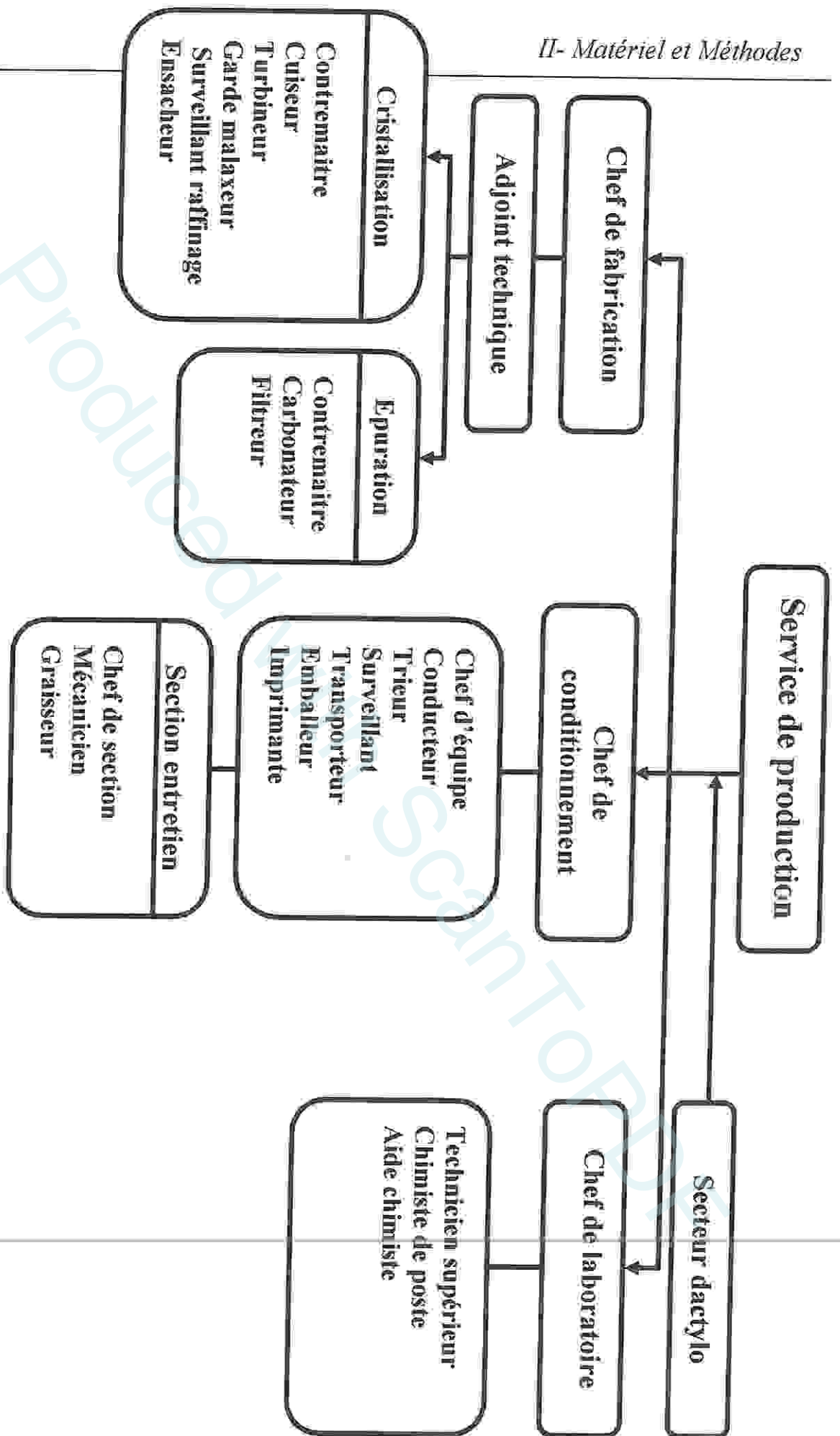


Figure 11 : Organigramme du service de production.

2- Le processus technologique de raffinage de sucre

Le raffinage est l'ensemble des procédés selon lesquels le sucre roux est transformé en sucre blanc cristallisé de très haute pureté. Ces procédés se regroupent en deux grandes parties : l'épuration et la cristallisation (Fig. 12).

2.1-Approvisionnement

Le sucre roux raffiné à SO.RA. Sucre est un sucre de canne importé du Brésil, Cuba, et Nicaragua vers le port d'ANNBA (à 59 Km de Guelma) où il stocké dans les silos, puis il est acheminé vers l'usine par des camions et stocké dans le silo de l'usine de capacité de 14000 tonnes.

2.2-Le déchargement

Le déchargement (réception de la matière première) se fait dans une trémie et à l'aide d'un tapis roulant le sucre est transporté vers le secteur d'épuration (Fig. 13).

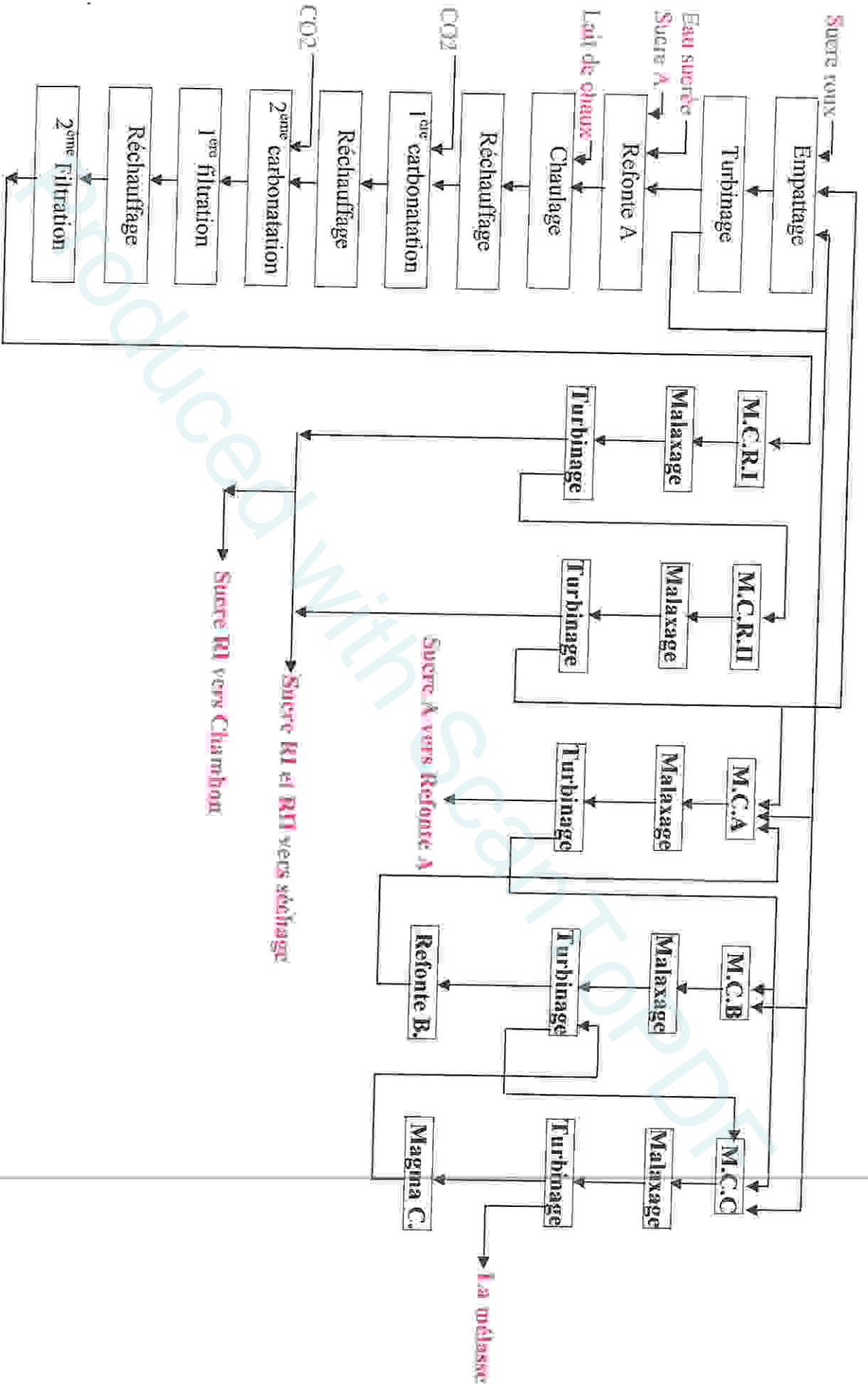


Figure 12 : Schéma technologique du raffinage de sucre

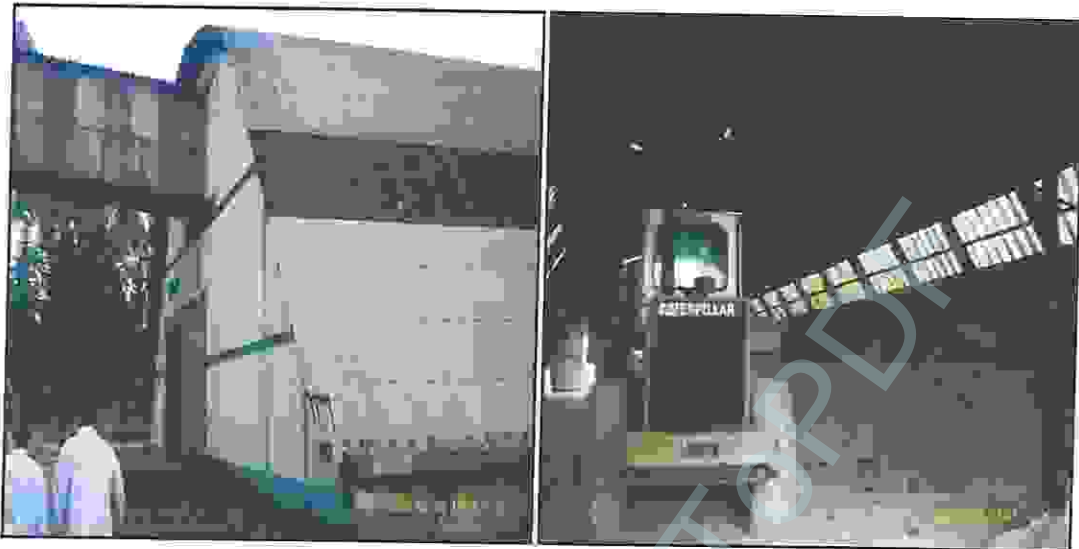


Figure 13 : La réception de la matière première.

2.3-L'épuration de sucre

C'est une opération nécessaire dans la fabrication de sucre. Elle regroupe l'ensemble des moyens permettant l'élimination des impuretés se trouvant sur et dans le sucre. Elle a un rôle important dans la qualité et le rendement du sucre.

On distingue 2 sortes d'épuration : physique et chimique.

2.3.1-L'épuration physique

C'est le lavage extérieur des cristaux et leur dissolution, elle se résume dans les étapes suivantes :

2.3.1.1-L'empattage

L'empattage est une opération qui permet la transformation du sucre roux d'un état plus ou moins solide à un état pâteux.

L'empattage se fait dans un malaxeur en forme de U avec une longueur de 8,5 m et une largeur de 1,5 m, il est muni d'un arbre au tour duquel il y a des hélices qui tournent, mélangent la pâte et évitent qu'elle devienne dure. On ajoute au sucre roux de l'eau et de l'égout (filtrat de la cristallisation du sucre), pour permettre de ramollir la pellicule d'impuretés enveloppant les cristaux de sucre. Chaque 1,5 minute une pesée de 380 Kg du sucre roux est introduite dans l'empâteur en raison de 15 litres d'eau pour 1 tonne de sucre roux. On chauffe le tout à 50 -55°C, on maintient aussi un pH basique (7,4 à 7,6) (Fig. 14).



Figure 14 : L'empâteur.

2.3.1.2-Le turbinage

Le but du turbinage est d'éliminer les impuretés externes comme l'argile et d'autres saletés. La pâte sortant de l'empâteur est injectée par des pompes à refoulement vers les turbines d'affinage qui tourne avec une vitesse de 40 à 200 tour/minute, puis après le remplissage il y aura une accélération à 1400 tour/minute. Cette grande vitesse de rotation sert à créer une force qui a pour rôle de séparer les solides (sucre affiné) de l'égout portant avec lui les impuretés, cette opération est basée sur le principe de la force centrifuge.

La capacité d'une turbine d'affinage est de 450 kg de masse cuite. Le sucre affiné obtenu ne contient presque plus d'impuretés superficielles aux cristaux, l'égout riche d'affinage va vers l'empattage, et l'égout pauvre va vers la cristallisation pour en extraire le maximum du saccharose (Fig. 15).

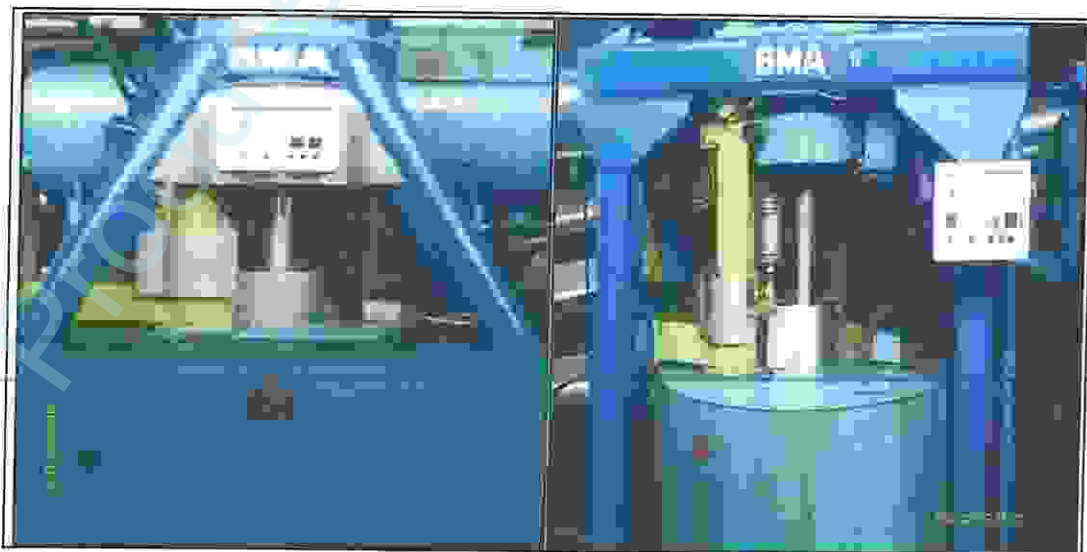


Figure 15 : Les turbines.

2.3.1.3-La refonte A

La masse cuite d'empattage sort de la turbine d'empattage est déversée dans le fondoir. Le fondoir est en forme de U muni d'un agitateur avec une capacité de 20 m³ une longueur de 6,5 m et une largeur de 1,9 m. Pour assurer un lavage de la couche superficielle (diminution des impuretés) le sucre affiné sera transformé en sirop sous une température de 80 à 85°C. Cette opération est nécessaire pour libérer les impuretés glissées entre les cristaux. Le sirop impur est dirigé vers une deuxième épuration plus spéciale et déterminante, c'est l'épuration chimique. Il est dirigé à l'aide d'une pompe vers le chaulage (Fig. 16).



Figure 16 : La refonte A.

2.3.2-L'épuration chimique

Le but de cette opération est l'amélioration de la qualité du sucre (le rendre blanc et cristallisé), elle passe par les étapes suivantes :

2.3.2.1-Le chaulage

Le chaulage est un bac cylindrique de capacité 200 hectolitres avec un diamètre de 3 m muni d'un hélico mélangeur.

Le chaulage est une opération chimique consiste à précipiter et à coaguler les non-sucres, le chaulage se fait par injection du lait de chaux obtenu par addition de 5 à 7gr de chaux (CaO) par 1 litre d'eau. Le sirop est déversé dans le chaulage et mélangé avec le lait de chaux sous une température de 75 à 80°C pendant 5 min ce qui permet d'obtenir un précipité.

2.3.2.2-La carbonatation

La carbonatation a pour but de neutraliser le lait de chaux contenu dans le sirop (Fig. 17).



Figure 17 : Chaudière carbonatée.

A)- Première carbonatation

Son rôle est de précipiter les carbonates de calcium lorsque la chaux réagit avec le gaz carbonique, le précipité obtenu emprisonné avec les impuretés, il se fait à une température de 68 à 70°C et dans un milieu alcalin (pH = 10,8 - 11).

La neutralisation du lait chaux n'est pas complète, il devrait rester dans le sirop une quantité de chaux. Après réchauffage du sirop de 60°C à 80°C il y aura la deuxième carbonatation.

B)- Deuxième carbonatation

Le but de la deuxième carbonatation est d'éliminer les carbonates de chaux qui pouvait se trouver en sursaturation. Pour procéder à cette deuxième carbonatation on continue la neutralisation du lait de chaux à l'aide du gaz carbonique jusqu'à un moment où les carbonates de chaux formés vont commencer à se dissoudre sous forme de bicarbonate de chaux. Le pH sera diminué à 8,2.

2.3.2.3-La filtration

Le rôle de la filtration est l'élimination du précipité formé pendant la première et la deuxième carbonatation. Dans le procédé de filtration il faut ajouter une matière filtrante qui est préparée à partir de celluloses, de l'eau chaude et du kieselguhr (Fig. 18).



Figure 18 : La bache pré-couche.

Ce mélange repartie sur les disques des filtres d'une manière uniforme et homogène grâce à la pression appliquée à l'intérieur des filtres (pression appliquée = 1 à 3 bars) (Fig. 19).



Figure 19 : Les filtres.

A)- Première filtration

Cette opération a pour objet de séparer le sirop clair (phase liquide) de la boue sucrée emprisonnant les impuretés et les sels de chaux (phase solide). Le sirop filtré doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Pourcentage de la matière sèche 63 à 64 %
- Coloration 6° St
- Pureté 99 %
- pH= 8,5 à 9

B)- Deuxième filtration

Elle consiste à séparer le sirop et les sels de chaux, qui sont formés lors de la deuxième carbonatation, aussi de séparer les impuretés très fines.

La filtration du sirop dépend des facteurs suivants :

- Viscosité du sirop.
- La concentration du saccharose.
- Trace du sucre carbonate de calcium.
- La température 80°C facilite la circulation du sirop.
- Une bonne filtration c'est-à-dire élimination de la plus grande partie des impuretés facilite la cristallisation et obtenir un bon rendement.

2.4-La Cristallisation

Le sirop provenant de l'évaporation est amené à l'état de sursaturation dans une chaudière à cuire sous vide, à ce moment apparaissent au sein du sirop dense les premiers cristaux du sucre. La cristallisation se développe au sein des cuites et se poursuit ensuite dans les malaxeurs (cuves agitées lentement) dans lesquelles, les cristaux enrobés de sirop coloré par les impuretés refroidissent. Le sucre cristallisé blanc est séparé du sirop impur dans desessoreuses tournant à 1500 t/mn.

Lavé par un jet de vapeur, le saccharose est recueilli au fond de la turbine, séché par l'air chaud dans des séchoirs rotatifs, refroidi et dirigé vers l'aire de stockage ou vers le conditionnement.

2.4.1-La masse cuite

Le terme « cuite » est utilisé en raffinerie pour désigner la sursaturation d'un sirop. La cuite a une concentration bien déterminée, elle permet d'enlever la plus grande partie de l'eau. Alors pour avoir une masse cuite, il faut concentrer le sirop sortant de la deuxième filtration par évaporation. Le brix de ce sirop sera élevé à 70 - 75 % et la solution sucrée sous-saturée devient saturée puis sursaturée, donc le sirop (liquide) se transforme à un état semi-solide appelé: masse cuite (Fig. 20).

Pendant la préparation de masse cuite, trois paramètres doivent être fixés :

- La température égale à 70°C.
- La pression égale à 540 mm Hg.
- La pression de la vapeur égale à 1,5 bars.



Figure 20 : La cuite.

La préparation des masses cuites s'effectue selon les étapes suivantes :

➤ Pied de cuite

Avant d'alimenter la cuite en sirop on ouvre d'abord le petit vide ensuite on alimente en sirop jusqu'à 150hectolitre c'est le pied de cuite, mais avant d'atteindre les 150hectolitres on ouvre le grand vide. Il est important de noter que lors de l'alimentation, le sirop a un brix qui varie entre 59 et 60% et que dans l'appareil à cuire il y a 440 tubes (faisceaux tubulaires).

Une fois le pied de cuite est fait, la chaudière envoie de la vapeur d'eau surchauffée à 140°C et passe dans les faisceaux de la cuite et cède sa chaleur au sirop qui va bouillir jusqu'à sa sursaturation et la formation des germes (petits grains) observés par le cuiseur à travers la glace de la cuite.

Le rôle du vide est :

- Accélérer la formation des germes, des grains et des cristaux.
- Diminuer la température de la vapeur pour éviter la caramélisation du sirop.

➤ Le grainage

Lorsque le cuiseur aperçoit des petits grains à travers la glace, à ce moment il doit commencer à grainer.

Le grainage se fait par addition d'une quantité de sucre cristallisé qui a pour but la formation d'autres cristaux, il faut que ce sucre soit pur et sous forme de petits cristaux (grainage par ensemencement). La durée de grainage doit être aussi courte que possible pour obtenir des cristaux réguliers. En effet si la durée est longue, les premiers grains formés seraient plus gros que les derniers.

Les germes (premiers cristaux) sont visibles et la quantité de cristaux formés est suffisante, une admission de sirop est faite pour rompre la sursaturation de l'eau mère et arrêter le grainage, on doit s'efforcer de maintenir constants le vide et la pression de vapeur pour éviter la formation des faux grains. On alimente la cuite avec le sirop d'une manière progressive jusqu'à environ 300 Hectolitres.

➤ Le serrage

Dans cette opération, on diminue le vide et on augmente la température jusqu'à 90 - 93°C, le serrage a donc pour but d'améliorer encore le rendement en cristaux de la masse cuite par évaporation d'une autre quantité d'eau car en effet plus il reste de l'eau, plus il reste le sucre dissout. Lorsqu'on arrive à la fin du serrage, la masse est envoyée dans les malaxeurs. Le mélange de cristaux et de sirop est appelé (eau mère).

2.4.2-Le malaxage

A la sortie de l'appareil à cuire, la masse cuite contient des cristaux et une eau mère sursaturée, un refroidissement bien conduit peut augmenter considérablement le rendement en sucre (augmente le poids des cristaux), les cristaux en refroidissant achèvent de grossir. Le malaxeur est un appareil muni d'un système d'agitation et de chauffage.

2.4.3-L'essorage (turbinage)

La masse cuite sortant du malaxeur est envoyée dans les turbines qui tournent avec une vitesse de 1000- 1500 tours / minute.

➤ Le turbinage RI

La masse RI est conduite vers deux turbines qui assurent le même travail pour la séparation du sucre RI de l'égout RI, le sucre RI est envoyé vers deux bacs de stockage.

➤ La masse cuite RII

L'égout RI subit les mêmes opérations que celles de la masse cuite pour donner la masse cuite RII.

➤ Le turbinage RII

La masse cuite RII est conduite vers les turbines RII qui subit une séparation du sucre RII de l'égout RII. Le sucre RII se mélange avec une quantité du sucre RI vers le séchage pour donner sucre cristallisé. L'égout RII est envoyé vers la masse cuite A et vers l'empattage.

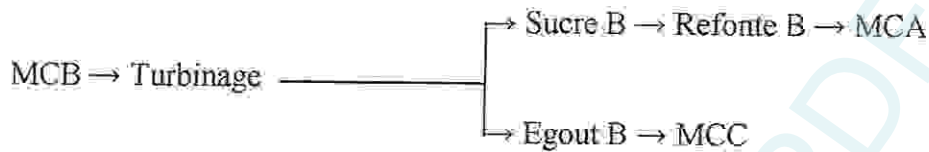
➤ La masse cuite A (MCA)

Elle reçoit de l'égout RII, l'égout d'affinage et la refonte B, la MCA est envoyée vers les turbines pour la séparation du sucre et son égout.



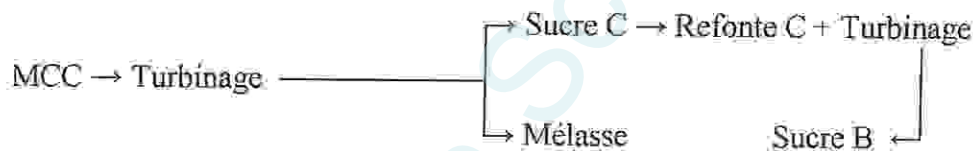
➤ **La masse cuite B (MCB)**

Elle reçoit de l'égout A et l'égout d'affinage, elle subit les mêmes opérations que la masse cuite A pour donner le sucre B et l'égout B.



➤ **La masse cuite C (MCC)**

L'égout B se refonde par des pompes vers les cuites C et en répétant les opérations identiques à celles de la MC RI, RII, A, B on obtient le sucre C et l'égout C.



2.5-Le séchage

A la sortie des turbines, le sucre se présente blanc, chaud, l'humidité est de 1 à 2 % les grains se prendraient en masse, la couche d'eau superficielle forme un sirop favorable au développement des bactéries et à la dissolution des cristaux.

Le séchage est réalisé successivement dans des sècheurs rotatifs et à plateaux, l'agent de séchage est l'air sec et froid, après cette opération on amène l'humidité du sucre jusqu'à 0.06% (< 1%) (Fig. 21).

2.6-L'ensachage

A la sortie de sècheur le sucre est classé par tamis vibrants et il est dirigé vers l'atelier d'ensachage automatique. L'emballage est effectué par des machines automatiques perfectionnées qui assurent à la fois la fabrication des sacs, leur remplissage, leur pesage et leur fermeture (Fig. 22).



Figure 21 : Le secheur.

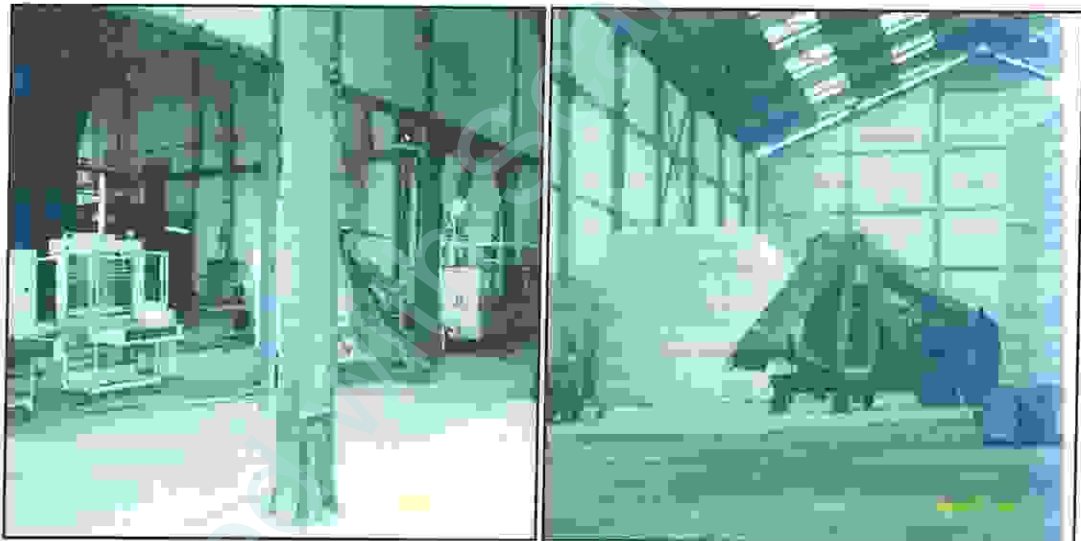


Figure 22 : L'ensachage.

3-Le traitement de l'eau

De sa formule moléculaire chimique H_2O , l'eau est un élément essentiel dans tous les domaines de la vie.

3.1-Les différentes impuretés rencontrées dans l'eau

Selon sa provenance souterraine, (puits, forage) ou de surface (rivière, lac, source...), elle est plus ou moins chargée de corps étrangers pouvant être issus de :

- L'érosion: matières en suspension.
- Dissolution des sols : sels dissous.

- Pollution: Résidus industriels et ménagers.
- Des gaz.
- Des organismes vivants.

Tous ces éléments vont constituer ses impuretés que nous reprendrons dans le tableau 11.

Tableau 10: Les différentes impuretés rencontrées dans l'eau.

Etat des éléments	Nature des éléments
En suspension	Sables, Argiles, Boues diverses, Débris divers insolubles, Roches en débris, Matières organiques, minérales, végétales.
En émulsion	Matières organiques colloïdales, Hydrocarbures, Argiles colloïdales, Produits de synthèse organiques solubles.
Matières solubilisées	Déchets végétaux, Matières azotées.
Sels minéraux	HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ .
Gaz dissous	O_2 , N_2 , CO_2 , NH_3 , SO_2 .
Organismes vivants	Algues, Bactéries.

3.2-Les étapes de traitement de l'eau à SO.RA. Sucre

L'unité de SO.RA. Sucre est alimentée par deux forages situés à 04 et 07 kilomètres de l'usine, respectivement à Belkheir et Boumalha. L'eau se conduit par des canalisations et stockée dans deux bacs avant d'arriver à la station de traitement. Celle-ci se compose de :

- Un circulator (de 6,55 m de hauteur et 3,2 m de diamètre) pour la décantation.
- Deux filtres à sable en acier (de 2,9 m de hauteur sur 2,3 m de diamètre).
- Deux filtres à résine (ou adoucisseurs) de 2,5m de hauteur sur 1,2 m de diamètre.

3.2.1-La décantation

L'eau brute arrive dans le circulator avec un débit de $35\text{m}^3/\text{h}$. Ce circulator est équipé de dispositifs de réglage de boues, d'une goulotte de sortie d'eau décantée et d'une commande de vidange automatique des boues...

Deux phénomènes importants se déroulent à ce niveau :

3.2.1.1-La décarbonatation

Elle se fait grâce à l'injection dans le circulator de lait de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et de chlorure ferrique (FeCl_3). Ces réactifs sont préparés dans des bacs équipés de vannes d'arrivée d'eau de dilution et de vidange, et des électropompes doseuses.

La chaux assure l'élimination des impuretés telles que les ions de calcium Ca^{2+} et de Magnésium Mg^{2+} . La chaux diminue donc la dureté de l'eau. Les carbonates et les magnésiums sont presque entièrement précipités dû à leur faible solubilité. Le chlorure ferrique a un effet anticorrosif par élimination des carbonates et des ions calciums.

3.2.1.2-Le désiliciage

Elle s'effectue suite à l'injection d'aluminate de soude ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{Na}_2$) dans le circulator. Son but est l'élimination de la silice en combinaison avec l'emploi de la chaux et du chlorure ferrique. Il se forme un précipité complexe carbonate de calcium et de silico-aluminate de fer mêlé à l'hydroxyde ferrique. La décantation permet de recueillir les boues dans un puisard en communication avec l'égout.

3.2.2-La filtration à sable

Après sortie du circulator, l'eau décantée passe à travers deux filtres à sable et gravier granulé (qui fonctionne de façon alternative). Les impuretés sont retenues sur le lit de sable, tandis que l'eau décarbonatée est pompée dans des filtres à résine.

3.2.3-La filtration à résine (adoucissement)

Ce poste est constitué de deux adoucisseurs à fonctions alternatives. On y utilise une résine cationique que l'on régénère avec du chlorure de sodium (Na Cl). Ainsi, tous les sels de l'eau traitée sont transformés en sels de sodium. Il y a également un échange anionique entre l'ion Cl de la résine et les ions tels que SO_4 et Cl contenus dans l'eau.

3.2.4-Le stockage

L'eau traitée après sortie de l'adoucisseur est stockée dans une bache (bache de stockage) d'une capacité de 450Hl. Elle servira ensuite à l'alimentation de la chaudière par l'intermédiaire de la bache alimentaire (400m^3), dans laquelle on injecte du phosphate trisodique pour augmenter le pH, et du sulfite pour éliminer l'oxygène dissout dans l'eau.

La chaudière fonctionne sous une pression de 38 Bars et une température de 400°C, elle a pour rôle :

- De produire à cette température de la vapeur dont une partie servira à alimenter la ligne de production, et l'autre à la production d'énergie électrique à partir du groupe turboalternateur.
- Produire grâce à la combustion du fuel et du gaz naturel du CO₂ pour la carbonatation.

Les étapes du traitement des eaux au niveau de l'unité SO.RA. Sucre sont représentés dans la figure 23.

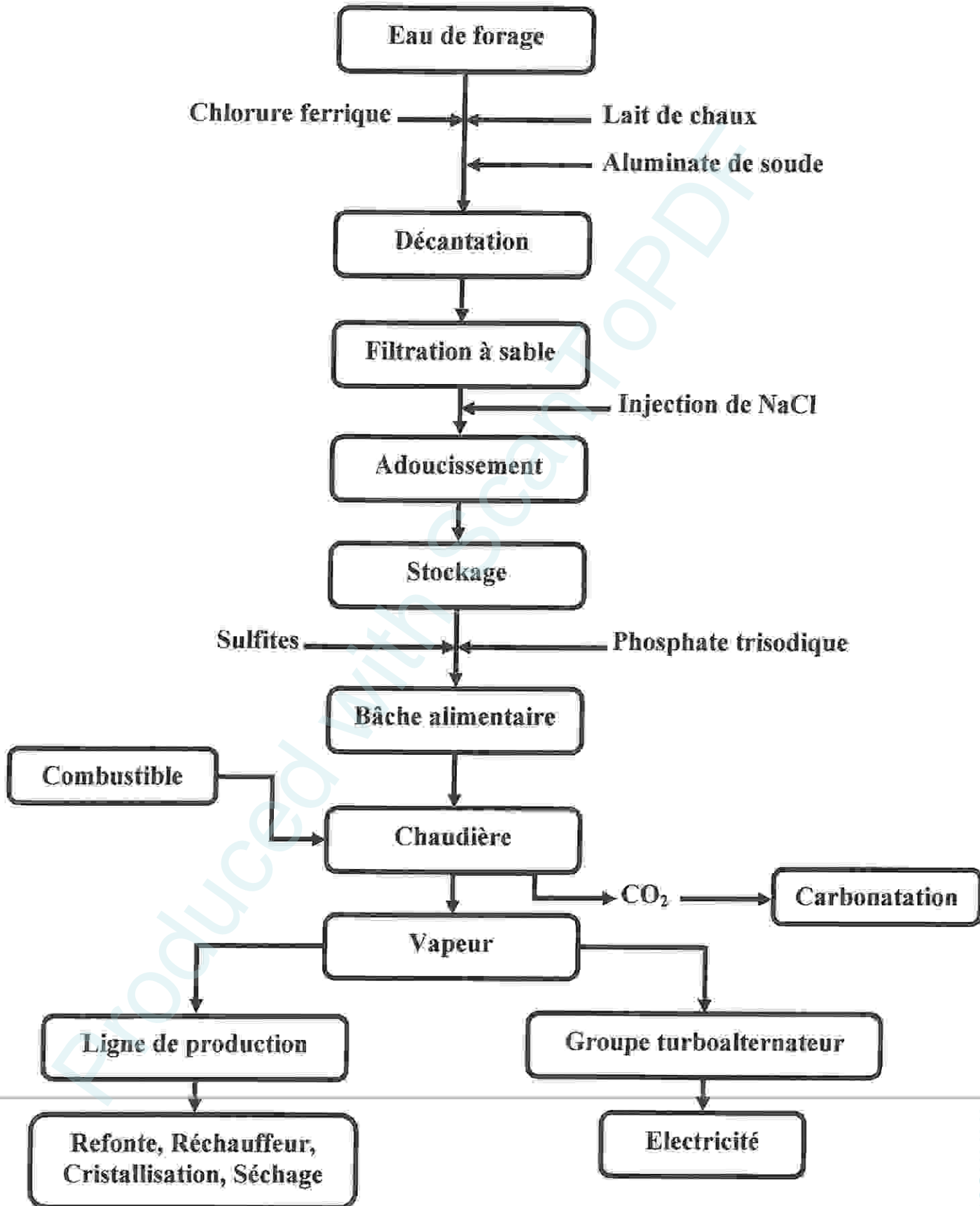


Figure 23 : Schéma général du traitement de l'eau à SO.RA. Sucre.

4-Analyses et contrôle

La quantité et la qualité du sucre obtenue sont liées directement aux procédés d'épuration et de cristallisation, ainsi que la nature du produit de départ. Pour avoir un sucre blanc de haute qualité il faut que ces procédés soient faits convenablement. Le contrôle chimique et microbiologique du sucre est un ensemble d'analyses qui ont pour objectif :

- Le contrôle de la qualité de la matière première.
- L'établissement du bilan technique de la raffinerie, c'est-à-dire la détermination de la qualité du produit fini.
- Le contrôle des autres produits tels que le CO₂, l'eau...

4.1-Les matières à analyser

Les matières de base et les matières issues des différentes étapes de la production et qui nécessitent le suivi par le laboratoire sont :

- Les sucres (roux, affiné, A, B, RI, RII).
- Le produit fini (sucre blanc cristallisé RI+RII).
- Les masses cuites (RI, RII, A, B).
- Le lait de chaux.
- Les carbonatations.
- Les sirops (1^{ère} et 2^{ème} filtration, la refonte A, B, 2^{ème} et 5^{ème} corps, sirop chaulé).
- Les égouts (A, B, la mélasse, RI, RII, l'égout d'affinage).
- L'eau (bâche alimentaire, bâche de stockage, les chaudières, les eaux de rejets).

4.2-Les paramètres à contrôler

Les différents paramètres à déterminer sont :

- Le Brix (Bx).
- La polarisation (POL).
- La pureté (Q).
- La coloration (COL).
- Le pH.
- L'humidité.
- La granulométrie.
- Les traces des sucres (TS).
- Le titre hydrométrique (TH).

- Le titre alcalimétrique simple (TA).
- Le titre alcalimétrique complet (TAC).
- Les chlorures (Cl).
- Le CO₂.
- Le chaulage.
- Le dénombrement des levures, moisissures et la flore mésophiles aérobies totale uniquement pour le produit fini (sucre cristallisé).

4.3-Méthodes d'analyses et appareillage utilisé

Les analyses physicochimiques ont été effectués au niveau du laboratoire de chimie de SO.RA sucre tandis que le dénombrement microbiologique a été effectué au niveau du laboratoire de microbiologie du département de biologie (université du 08 mai 1945 Guelma).

4.3.1-Définitions des paramètres

a- Le Brix

- C'est le pourcentage de la matière sèche (sucre et non sucre) dans l'échantillon à analyser.
- Le Brix est déterminé pas le réfractomètre qui mesure la réfraction de la lumière traversant l'échantillon à analyser (Fig. 24).



Figure 24 : Réfractomètre.

b- La polarisation

- C'est le pourcentage de matières organiques (saccharose) existant dans l'échantillon.
- La mesure se fait par le polarimètre. Elle est basée sur la déviation du plan de la lumière polarisée qui traverse le saccharose (Fig. 25).



Figure 25 : Polarimètre.

c- La pureté

- C'est le pourcentage de saccharose dans la matière sèche.

d- La coloration

- La valeur de la coloration est proportionnelle à la quantité des impuretés contenues dans le sirop.

- Elle est déterminée en utilisant un transmetteur pour les sirops et les sucres (roux, A, B, affiné) (Fig. 26).



Figure 26 : Transmetteur.

-Dans le cas des sucres (RI, RII, RI+RII) on utilise le spectrophotomètre (Fig. 27).



Figure 27 : Spectrophotomètre.

e- Le potentiel d'hydrogène (pH)

- Il permet de déterminer l'alcalinité ou l'acidité d'une solution à analyser, il est compris entre 0 et 14 et il est mesuré à l'aide d'un pH mètre (Fig. 28).



Figure 28 : pH mètre.

f- L'humidité

- C'est le pourcentage d'eau contenu dans 100 % d'échantillon.

g- La granulométrie

- La granulométrie est un phénomène d'analyse du sucre blanc pour savoir la quantité du sucre la plus favorisée, elle se fait avec un appareil du granulage appelé « le tamiseur » (Fig. 29).

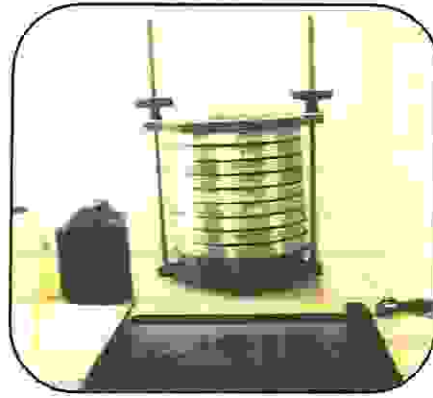


Figure 29 : Tamiseur.

h- Le CO₂

Le contrôle du gaz carbonique provenant des chaudières est effectué à l'aide de l'appareil d'Orsat (Fig. 30), cela nous permet de vérifier la richesse en CO₂ du gaz destiné vers les cuites.

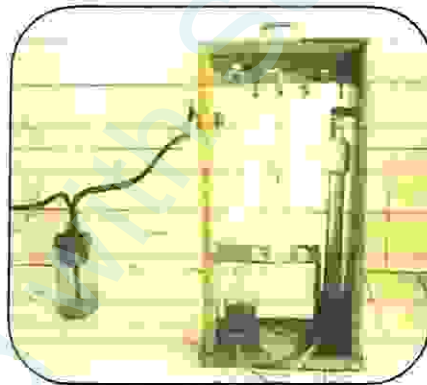


Figure 30 : Appareil d'Orsat.

i- Traces du sucre (TS)

- Les traces du sucre (TS) "On vérifie les traces de sucre dans l'eau de la bâche alimentaire.

j- Le titre hydrométrique (TH)

- Le titre hydrométrique (TH) " la teneur de sel de calcium et de magnésium ".

k- Le titre alcalimétrique simple (TA) et alcalimétrique complet (TAC)

- Les valeurs TA et TAC permettent de connaître les doses d'hydroxyde et de bicarbonate des alcalins contenus dans l'eau.

l- Les chlorures

Cette analyse se fait dans le contrôle des eaux, on détermine la concentration des ions de chlorures libres dans l'eau.

m- Le chaulage

C'est la concentration de chaux dans les sirops avant carbonatation.

4.3.2-Modes opératoires

4.3.2.1-Le Brix

- On met une goutte de l'échantillon à analyser sur la plaque de verre du réfractomètre après l'avoir nettoyée.
- On règle l'intersection au milieu de telle sorte que la partie éclairée soit égale à la partie obscure. La lecture directe indique la valeur du brix en pourcentage.

4.3.2.2-La polarisation

- On pèse 26 g d'un échantillon dans un ballon de 200 ml.
- On ajoute une quantité d'eau distillée, puis une quantité d'acétate de plomb pour extraire les impuretés par précipitation.
- On agite à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'à la dissolution complète des cristaux.
- On continue à remplir le ballon par l'eau distillée jusqu'au trait jauge (200 ml) en éliminant la mousse par deux ou trois gouttes d'éther.
- On agite un peu et on filtre la solution obtenue par le papier filtre, si le filtrat obtenu est peu coloré on ajoute quelques gouttes de l'acide acétique (CH_3COOH) pour le rendre clair.
- On fait remplir le tube de polarisation avec le filtrat et on lit la valeur de la polarisation sur le polarimètre.
- Pour le tube de polarisation de 200 ml :

$$\text{POL} = \text{lecture sur le polarimètre} \times 2$$

- Pour le tube de polarisation de 100 ml :

$$\text{POL} = \text{lecture sur le polarimètre} \times 4$$

4.3.2.3-La pureté

- la pureté est calculée d'après la formule suivante :

$$Q = \frac{\text{POL} \times 100}{\text{BX}}$$

Q : pureté

POL : la polarisation

BX : le Brix

4.3.2.4-La Coloration

- On prélève une petite quantité d'échantillon à analyser dans un tube en verre spécial.
- Si l'échantillon est solide (sucre) ou liquide foncé (refonte A), il faut diluer avec une quantité égale d'eau distillé.
- On étalonne le colorimètre avec l'eau distillée, ensuite on place le tube dans l'appareil et la lecture se fait sur l'appareil.
- Cette valeur est reportée sur un tableau qui donnera la valeur correspondante E (Annexe 01).
- la coloration est calculée d'après la formule suivante :

$$\text{COL} = \frac{\text{valeur du tableau correspondante (E)}}{\text{Brix} \times d} \times 1000$$

d : valeur tabulé équivalente au brix.

4.3.2.5-Le potentiel d'hydrogène

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre, muni d'une électrode en verre qui sera introduite dans l'échantillon qui est la solution à analyser. La valeur du pH est lue après stabilité des chiffres.

4.3.2.6-L'humidité

C'est l'une des analyses spéciales des sucres. On prélève 10g (P1) de l'échantillon à analyser et on le met dans l'étuve pendant 2 à 3h. On pèse notre échantillon une deuxième fois (P2).

L'humidité du sucre analysé est calculée selon la formule suivante :

$$\text{L'humidité (H)} = (P1-P2) \times 10$$

4.3.2.7-La granulométrie

- On pèse 200 g de sucre cristallisé et on les sèche à l'étuve à 105°C pendant 2h. On les met dans l'appareil de la granulométrie qui est équipé de huit tamis de différent diamètres (0,00 – 1,42 mm).
- On règle la minuterie à 10 mn.
- Ramener doucement le détecteur d'amplitudes de 0,0 à 40. Après on pèse le contenu de chaque tamis et la meilleure quantité que contient le tamis 0,4 mm.

4.3.2.8-Analyse du gaz carbonique (CO₂)

Le but de contrôle est connaître la teneur de CO₂ contenu dans le gaz arrivant de la chaudière, ce contrôle est réalisé par l'utilisation de l'appareil d'Orsat.

4.3.2.9-Traces du sucre

- On prend une quantité d'eau à analyser dans le tube à essai.
- On ajoute trois gouttes d'alpha naphthol.
- On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique.
- La coloration jaune indique l'absence de sucre "TS néant".
- la coloration violette indique que l'eau contient du sucre "TS > 0".

4.3.2.10-Le titre hydrométrique (TH)

- On met 50 ml d'eau à analyser dans une fiole.
- On ajoute deux à trois gouttes de NH₄OH et trois gouttes de noir d'ériochrome.
- S'il y a une coloration bleue cela indique que le TH = 0.
- S'il y a une coloration violette on titre avec le complexant EDTA jusqu'à la coloration devient bleu azure.

4.3.2.11-Le titre alcalimétrique simple (TA) et alcalimétrique complet (TAC)

- On prélève 50 ml d'eau à analyser dans un bêcher.
- On ajoute trois gouttes de phénolphthaléine.
- S'il y aura une coloration rose, on titre avec la solution HCl (0,1N) jusqu'à ce que cette dernière soit incolore.
- Le volume de HCl consommé multiplié par dix indique la valeur du TA.
- Puis on ajoute un nouveau indicateur le méthyle orange (deux à trois gouttes).
- On titre avec HCl (0.02 N) jusqu'à la variation de la couleur de l'orange au rouge brique.
- Le volume de HCl versé multiplié par deux indique la valeur de TAC.

4.3.2.12-Les Chlorures

- On prend 50 ml d'eau à analyser dans un bêcher.
- On ajoute quelque goutte de phénolphthaléine.
- On ajoute 2 à 3 gouttes d'acide sulfurique H_2SO_4 (0,1 N).
- On ajoute 3 gouttes de chromate de potassium K_2CrO_4 (0,1 N).
- S'il y aura une coloration jaune, on titre avec la solution $AgNO_3$ (0,1N) jusqu'à ce que cette dernière soit rouge brique.
- Le volume d' $AgNO_3$ versé multiplié par deux indique la valeur de CL.

4.3.2.13-Le chaulage

- On prend 28 ml de sirop chaulé dans un bêcher.
- on ajoute quelques gouttes de phénolphthaléine (indicateur coloré donne la coloration rose dans le milieu alcalin).
- On titre avec HCl (1N) jusqu'à la zone de virage $pH = 8$ c'est-à-dire changement de couleur du rose à l'incolore.
- Le volume obtenu correspond à l'alcalinité du sirop chaulé.

4.3.2.14-La carbonatation

Les analyses de la première et deuxième carbonatation sont semblables au mode opératoire présenté au chaulage, seulement on remplace la solution d'HCl (1N) par solution d'HCl diluée (0.1N).

4.3.2.15-L'analyse du lait de chaux (Be)

- On prélève 14 ml de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dans un bêcher.
- On ajoute 2 ou 3 gouttes de phénolphthaléine.
- On titre avec une solution de HNO_3 (5N) jusqu'à ce que la solution devient incolore.
- Le volume d'acide nitrique consommé nous permet de trouver la concentration du lait de chaux à partir du tableau de correspondance (Annexe 02):

5-Contrôle de l'épuration

5.1-Contrôle des alcalinités

Les alcalinités sont contrôlés au niveau du : chaulage, première et deuxième carbonatations, le pH des carbonatations, le baumé et le CO_2 .

5.2-Contrôle des sirops

Les sirops à contrôler sont : les refontes A et B, la première et deuxième filtration et les sirops du deuxième et cinquième corps d'évaporation.

A l'exception des sirops du 2^{ème} et le 5^{ème} corps d'évaporation pour lesquels on contrôle que le brix et la coloration et le sirop de la refonte B où on mesure que le brix et le pH ; les paramètres à analyser pour les autres sirops sont : le brix, le pH et la coloration.

6-Contrôle de la cristallisation

Les matières à analyser sont :

- Les masses cuites (MC d'emballage, MCRI, MCRII, MCA, MCB, MCC)
- Les égouts (l'égout RI, ERRI, E d'affinage, EA, EB, la mélasse)

Les paramètres à contrôler sont : le brix, la polarisation, la pureté et le pH.

7-Les analyses spéciales des sucres

Les sucres à analyser sont : le sucre roux, le sucre affiné, les sucres A et B, les sucres RI et RII et le sucre cristallisé.

Les paramètres à contrôler sont : le brix, la polarisation, la pureté, le pH, la coloration et l'humidité.

Le contrôle de la granulométrie s'effectue seulement pour le sucre cristallisé (produit fini).

8-Les analyses des eaux

L'eau est contrôlée au niveau de la bache alimentaire, les chaudières et la bache de stockage.

Les paramètres à contrôler sont :

- Pour la bache alimentaire : TH, TA, TAC, pH, TS, Cl.
- Pour les chaudières : TH, TA, TAC, pH, Cl.
- Pour la bache de stockage : TH, TA, TAC, pH.

9-Les analyses des eaux des rejets

L'unité SO.RA. Sucre est équipée d'un système de lagunage naturelle non aéré (Fig. 31). Ce qui permet une phyto-épuration des eaux usées avant qu'elles soient éliminées dans l'oued.

Les eaux des rejets à analyser sont : le caniveau (Fig. 32), l'entrée (Fig. 33) et la sortie de la lagune (Fig. 34).

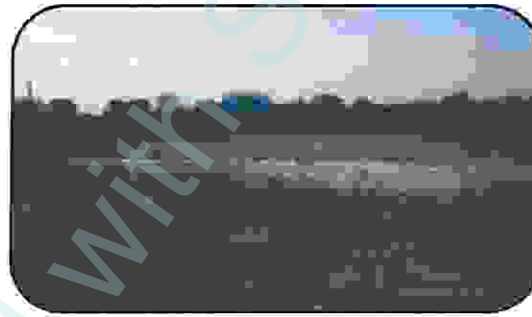


Figure 31 : Lagune naturelle.

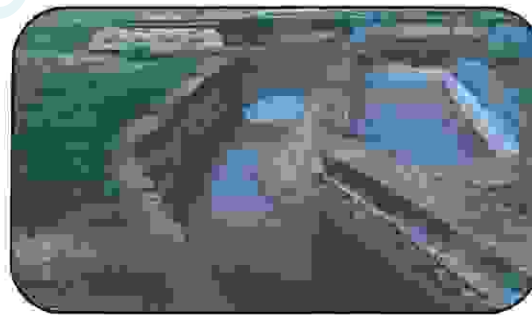


Figure 32 : Caniveau.



Figure 33 : L'entrée de la lagune.

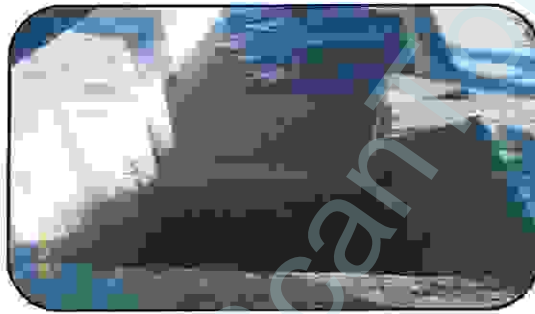


Figure 34 : La sortie de la lagune.

Les paramètres à contrôler sont :

- La température, le pH, le TH.
- La matière organique (Mo)
- On met 100 ml de l'échantillon à analyser dans un ballon de 110 ml
- On ajoute une quantité de sous acétate de plomb.
- On continue à remplir le ballon avec l'eau distillée jusqu'au trait Jaugé (110 ml) en éliminant la mousse par deux ou trois gouttes d'éther.
- On agite le mélange puis on le filtre à l'aide du papier filtre.
- Si le filtrat est trouble on ajoute quelques gouttes d'acide acétique.
- On fait remplir le tube de polarisation avec le filtrat et on lit la valeur de la polarisation sur le polarimètre.
- Pour le tube de polarisation de 200 ml :

POL= lecture sur le polarimètre X 2 X 2, 86

- Pour le tube de polarisation de 100 ml :

POL= lecture sur le polarimètre X 4 X 2, 86

- Les matières en suspension(MES)

- Laver le filtre de filtration à l'eau distillée, le sécher (150°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg après passage au dessiccateur, le mettre en place sur l'équipement de filtration, verser l'échantillon(v) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenue l'eau à analyser avec 10 ml d'eau distillée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage, laisser essorer le filtre, sécher à 105°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg, jusqu'à poids constant.

Expression du résultat :

La teneur de l'eau en MES (mg/l) est donnée par l'expression :

$$\frac{M_1 - M_0}{v} \times 1000 = \text{MES (mg/l)}$$

Où :

M_0 = masse du filtre avant utilisation (mg).

M_1 = masse du filtre après utilisation (mg).

V = volume d'eau utilisé (ml).

- Il est préférable de laisser décanter l'échantillon et de verser ensuite le dépôt sur le filtre.

10-Analyses microbiologiques du produit fini (sucre cristallisé)

- Avant d'effectuer une analyse microbiologique, il est nécessaire de travailler dans des conditions aseptiques c'est-à-dire : des conditions de stérilisation parfaite.
- On ferme la porte et les fenêtres et on porte la blouse (fermée) avant de commencer toutes manipulations.
- On désinfecte les mains avec l'eau de Javel et on rince avec l'eau de robinet.
- On allume le bec Bunsen en prenant soin d'obtenir une flamme bleue afin de stériliser l'air alentour dans un rayon de 10 cm.
- On désinfecte la paillasse avec l'eau de Javel.
- On met tout le matériel dont on a besoin autour du bec Bunsen (source de chaleur) en respectant la zone stérile pour éviter toutes contaminations.

10.1-Matériel utilisé (Annexe 03).

10.2-Dénombrement des levures et moisissures

Les moisissures sont des microorganismes de la vie quotidienne : leurs spores sont omniprésentes dans l'air que nous respirons. Si certaines peuvent être utiles à l'homme, d'autres peuvent s'avérer toxiques.

10.2.1-Mode opératoire

➤ Préparation d'une dilution

- On pèse 30g de sucre cristallisé avec la balance
- Dans un Bécher contenant 150 ml d'eau distillée on dissout les 30g pesée.
- Avec une pipette de 10 ml stérile, on prélève 1 ml de l'échantillon mère et on l'introduit dans le tube 1 (dilution 10^{-1}) et on rince la pipette.
- Avec la pipette 10 ml, on prélève 1 ml du tube 1 et on l'introduit dans le tube 2 (dilution 10^{-2}) et on répète l'opération jusqu'au 6^{ème} tube (10^{-6}), sans oublier de rincer la pipette à chaque prélèvement.
- On obtient une série de dilution de 10^{-6} .

➤ Méthode d'ensemencement

- Avec une pipette de 1 ml on prélève 0,1 ml de la dilution 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} et on les partage en 2 gouttes sur la périphérie des boîtes de Pétrie contenant la gélose Sabouraud.
- On lie les 2 gouttes par ligne droite tout au long de la gélose (ensemencement par stries à la surface).
- On ferme la boîte avec son couvercle et on met une étiquette qui comporte : la date, l'ordre et le nom.
- On incube les 5 boîtes de Pétrie à 48°C pendant 3 à 5 jours.

10.3-Dénombrement des germes mésophiles aérobies totales

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre +20°C et +45°C. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'Homme.

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de qualité des aliments dans le contrôle industriel.

Un aliment dont la flore totale est trop élevée montrera de mauvaises conditions de conservation et sera considéré comme impropre à la consommation.

10.3.1- Mode opératoire

La numération se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable NPP (méthode de Mac Grady).

➤ Préparation d'une dilution

- On pèse 30g du produit à analyser (sucre cristallisé).
- On dissout les 30g pesés dans un Bécher contenant 150ml d'eau distillée (échantillon mère).
- A partir de cet échantillon mère, on prépare une série de dilution de 10^{-6} , ceci se fait par un prélèvement de l'échantillon mère de 1 ml avec une pipette de 10 ml.
- On le met dans un tube à essai qui contient déjà 9 ml d'eau distillée et à partir de ce dernier, on prélève 1 ml pour l'introduire dans un autre tube à essai qui contient aussi 9 ml d'eau distillée.
- On répète l'opération jusqu'au 6^{ème} tube (10^{-6}).

➤ Méthode d'ensemencement

-On prépare 60 tubes à vice contenant le bouillon nutritif BCPL.

-On partage ces tubes en 3 séries :

- Série 1 : elle est constituée de 12 tubes de BCPL (Fig. 35).

-Avec une pipette graduée de 10 ml on prélève 1 ml de la dilution 10^{-1} et on l'introduit dans le 1^{er} tube de BCPL et on rince la pipette.

-On prélève 1 ml de la même dilution (10^{-1}) et on la met dans le tube 2, on répète l'opération pour les tubes restants sachant que pour chaque dilution on ensemence 2 tubes.

- Série 2 : elle est composée de 18 tubes de BCPL (Fig. 36).

-Avec une pipette graduée de 10 ml on prélève 1 ml de la dilution 10^{-1} et on l'introduit dans le 1^{er} tube de BCPL.

-A chaque fois on prélève 1 ml de la même dilution et on la met respectivement dans les tubes 2, 3 sans oublier de rincer la pipette pour chaque prélèvement.

-On répète l'opération pour les tubes restants sachant que pour chaque dilution on ensemence 3 tubes.

- Série 3 : comporte 30 tubes de BCPL (Fig. 37).

-Avec une pipette graduée de 10 ml on prélève 1 ml de la dilution 10^{-1} et on l'introduit dans le 1^{er} tube de BCPL.

-A chaque fois on prélève 1 ml de la même dilution et on la met respectivement dans les tubes 2, 3, 4, 5 sans oublier de rincer la pipette pour chaque prélèvement.

-On répète l'opération pour les tubes restants sachant que pour chaque dilution on ensemence 5 tubes.

Le dénombrement des germes se fait à l'aide de la table de Mac Grady (Annexe 04).



Figure 35 : Série 1 du bouillon BCPL avant incubation.



Figure 36 : Série 2 du bouillon BCPL avant incubation.



Figure 37 : Série 3 du bouillon BCPL avant incubation.

Results of Discussions

Produced with ScanTOPDF

1-Contrôle de la section d'épuration

1.1- L'alcalinité

L'alcalinité est contrôlée pendant 5 jours au niveau du :
Chaulage, première et deuxième carbonatation, le baumé et le CO₂.

1.1.1- Le chaulage

Les résultats du chaulage sont représentés dans la figure 38.

Les valeurs trouvées varient entre 4,75 g/l et 7,75 g/l avec une moyenne de $6,5 \pm 1,224$ g/l.

Le résultat du 15^{ème} jour est inférieur à la norme prescrite entre 5 et 6 g/l, tandis que les autres (14, 17 et 18^{ème} jours) sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

L'augmentation des valeurs peut être due à un excès du lait de chaux, alors que leur diminution peut être à cause d'une insuffisance de ce dernier. La qualité de la chaux utilisée peut aussi influencer sur le chaulage du sirop.

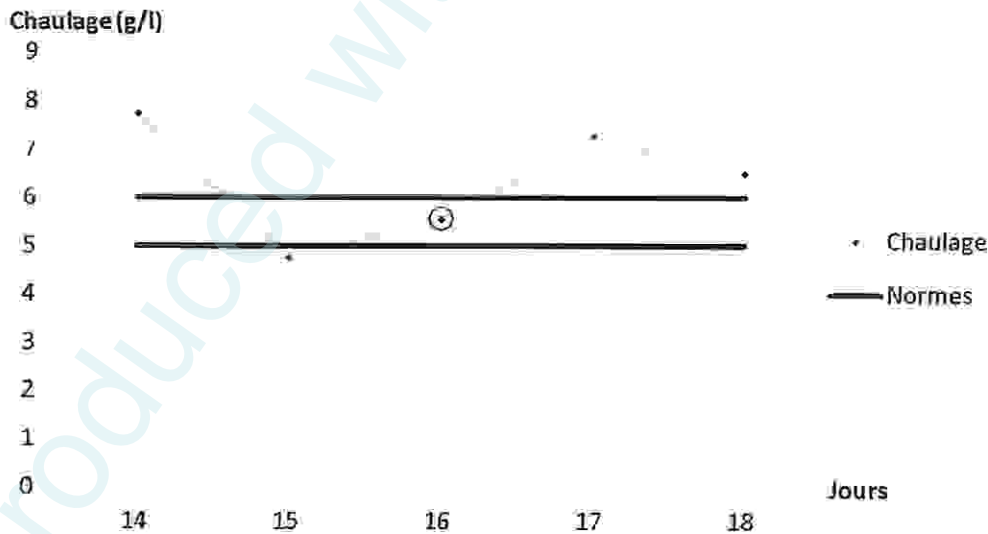


Figure 38 : La variation du chaulage pendant 5 jours

1.1.2- La première carbonatation

Les résultats de la première carbonatation sont représentés dans la figure 39.

Les valeurs trouvées oscillent entre 0,53 g/l et 1 g/l avec une moyenne de $0,76 \pm 0,18$ g/l.

Le résultat du 17^{ème} jour est inférieur à la norme prescrite entre 0,6 et 0,7 g/l, tandis que les autres (14, 15 et 18^{ème} jours) sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

L'accroissement des valeurs peut être dû à une insuffisance du lait de chaux, alors que leur réduction peut être à cause d'une insuffisance du CO₂.

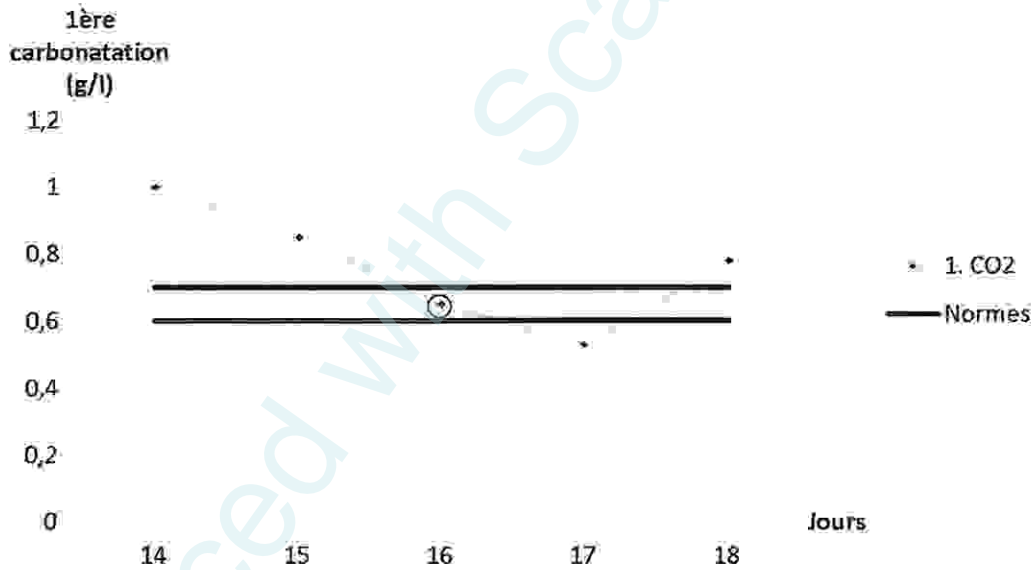


Figure 39 : La variation de la première carbonatation pendant 5 jours

1.1.3- La deuxième carbonatation

Les résultats de la deuxième carbonatation sont représentés dans la figure 40.

Les valeurs trouvées changent entre 0,072 g/l et 16 g/l avec une moyenne de $0,11 \pm 0,031$ g/l.

Les résultats des 14, 16, 17 et 18^{ème} jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 0,6 et 0,7 g/l. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la S.O.R.A. Sucre, 2010.

L'abaissement des valeurs peut être dû à une insuffisance du CO₂ ou à un surplus du lait de chaux.

1.1.4- Le pH de la deuxième carbonatation

Les résultats du pH de la deuxième carbonatation sont représentés dans la figure 41.

Les valeurs trouvées varient entre 8,27 g/l et 8,8 g/l avec une moyenne de $8,5 \pm 0,21$ g/l.

Les résultats des 14, 16 et 18^{ème} jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 8,5 et 9 g/l. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la S.O.R.A. Sucre, 2010.

La diminution des valeurs peut être à cause d'une insuffisance du lait de chaux ou à un excès du CO₂.

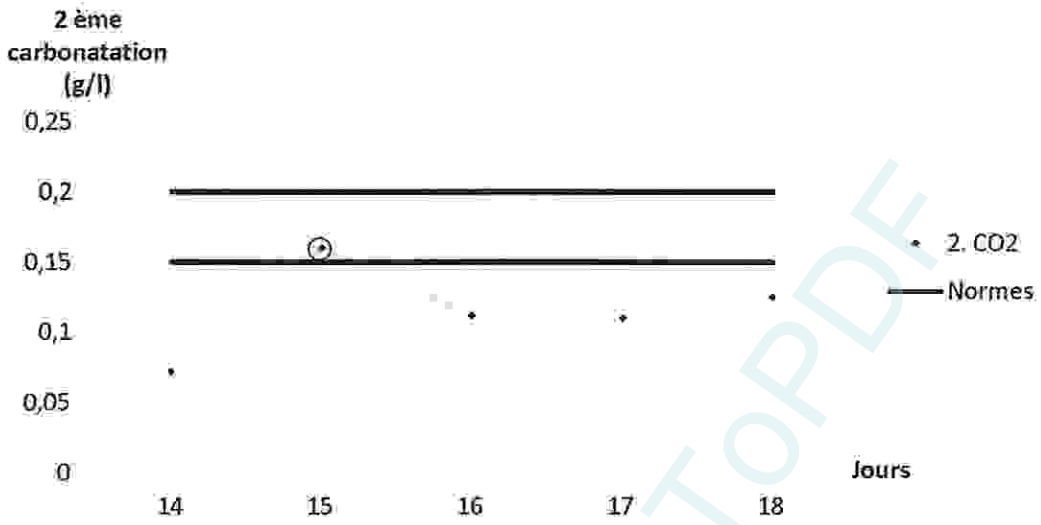


Figure 40 : La variation de la deuxième carbonatation pendant 5 jours

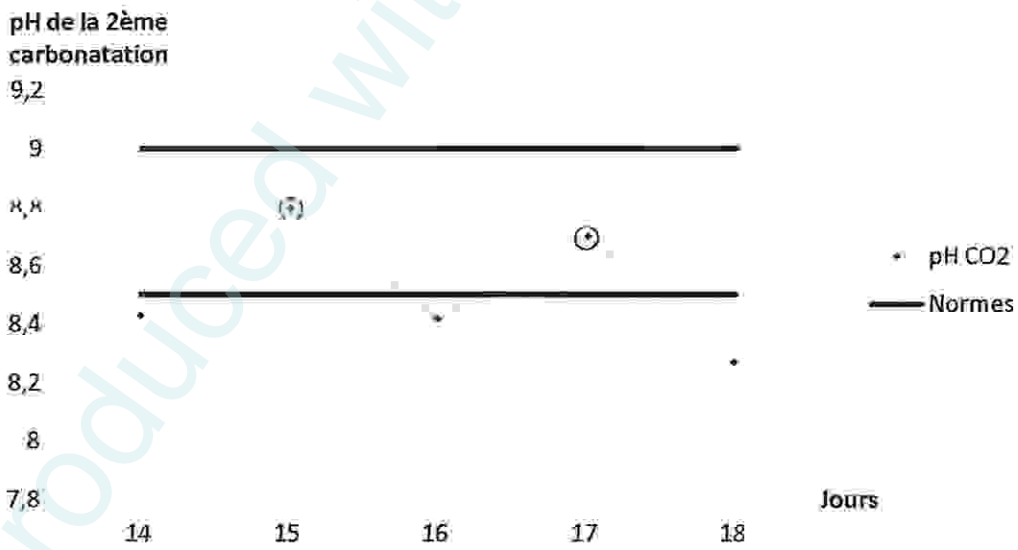


Figure 41 : La variation du pH de la deuxième carbonatation pendant 5 jours

1.1.5- Le Lait de chaux (baumé)

Les résultats du lait de chaux sont représentés dans la figure 42.

Les valeurs obtenues oscillent entre 8,5 g/l et 10,57 g/l avec une moyenne de $9,45 \pm 1,003$ g/l.

Les résultats des 14, 15, 16 et 17^{ème} jours sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 5,4 et 8,5 g/l. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

L'augmentation des valeurs peut être due à la mauvaise qualité de la chaux.

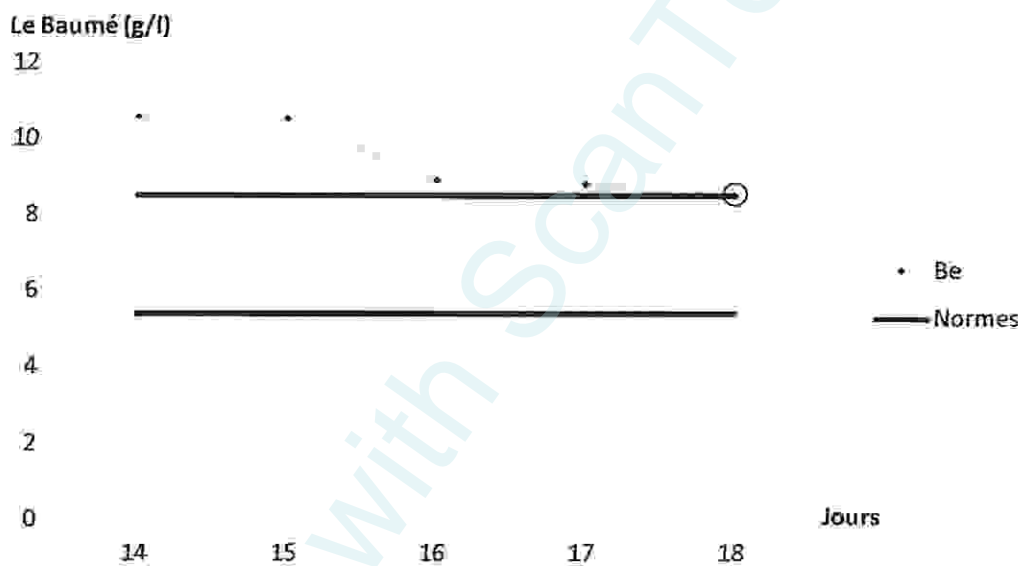


Figure 42 : La variation du baumé pendant 5 jours

1.1.6-Le CO₂

Les résultats du CO₂ sont représentés dans la figure 43.

Les valeurs obtenues changent entre 6,95 % et 7,7 % avec une moyenne de $7,45 \pm 0,33$ %.

Les résultats des 5 jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 8,5 et 9 g/l. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

La diminution des valeurs peut être due à un problème du chaudière.

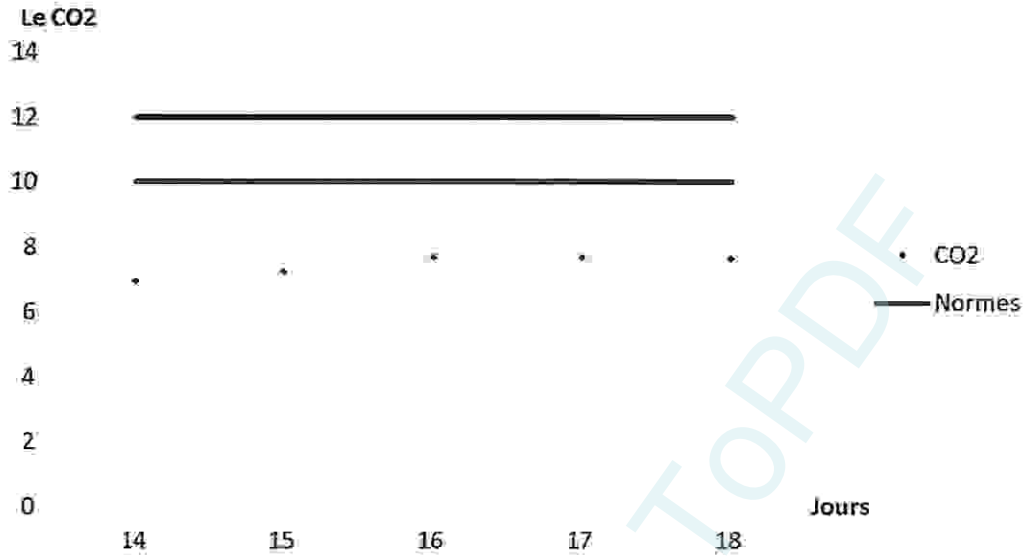


Figure 43 : La variation du CO₂ pendant 5 jours

1.2-Les sirops

1.2.1-La refonte A

a)-Le Brix (Bx)

Les résultats trouvés sont résumés dans la figure 44.

Les taux obtenus varient entre 51,8 % et 65,5 % avec une moyenne de $59,37 \pm 5,14$ %.

Les résultats des 14, 15, 16 et 17^{ème} jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976 prescrite entre 65 et 68 %. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

La réduction des valeurs peut être à cause d'un manque du vapeur.

b)- La coloration

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 45.

Les valeurs trouvées oscillent entre 25,7° St et 29,5° St avec une moyenne de $27,9 \pm 1,37$ ° St. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

Les résultats des 5 jours sont dans la norme proposée par le J.O.R.A. 1976, prescrite de ≤ 30 ° St.

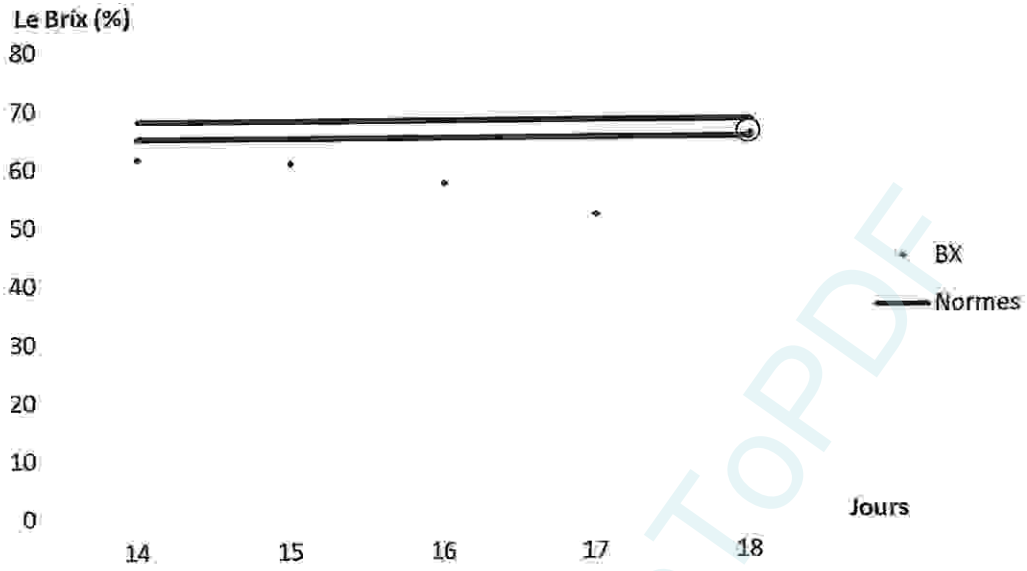


Figure 44 : La variation du Brix de la refonte A pendant 5 jours

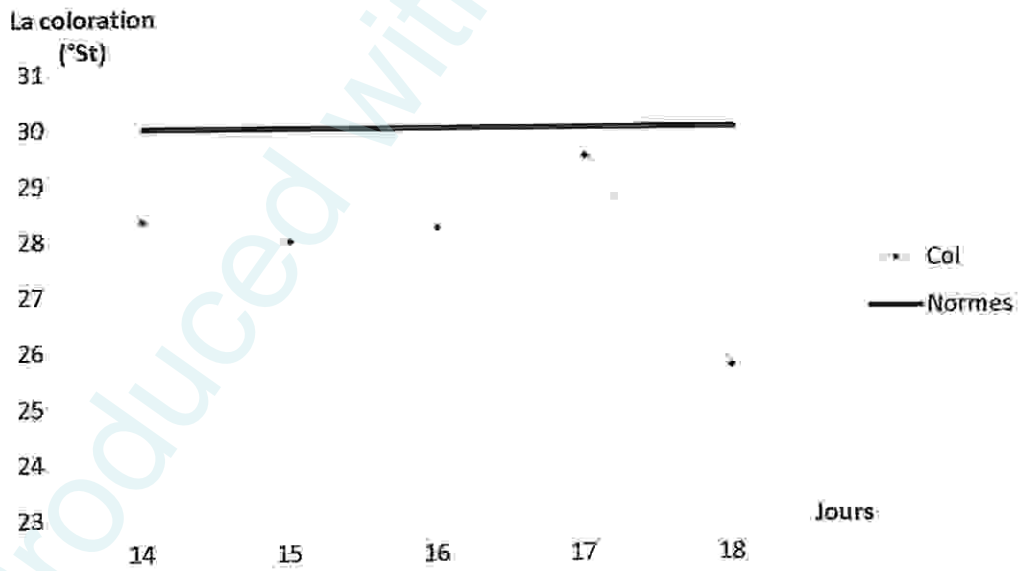


Figure 45 : La variation de la coloration de la refonte A pendant 5 jours

1.2.2-La refonte B

a)- Le Brix

Les résultats trouvés sont représentés dans la figure 46.

Les taux obtenus changent entre 61 % et 65,38 % avec une moyenne de $62,54 \pm 2,34$ %.

Le résultat du 15^{ème} jour est supérieur à la norme prescrite entre 64 et 65 %, tandis que les autres (16, 17 et 18^{ème} jours) sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la S.O.R.A. Sucre, 2010.

L'augmentation et la diminution des valeurs peuvent être dues à un mauvais turbinage.

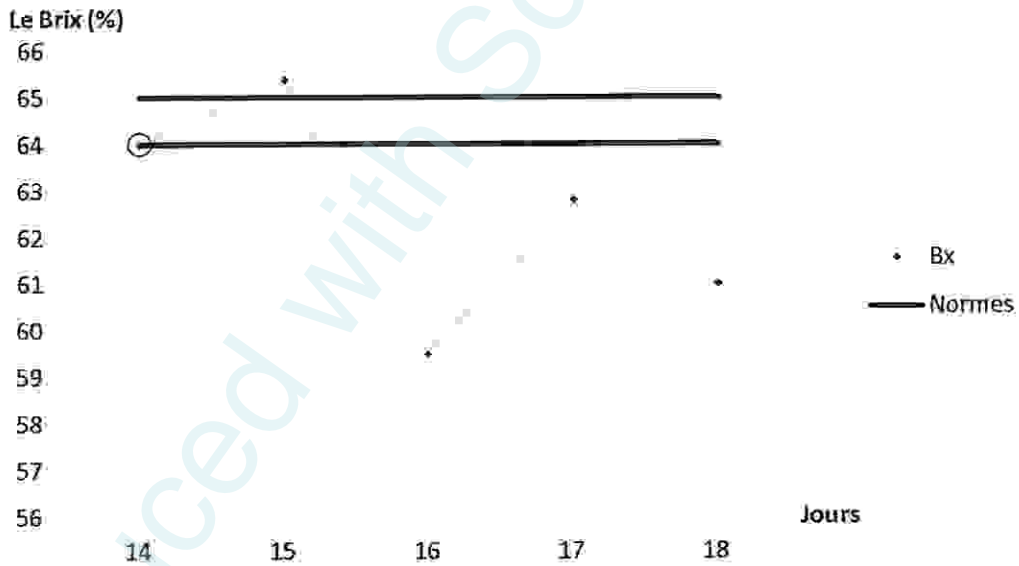


Figure 46 : La variation du Brix de la refonte B pendant 5 jours

1.2.3-La première filtration

a)- Le Brix

Les résultats trouvés sont représentés dans la figure 47.

Les taux obtenus changent entre 54,5 % et 56,75% avec une moyenne de $55,7 \pm 0,96$ %. Les résultats des 5 jours sont inférieurs la norme prescrite proposée par le J.O.R.A. 1976, prescrite entre 63 et 64 %. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

La diminution des valeurs peut être due à un manque de vapeur ou à la mauvaise qualité des filtres.

b)-La coloration

Les résultats obtenus sont représentés dan la figure 48.

Les valeurs trouvées oscillent entre $4,45^{\circ}$ St et $5,78^{\circ}$ St avec une moyenne de $4,86 \pm 0,55^{\circ}$ St. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

Les résultats des 5 jours sont dans la norme proposée par le J.O.R.A. 1976, prescrite de $\leq 6^{\circ}$ St.

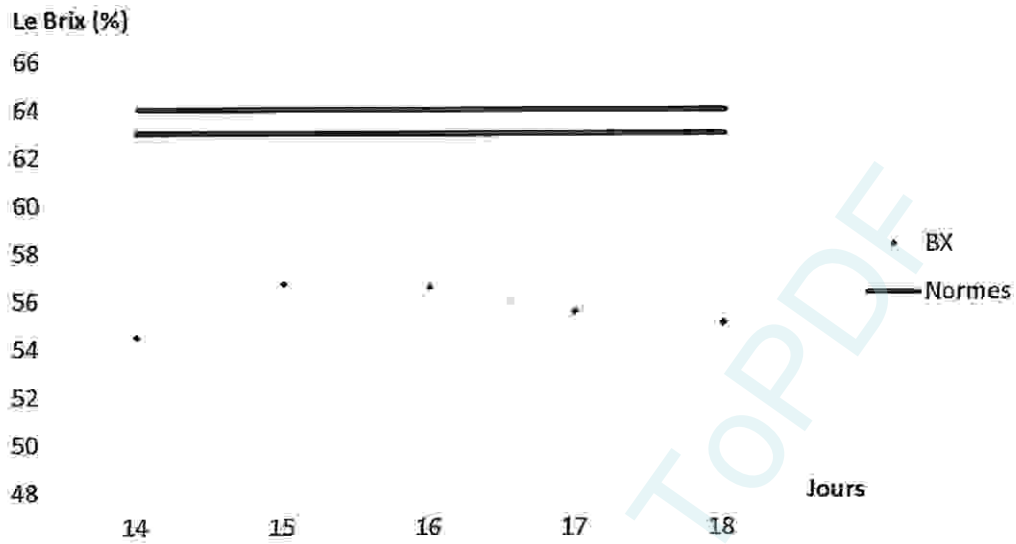


Figure 47 : La variation du brix de la première filtration pendant 5 jours.

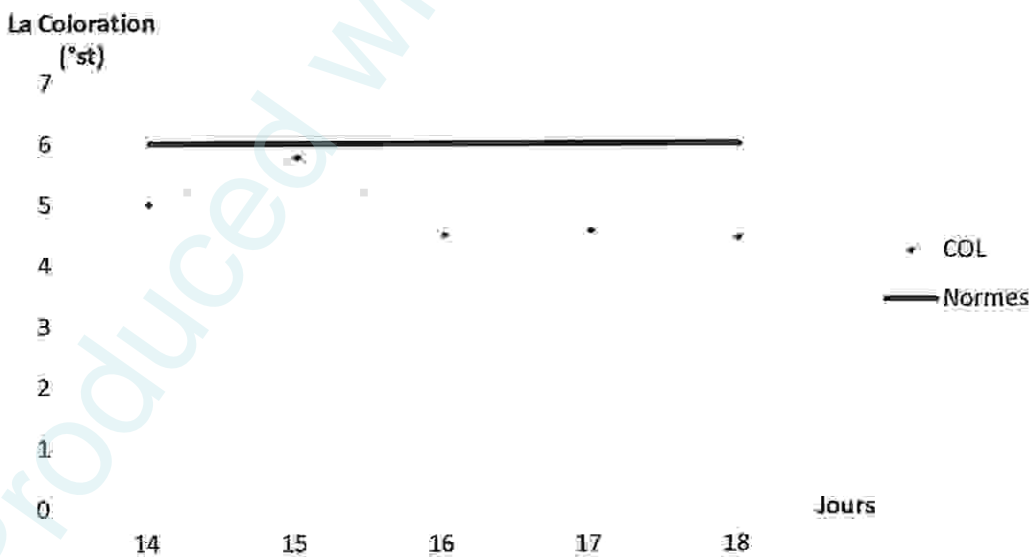


Figure 48 : La variation de la coloration de la première filtration pendant 5 jours

1.2.4-La deuxième filtration

a)-Le Brix

Les résultats trouvés sont représentés dans la figure 49.

Les taux obtenus changent entre 54,6 % et 56,25 % avec une moyenne de $55,47 \pm 0,68$ %.

Les résultats des 5 jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976 prescrite entre 62 et 63 %. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

La diminution des valeurs peut être due à un manque de vapeur ou à la mauvaise qualité des filtres.

b)-La coloration

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 50.

Les valeurs trouvées varient entre $3,88^\circ$ St et $6,38^\circ$ St avec une moyenne de $4,58 \pm 1,06^\circ$ St.

Le résultat du 18^{ème} jour est supérieur à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976 prescrite de $\leq 5^\circ$ st. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

L'augmentation des valeurs peut être due à une diffusion de la chaux par les filtres se qui rendre le sirop trouble.

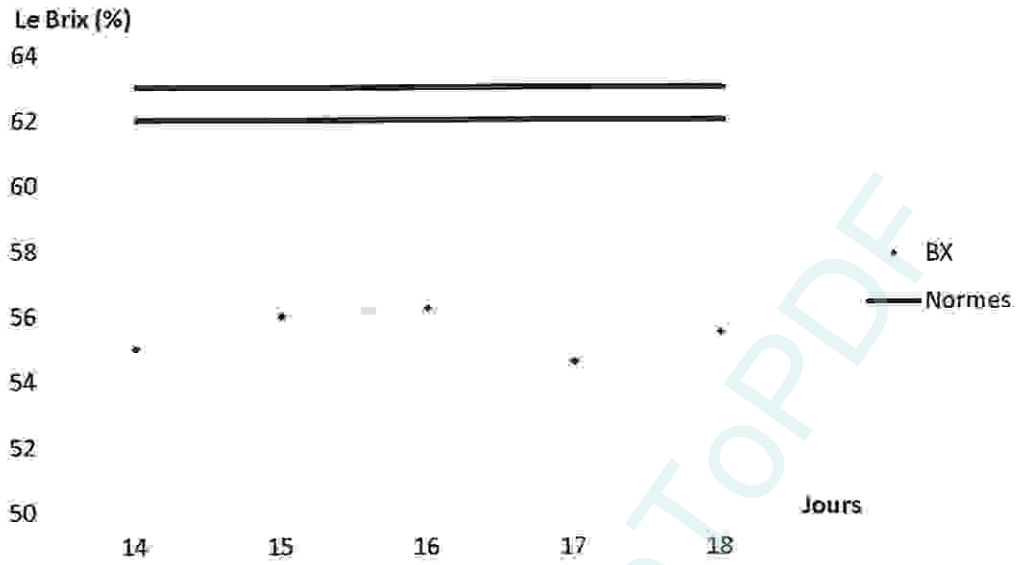


Figure 49 : La variation du brix de la deuxième filtration pendant 5 jours

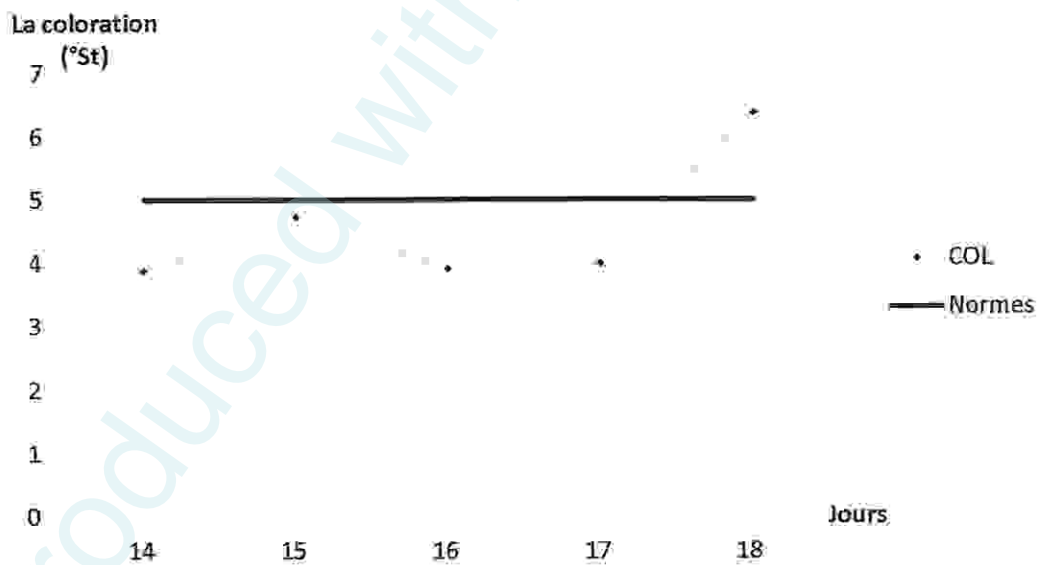


Figure 50 : La variation de la coloration de la deuxième filtration pendant 5 jours

1.2.5-Le deuxième corps d'évaporation

a)-Le Brix

Les résultats trouvés sont représentés dans la figure 51.

Les taux obtenus changent entre 56, % et 58,3 % avec une moyenne de $57,27 \pm 0,90$ %.

Les résultats des 5 jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976 prescrite entre 63 et 64 %. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

La diminution des valeurs peut être due à un manque de vapeur.

1.2.6-Le 5^{ème} corps d'évaporation

a)-Le Brix

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 52.

Les valeurs trouvées diffèrent entre 58,6 % et 64,25 % avec une moyenne de $61,12 \pm 2,24$ %.

Les résultats des 5 jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976 prescrite de 72 %. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

La diminution des valeurs peut être due à un manque de vapeur.

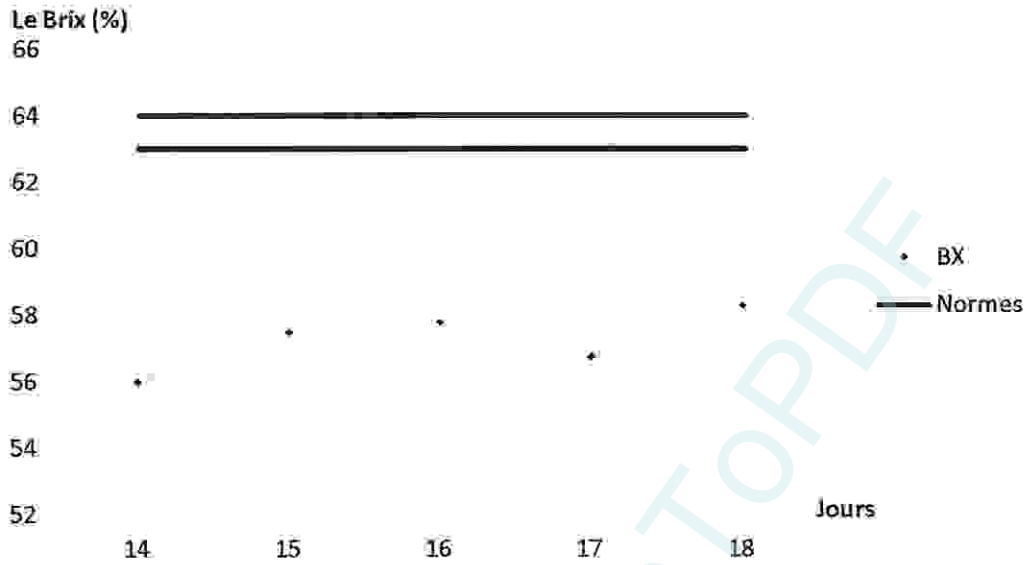


Figure 51 : La variation du brix de deuxième corps pendant 5 jours.

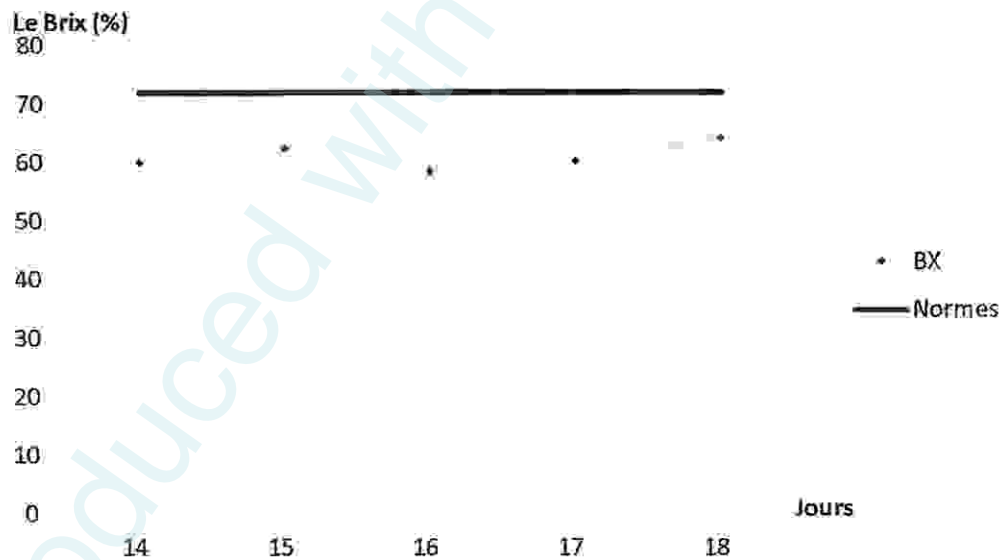


Figure 52 : La variation du brix de cinquième corps pendant 5 jours.

2- Contrôle de la cristallisation

Les analyses effectuées au niveau de la section de la cristallisation sont les analyses des masses cuites, des égouts, des sucres et de la granulométrie.

2.1-Analyse des masses cuites (MC R1, MC R2, MC A, MC B)

a)-La pureté (Pte)

Les résultats trouvés sont représentés dans les figures 53, 54, 55, 56.

Pour la MC R1 les taux obtenus oscillent entre 98,0 % et 99,4 % avec une moyenne de $98,95 \pm 0,64$ %. Les résultats des 4 jours sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 99 et 99,20 %.

Pour la MC R2 les taux obtenus varient entre 97,52% et 98,65 % avec une moyenne de $98,95 \pm 0,64$ %. Le résultat du 24^{ème} jour est inférieur à la norme prescrite de 98,20 %, tandis que les autres (21, 22, 23^{ème} jours) sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976.

Pour la MC A les taux obtenus changent entre 92 % et 93,77 % avec une moyenne de $92,73 \pm 0,75$ %. Le résultat du 24^{ème} jour est inférieur à la norme prescrite de 98,20 %, tandis que les autres (21, 22, 23^{ème} jours) sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976.

Pour la MC B les taux obtenus varient entre 80,0 % et 83,18 % avec une moyenne de $82,2 \pm 1,5$ %. Les résultats du 21 et 23^{ème} jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 83 et 85 %.

Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

L'augmentation des valeurs indique que la masse cuite est de très bonne qualité (pureté élevée), alors que leur diminution peut être à cause d'une mauvaise cuisson ou d'un mauvais égout utilisé.

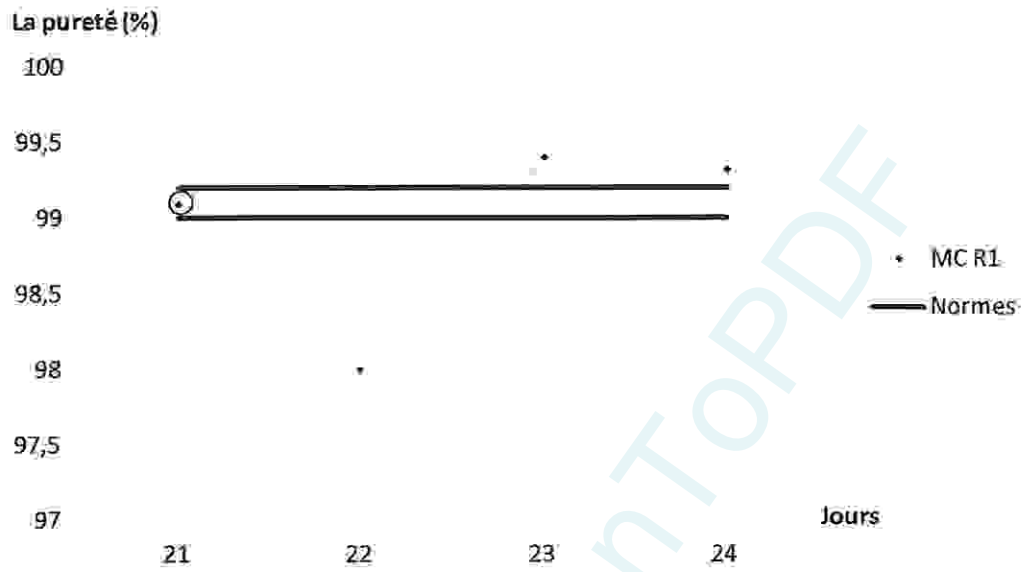


Figure 53 : La variation de la pureté de la MC RI pendant 4 jours.

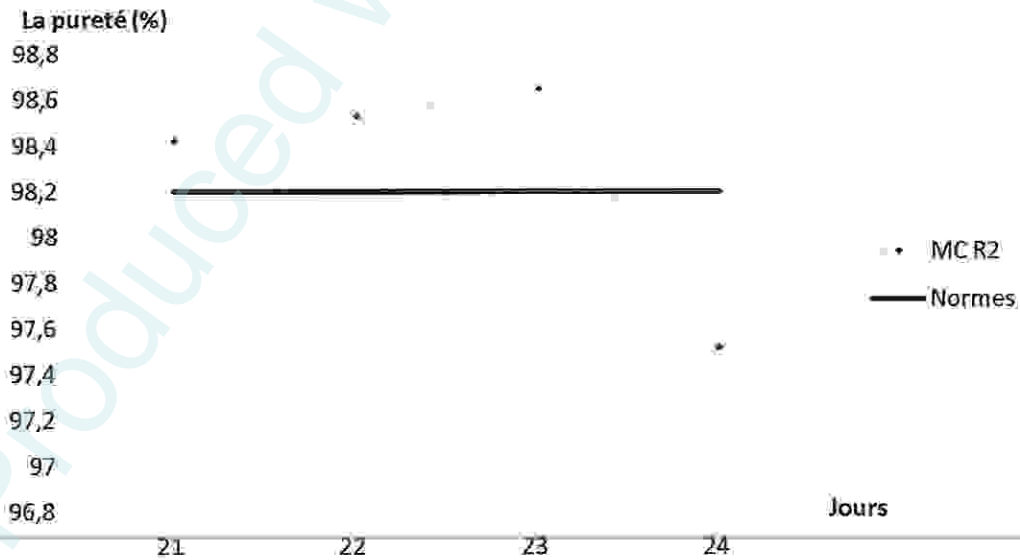


Figure 54 : La variation de la pureté de la MC RII pendant 4 jours.

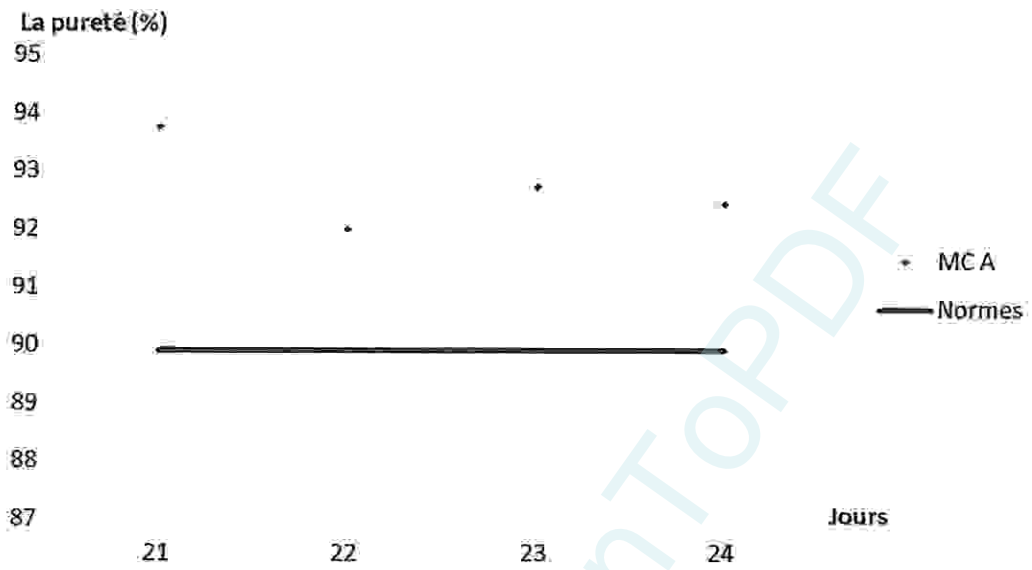


Figure 55 : La variation de la pureté de la MC A pendant 4 jours.

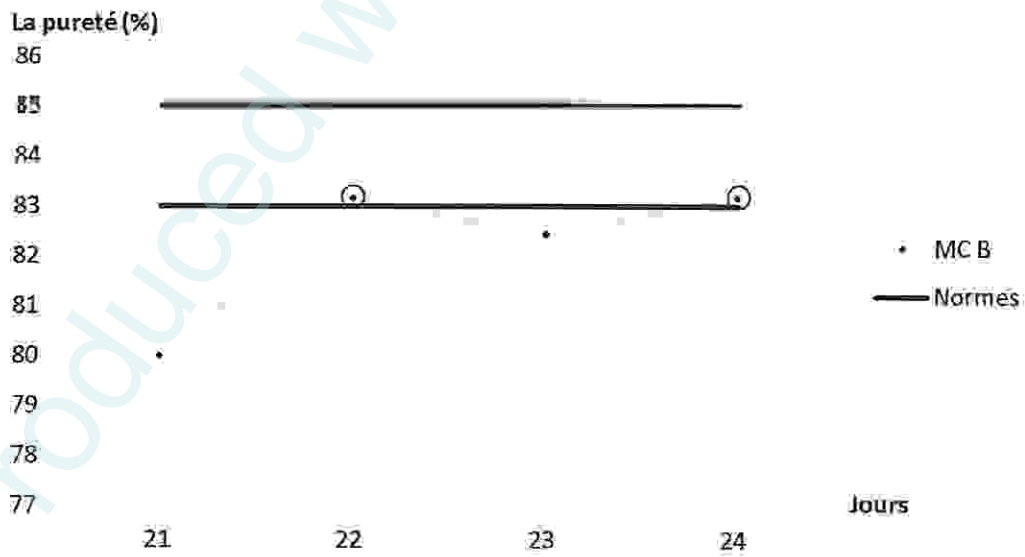


Figure 56 : La variation de la pureté de la MC B pendant 4 jours.

2.2-Analyse des égouts

2.2.1- L'égout R1 (E. R1, E. R2, E. Aff., E. A, E. B)

a)-La pureté

Les résultats trouvés sont représentés dans les figures 57, 58, 59, 60, 61.

Pour l'E. R1 les taux obtenus oscillent entre 97,07 % et 98,68 % avec une moyenne de $98,17 \pm 0,74$ %. Les résultats des 4 jours sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, exigée de 97 %.

Pour l'E. R2 les taux obtenus varient entre 97,12 % et 98,12 % avec une moyenne de $97,84 \pm 0,48$ %. Le résultat du 24^{ème} jour est inférieur à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 98 et 98,5 %.

Pour l'E. Aff. les taux obtenus changent entre 69,85 % et 92,21 % avec une moyenne de $86,36 \pm 11,01$ %. Les résultats des 4 jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 92 et 93 %.

Pour l'E. A les taux obtenus varient entre 82,88 % et 87,03 % avec une moyenne de $84,41 \pm 1,8$ %. Les résultats des 22, 23 et 24^{ème} jours sont inférieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, prescrite entre 87 et 88 %.

Pour l'E. B les taux obtenus oscillent entre 71,61 % et 82,58 % avec une moyenne de $75,98 \pm 4,73$ %. Les résultats des 4 jours sont supérieurs à la norme proposée par le J.O.R.A., 1976, exigée de 71 %.

Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SORA, Sucre, 2010.

L'augmentation des valeurs indique que l'égout est de très bonne qualité (pureté élevée), alors que leur diminution peut être à cause d'un mauvais turbinage ou à la mauvaise qualité du sucre roux.

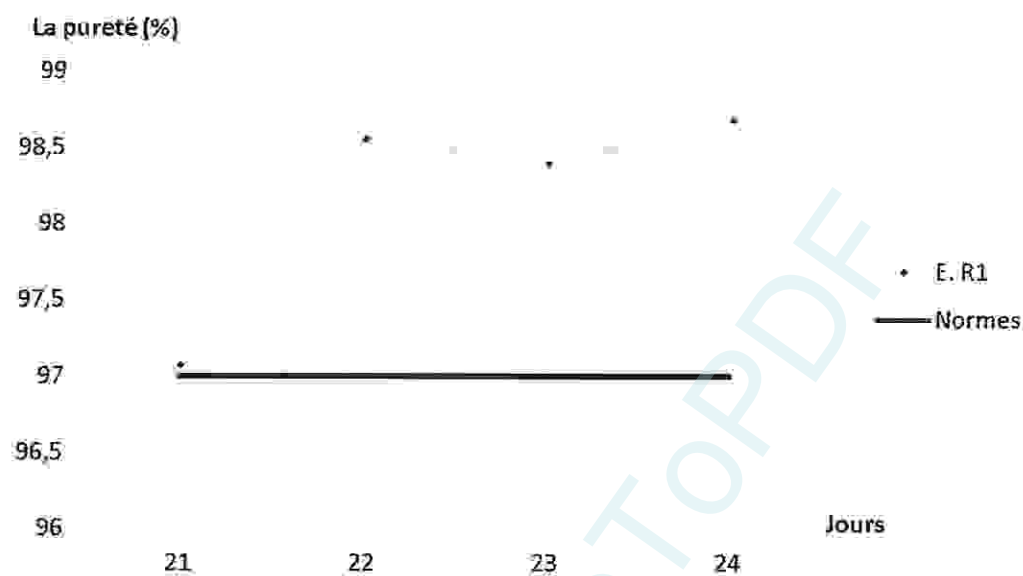


Figure 57 : La variation de la pureté de l'E. R1 pendant 4 jours.

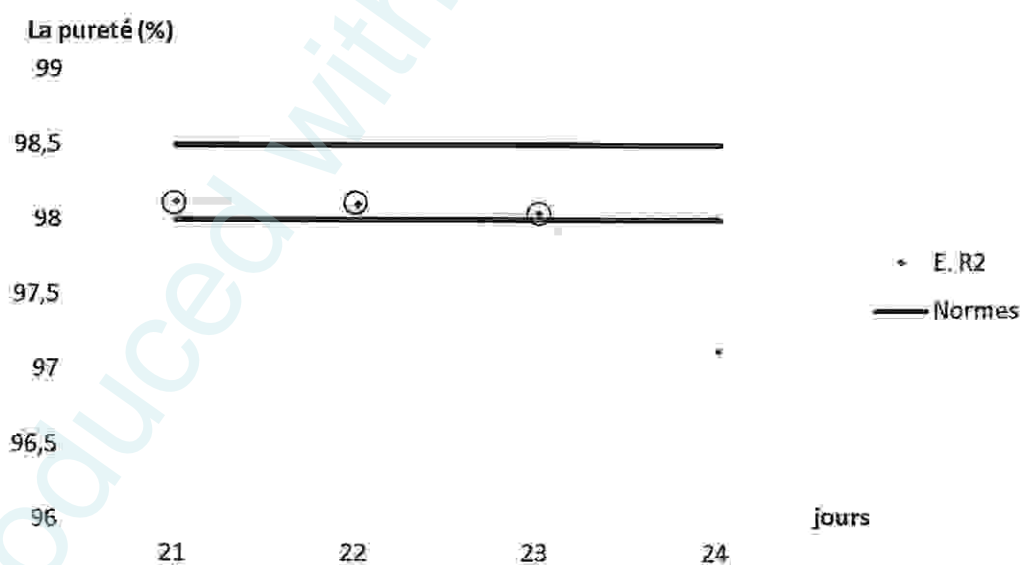


Figure 58 : La variation de la pureté de l'E. R2 pendant 4 jours.

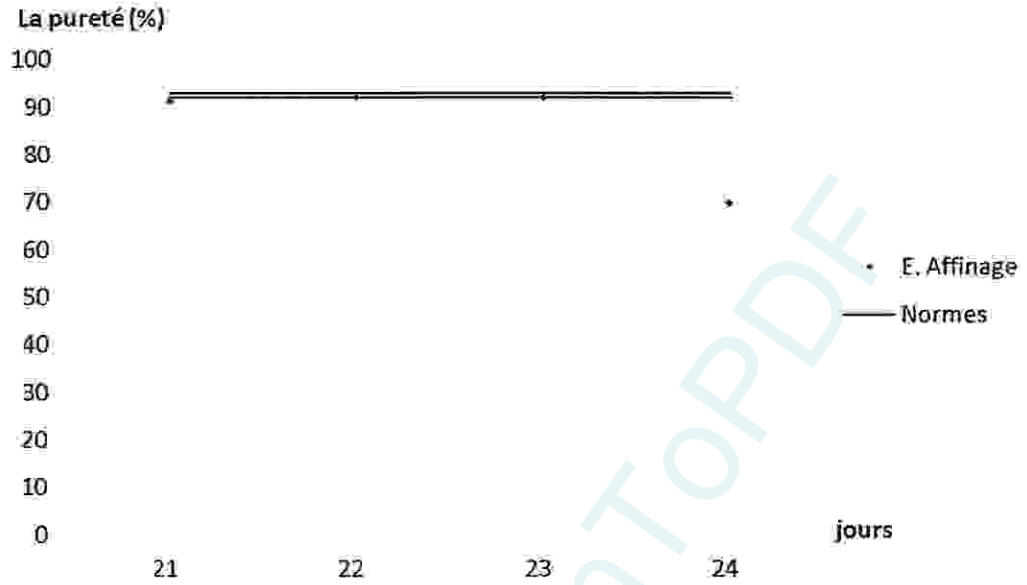


Figure 59 : La variation de la pureté de l'E. Aff. pendant 4 jours.

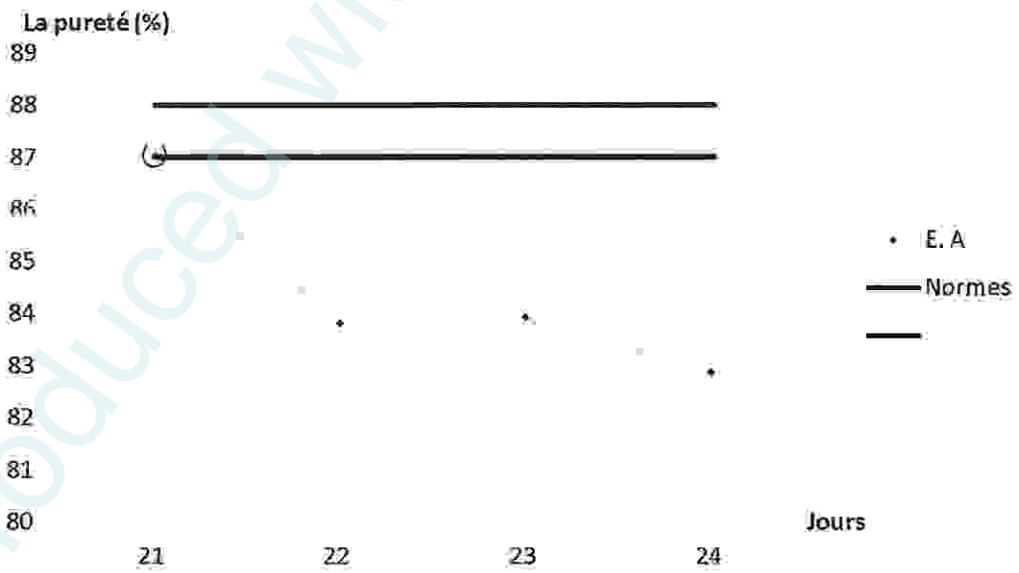


Figure 60 : La variation de la pureté de l'E. A pendant 4 jours.

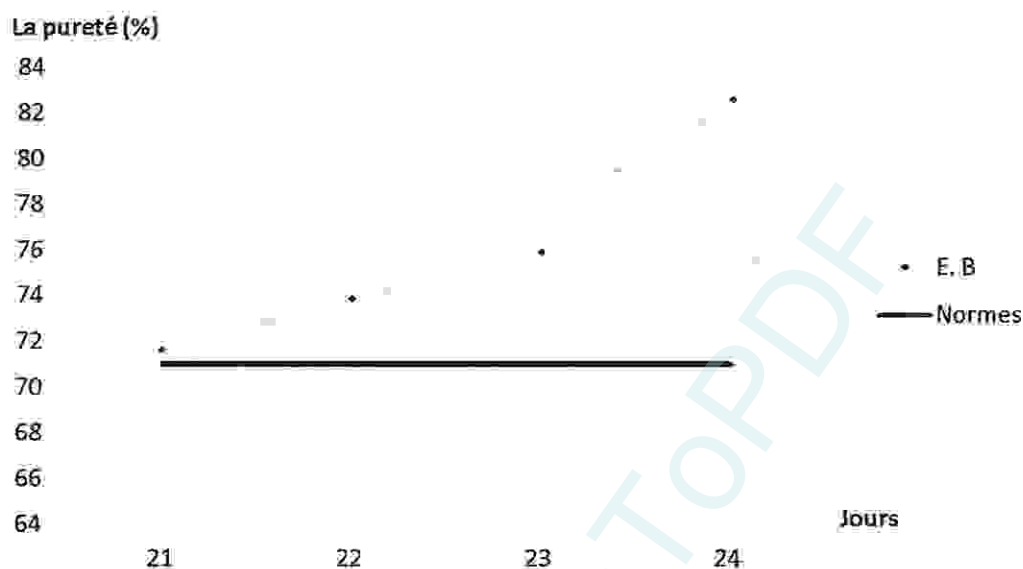


Figure 61 : La variation de la pureté de l'E. B pendant 4 jours.

2.2.6- La mélasse (égout c)

Les résultats trouvés sont représentés dans la figure 62.

Les taux obtenus varient entre 61,29 % et 69,23 % avec une moyenne de $63,43 \pm 3,87$ %. Les résultats des 4 jours sont supérieurs à la norme proposée par le I.O.R.A., 1976, prescrite entre 55 et 56 %.

Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la S.O.R.A. Sucre, 2010.

L'augmentation des valeurs est due à un mauvais épuisement (mauvais raffinage) se qui indique que la mélasse est de mauvaise qualité, elle contient plus de saccharose; cela influera sur le rendement du sucre.

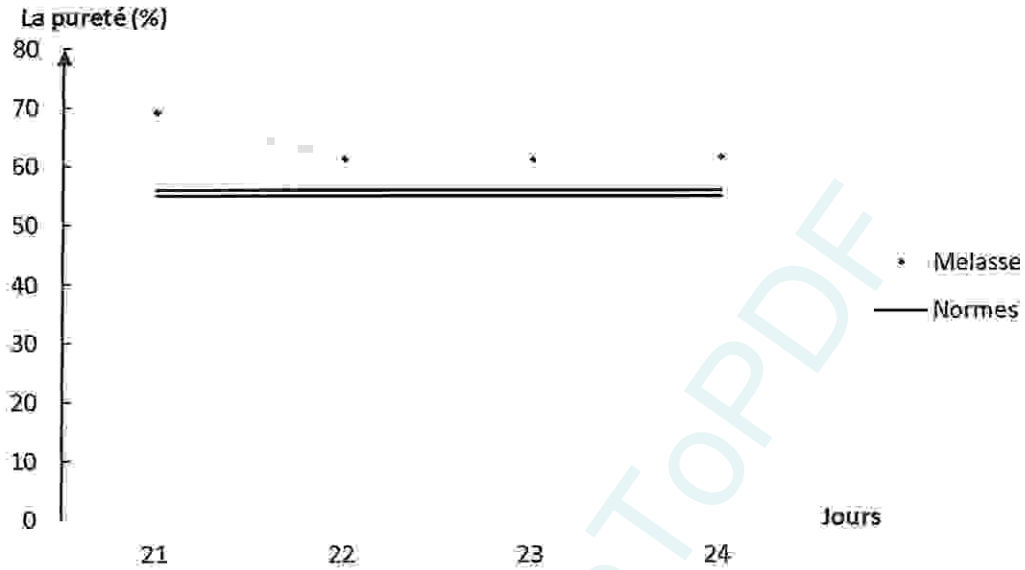


Figure 62 : La variation de la pureté de la mélasse pendant 4 jours.

2.3-Analyse des sucres

Les analyses des sucres sont représentées dans le tableau 12.

Pour le sucre roux les valeurs trouvées de la pureté, la coloration et l'humidité sont dans les normes proposées par le J.O.R.A., 1976, exigées de : pureté = 99%, coloration < 6000 U/ICUMSA, l'humidité < 0,2 %.

Pour le sucre affiné les valeurs trouvées de la pureté, la coloration et l'humidité sont dans les normes proposées par le J.O.R.A., 1976, prescrite de : pureté = 99,75 %, coloration < 1500 U/ICUMSA, l'humidité < 1 %.

Pour le sucre A les valeurs trouvées pour le 29^{ème} jour de la pureté sont inférieurs à la norme exigée de 99,5 %, alors que les valeurs de la coloration et l'humidité sont dans les normes proposées par le J.O.R.A., 1976, prescrites de : coloration < 3000 U/ICUMSA, l'humidité < 0,2%

Pour le sucre cristallisé les valeurs trouvées de la pureté, la coloration et l'humidité sont dans les normes proposées par le J.O.R.A., 1976, exigées de : pureté = 99,9%, coloration < 100 U/ICUMSA, l'humidité < 0,1 %.

Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par la SO.RA. Sucre, 2010.

Tableau 11 : Résultats d'analyse des sucres.

Date	Paramètres	Sucres			
		Sucre roux	Sucre affiné	Sucre A	Sucre cristallisé
28/03/2010	Pte	99,54	99,75	99,52	99,97
	Col	1468,97	986,32	1282,51	42,36
	Hum	0,14	0,75	0,42	0,07
29/03/2010	Pte	99,56	99,8	98,79	99,94
	Col	2551,26	619,33	1121,73	72,36
	Hum	0,11	0,81	0,8	0,09

2.4-La granulométrie

Les résultats de la granulométrie du sucre cristallisé sont portés dans le tableau 12.

Les valeurs trouvées sont inférieures aux normes proposées par le J.O.R.A., 1976, exigées de $\geq 80\%$.

La diminution des valeurs peut être due à un mauvais grainage.

Tableau 12 : Résultats d'analyse de la granulométrie.

Ouverture des tamis (mm)	Poids (g)	Pourcentage (%)
1,40	7,03	$(7,03/200g) \times 100 = 3,51$
1,25	4,86	2,43
1,00	14,56	7,32
0,800	18,40	9,20
0,600	43,00	21,50
0,400	66,5	33,25
0,315	25,05	12,52
0,200	19,36	9,68
0,125	0,52	0,26
Poussière	0,09	0,04

Granulométrie = $21,5 + 33,25 = 54,75\%$.

3-Analyse des eaux

3.1-Analyse des eaux de la bêche alimentaire

Les résultats obtenus sont portés dans le tableau 13.

Les valeurs trouvées du TAC changent entre 1,0 et 1,6 avec une moyenne de $1,25 \pm 0,19$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 1,0 et 1,6.

Les valeurs trouvées du pH varient entre 8,5 et 8,9 avec une moyenne de $8,6 \pm 0,20$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 8 et 9.

Les valeurs trouvées des chlorures changent entre 2,0 et 3,0 avec une moyenne de $2,4 \pm 0,54$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 2,0 et 3,0.

Les valeurs du TH et TA sont dans les normes proposées par le J.O.R.A., 1976, exigées de : TH = 0, TA = 0.

Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux de la bêche alimentaire.

Date	La bêche alimentaire					
	TH	TA	TAC	pH	TS	CL
14/03/2010	00	00	1,6	8,6	Néant	2,0
15/03/2010	00	00	1,4	8,5	Néant	2,0
16/03/2010	00	00	1,4	8,9	Néant	3,0
17/03/2010	00	00	1,0	8,5	Néant	2,0
18/03/2010	00	00	1,2	8,9	Néant	3,0

3.2-Analyse des eaux des chaudières

Les résultats obtenus sont portés dans le tableau 14.

Les valeurs du TA diffèrent entre 3,0 et 5,0 avec une moyenne de $3,8 \pm 0,83$. Ces valeurs sont dans les normes exigées entre 3 et 5.

Les valeurs trouvées du TAC changent entre 6,0 et 10 avec une moyenne de $7,8 \pm 1,48$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 6,0 et 10.

Les valeurs trouvées du pH varient entre 9,0 et 10,2 avec une moyenne de $9,7 \pm 0,47$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 9 et 11.

Les valeurs trouvées des chlorures sont dans les normes prescrites de 6,0.

Les valeurs du TH sont dans les normes proposées par le J.O.R.A., 1976, prescrites de 00.

Tableau 14 : Résultats d'analyse des eaux des chaudières.

Date	Les chaudières				
	TH	TA	TAC	pH	CL
14/03/2010	00	4,0	8,0	10,2	6,0
15/03/2010	00	5,0	10,0	9,0	6,0
16 /03/2010	00	3 ,0	6,0	9,8	6,0
17/03/2010	00	3,0	7,0	10,1	6,0
18/03/2010	00	4,0	8,0	9,8	6,0

3.3-Analyse des eaux de la bache de stockage

Les résultats obtenus sont portés dans le tableau 15.

Les valeurs trouvées du TAC changent entre 1,6 et 2,2 avec une moyenne de $1,8 \pm 0,26$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 1,0 et 2,0.

Les valeurs trouvées du pH varient entre 7,1 et 7,5 avec une moyenne de $7,2 \pm 0,16$. Ces valeurs sont dans les normes prescrites entre 7 et 7,6.

Les valeurs du TH et TA sont dans les normes proposées par le J O R A , 1976, exigées de : TH = 0, TA = 0.

Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux de la bache de stockage.

Date	La bache de stockage			
	TH	TA	TAC	pH
14/03/2010	00	00	1,6	7,4
15/03/2010	00	00	2,2	7,2
16/03/2010	00	00	1,6	7,1
17/03/2010	00	00	2,0	7,2
18/03/201	00	00	1,8	7,5

4-Analyse des eaux de rejets

Les résultats obtenus sont portés dans le tableau 16.

Les valeurs de la température varient entre 25°C et 44°C avec une moyenne de $30,2 \pm 7,95^{\circ}\text{C}$ au niveau du caniveau, entre 22°C et 29°C avec une moyenne de $25,4^{\circ}\text{C} \pm 2,97^{\circ}\text{C}$ au niveau de l'entrée de la lagune, entre 23°C et 27°C avec une moyenne de $24,8 \pm 1,48^{\circ}\text{C}$ de la sortie.

Les valeurs du pH varient entre 7,0 et 9,8 avec une moyenne de $8,36 \pm 0,86$ au niveau du caniveau, entre 7,89 et 8,92 avec une moyenne de $8,12 \pm 0,82$ au niveau de l'entrée de la lagune, entre 5,07 et 5,92 avec une moyenne de $5,57 \pm 0,34$ de la sortie.

Les valeurs du TH varient entre 22,4 et 60,8 avec une moyenne de $42,08 \pm 16,87$ au niveau du caniveau, entre 32,8 et 84,6 avec une moyenne de $53,08 \pm 21,19$ au niveau de l'entrée de la lagune, entre 118,8 et 182,8 avec une moyenne de $147,8 \pm 26,9$ de la sortie.

Les valeurs du Mo varient entre 1,72 et 11,44 avec une moyenne de $7,21 \pm 5,18$ au niveau du caniveau, entre 0,86 et 10,01 avec une moyenne de $5,09 \pm 3,89$ au niveau de l'entrée de la lagune, entre 0,86 et 3,72 avec une moyenne de $2,17 \pm 1,39$ de la sortie.

Les valeurs du MES varient entre 0,261 et 2,76 avec une moyenne de $1,61 \pm 1,12$ au niveau du caniveau, entre 0,437 et 3,493 avec une moyenne de $2,0 \pm 1,39$ au niveau de l'entrée de la lagune, entre 0,45 / et 1,236 avec une moyenne de $0,91 \pm 0,288$ de la sortie.

Les valeurs trouvées de la température au niveau des 3 sites sont $\leq 30^{\circ}\text{C}$, considérée comme valeur limite des rejets (J. O. R. A. 2003).

Les valeurs trouvées du pH au niveau des 3 sites sont proches des normes prescrites entre 5,5 et 8,5.

Les valeurs trouvées du TH et MES des 3 sites, sont caractérisés par des concentrations élevées.

Les valeurs trouvées du Mo au niveau du caniveau sont élevées se qui indique qu'il y a une perte du sucre.

Tableau 16 : Résultats d'analyse des eaux de rejets.

Date	Paramètre	Rejets		
		Entrée	Sortie	Caniveau
21/03/2010	T°C	22	24	26
	pH	8,32	5,76	8,88
	TH	36,4	118,8	26,2
	Mo	1,43	0,86	1,72
	MES	0,637	0,457	0,261
22/03/2010	T°C	24	25	25
	pH	8,66	5,92	8,75
	TH	32,8	148,0	22,4
	Mo	0,86	0,57	1,43
	MES	0,437	0,866	0,576
23/03/2010	T°C	29	27	44
	pH	6,83	5,07	7,00
	TH	62,80	164,8	60,80
	Mo	6,00	2,57	11,44
	MES	2,394	1,034	2,465
24/03/2010	T°C	28	25	30
	pH	7,89	5,38	8,13
	TH	48,8	124,8	52,4
	Mo	7,15	3,14	10,01
	MES	3,048	1,236	2,989
25/03/2010	T°C	24	23	26
	pH	8,92	5,74	9,08
	TH	84,6	182,8	48,6
	Mo	10,01	3,72	11,44
	MES	3,493	0,963	2,760

5-Analyse microbiologique du produit fini (sucre cristallisé)

5.1-Levures et moisissures

Les résultats obtenus sont représentés dans les figures 66, 67, 68, 69,70.

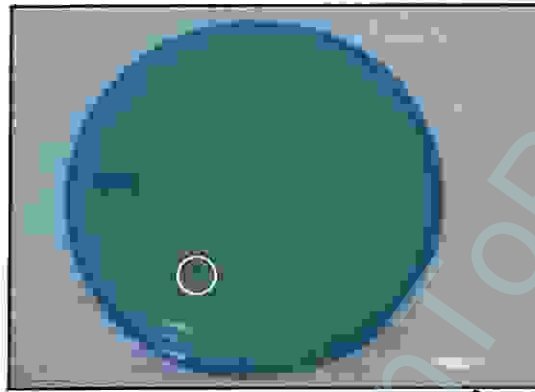


Figure 66 : Boite 1 (dilution 10^{-2})



Figure 67 : Boite 2 (dilution 10^{-3})



Figure 68 : Boite 3 (dilution 10^{-4})

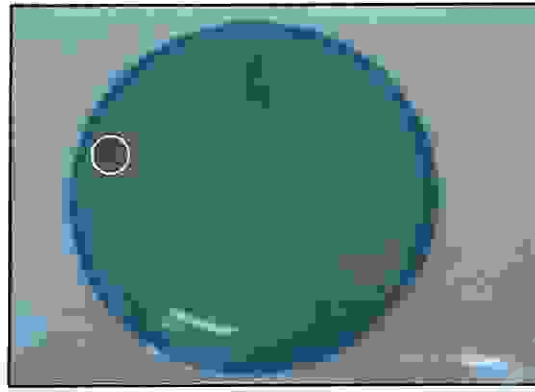


Figure 69 : Boîte 4 (dilution 10^{-5})



Figure 70 : Boîte 5 (dilution 10^{-6})

Ces résultats sont résumés dans le tableau 17.

Pour le dénombrement des levures et moisissures nous avons déterminés une présence positive des moisissures dans 4 boîtes mais elle reste dans les normes prescrites entre 1 et 10 germes/ml (J.O.R.A. 1994), tandis que pour les levures nous n'avons pas détecté aucune colonie.

Tableau 17 : Résultats du dénombrement des levures et moisissures.

Boîtes	Résultats	
	Levures	Champignons
1	0	1
2	0	0
3	0	1
4	0	1
5	0	2

5.2-la flore mésophile aérobie totale

Les résultats obtenus sont représentés dans les figures 63, 64, 65.



Figure 63 : Série 1.



Figure 64 : Série 2.

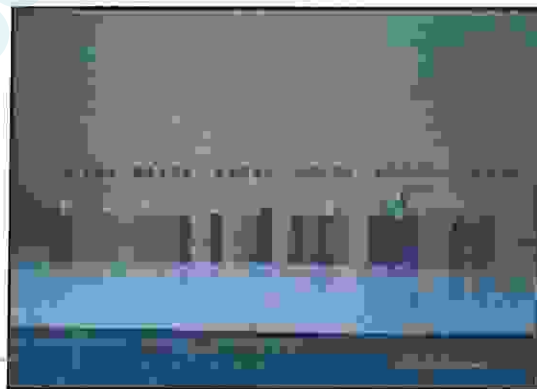


Figure 65 : Série 3.

Selon la table de Mac Grady (Annexe04) le dénombrement se fait comme suit :

Série 1 : $\underbrace{01}_1, \underbrace{11}_2, \underbrace{01}_1, \underbrace{10}_1, \underbrace{11}_2, \underbrace{00}_0$

→ 130 → $2 \times 10^4 = 20000$ germes/ml.

Série 2 : $\underbrace{011}_2, \underbrace{010}_1, \underbrace{100}_1, \underbrace{000}_0, \underbrace{100}_1, \underbrace{011}_2$

→ 140 → $0,7 \times 10^3 = 700$ germes/ml.

Série 3 : $\underbrace{00111}_3, \underbrace{11010}_3, \underbrace{01000}_1, \underbrace{01011}_3, \underbrace{01001}_1, \underbrace{00011}_2$

→ 140 → $2 \times 10^4 = 20000$ germes/ml.

Les valeurs trouvées du dénombrement de la flore aérobie mésophile totale sont supérieures à la norme prescrite de < 200 germes/ml (J.O.R.A. 1994).

L'augmentation des valeurs peut être due à un mauvais séchage du produit fini (humidité élevée).

Plan HACCP

Produced with ScanTOPDF

6- Plan HACCP

Devant le changement des échanges internationaux que connaît le monde par la globalisation et la mondialisation, les entreprises surtout agroalimentaires se trouvent face à une concurrence accrue et une exigence du consommateur qui est devenu vigilant vis-à-vis de la qualité sanitaire des produits alimentaires. Pour cela, il n'est plus suffisant de fabriquer des produits en quantité suffisante et qualité satisfaisante, mais le souci des entreprises agroalimentaires est devenu l'assurance de la sécurité alimentaire de leurs produits.

6.1-Etape 01 : Définir le champ d'étude

Cette étude est réalisée pour identifier de façon précise le produit consommé : le sucre cristallisé obtenu à partir du raffinage du sucre roux.

6.2-Etape 02 : L'équipe HACCP

- Le directeur générale
- Responsable de qualité et de la sécurité alimentaire (QPSA) et responsable HACCP.
- Chef de département de production.
- Chef de service de laboratoire.
- Responsable de l'épuration.
- Responsable de la cristallisation.
- Responsable emballage et conservation.
- Responsable Hygiène
- Chef de service de la commercialisation.
- Un conseiller technique.
- Responsable de la maintenance.
- Secrétaire générale.
- Chef de la sécurité.

6.3-Etape 03 : Description du produit

Le sucre produit par l'unité SORA sucre/Guelma est un sucre cristallisé obtenu à partir du raffinage du sucre roux de la canne importé essentiellement des pays de l'Amérique du sud. Il peut atteindre une pureté de 99% de saccharose.

6.4-Etape 04 : Utilisation du produit

Le sucre est destiné principalement à la consommation humaine et on peut l'utiliser aussi pour conserver naturellement les fruits : confitures, fruits confits, sirops, mais aussi du lait concentré sucré. Le saccharose extrait de la canne peut aussi servir à d'autres fins que la consommation. Par différents procédés chimiques, on peut transformer le sucre en de nombreuses substances chimiques (éthers et esters) aux applications très intéressantes. Des plastifiants, des adhésifs, des vernis, des cosmétiques, des détergents sont quelques exemples des produits dérivés du sucre.

6.5-Etape 05 : Diagramme de production

Le diagramme de production de sucre au niveau de SORA-sucre Guelma est représenté dans la figure 71.

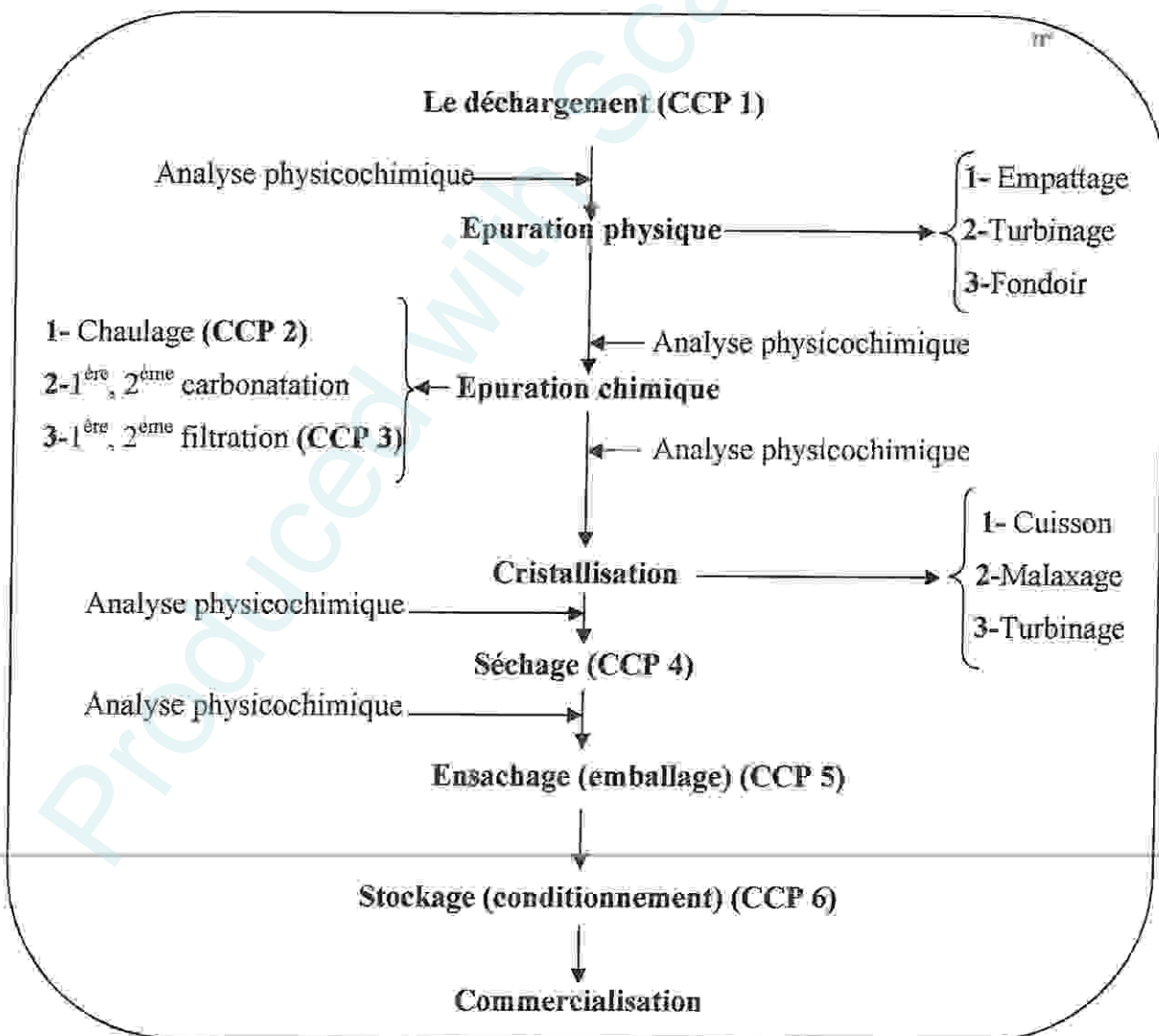


Figure 71 : Diagramme de production de sucre

6.6-Étape 06 : Confirmation du diagramme de production sur site

Le responsable qualité et les membres de l'équipe HACCP doivent suivre sur site le diagramme de production pour le vérifier.

6.7-Étape 07 : Identification des dangers et les mesures préventives

L'équipe HACCP doit effectuée une analyse des risques pour déterminer tout danger biologique, chimique ou physique, et doit ensuite envisagée les mesures préventives susceptibles d'appliquer à chaque étape (Tab. 18).

6.8-Étape 08 : Déterminer les CCP, limites critiques et les actions correctives

Une fois les dangers, leurs causes et les mesures préventives sont identifiés, l'équipe HACCP doit évaluer chaque étape de diagramme de production pour savoir s'il existe un point critique ou non pour chaque danger. A chaque étape considérée comme critique, des limites critiques ont été définies pour permettre de voir si la mesure de maîtrise du danger considéré a été appliquée convenablement ou non. Il faut établir un système de surveillance pour vérifier que les limites critiques ne sont pas dépassées. Enfin, il faut mettre en place des mesures correctives lorsque la surveillance révèle la tendance vers le dépassement d'une limite critique donnée. Tout les CCP, les limites critiques et les actions correctives sont représentés dans le tableau 19.

6.9-Étape 09 : Etablir le système de surveillance des CCP

Il faut :

- Une auto surveillance.
- Des indicateurs et des seuils au niveau des points critiques
- L'utilisation des analyses physicochimiques et microbiologiques pour s'assurer de la conformité du produit.

6.10-Étape 10 : Etablir une documentation

Le secrétaire générale doit effectuée un enregistrement efficace et précis pour l'application du plan HACCP. Le tableau 20 montre un exemplaire d'une documentation (Tab. 20).

Tableau 18 : Identification des dangers, leurs causes et les mesures préventives

Etape	Dangers	Cause des dangers	Mesures préventives
Le déchargement	-Dé-canalisation -Présence de corps étrangers	-Humidité élevée du sucre roux -particules dues à la corrosion des conduites	-Contrôle de l'humidité -Contrôle visuel
Empattage	-Masse cuite trop diluée ou trop solide	-Défaut des quantités d'eau et de sucre roux introduits	-Contrôle des quantités d'eau et de sucre roux
Turbinage	-Défection des turbines	-Présence des corps étrangers dus à la corrosion des conduites	-Entretien régulier et nettoyage
Chaulage	-Insuffisance ou excès du lait de chaux	-Mauvaise préparation du lait de chaux -Mauvaise qualité de la chaux	-Automatisme du chaulage (pH mètre, débitmètre pour le sirop) -Installation d'un four à chaux
1^{ère} et 2^{ème} carbonatation	-Manque de CO ₂	-CO ₂ de la chaudière insuffisant	-Contrôle de la richesse en CO ₂ provenant des chaudières 1 et 2 -Utiliser le CO ₂ du four à chaux
1^{ère} et 2^{ème} filtration	-Sirop trouble -Présence dans le produit finis de la chaux sous forme solide	-Mauvaise filtration -Passage du CaCO ₃	-Contrôle des filtres -Nettoyage régulier des filtres -Ajouter une filtration par charbon actif (traitement noire) + décoloration après la filtration
Cristallisation	-Condensation du sirop -Mauvaise granulométrie -Présence de la rouille dans les cuites	-Manque de vapeur (cuisson lente) -Mauvaise préparation de la semence -Amortissement des cuites.	-Respecter le temps de cuisson -Assurer des quantités suffisantes en vapeur, vide et pression -Changer les cuites en matière inoxydable ou en inox alimentaire

Etape	Dangers	Cause des dangers	Mesures préventives
Malaxage	-Problème de pompage -Solidification du sucre (humidité élevée) -Contamination microbienne	-Masse cuite liquide -Manque de vapeur -Hygiène du personnel	-Contrôle du Brix -Contrôle de la vapeur -Contrôle microbiologique
Séchage	-Contamination microbienne -Présence des corps étrangers	-Mauvaise qualité des sacs -Hygiène du personnel -Présence des nuisibles (exemple : les abeilles)	-Respect des précautions à prendre lors de l'ensachage -Formation du personnel -Respect du programme de lutte contre les nuisibles
Stockage	-Défaut de qualité organoleptique -Contamination microbienne -Contamination chimique	-Augmentation de la température qui permet l'élargissement des micropores de l'emballage se qui conduit du changement de goût -Altération à cause de ré-humidification ou d'un développement microbien au cours du stockage -Echange moléculaire entre le produit et l'emballage du à l'augmentation de la température	-Installer des refroidisseurs -Installer des sècheurs -Contrôle de la qualité des sachets -Maîtrise des conditions du stockage -Programme de contrôle régulier de la température et de l'humidité

Tableau 19 : Identification des CCP, les limites critiques et les mesures préventives.

Etape	CCP	Danger	Critère à surveiller	Limites critiques	Contrôle effectué	Responsable du contrôle	Fréquence	Action corrective	Responsable de la correction
Le déchargement	CCP 1	Physique	L'humidité	Hum \leq 1%	Contrôle physicochimique	Laborantin (chimiste)	Chaque décharge	Bloquer le produit	Chef de département de production
Chaulage	CCP 2	Chimique	Bauré, pH, 1 ^{ère} et 2 ^{ème} carbonation	Be = 5,4 à 8,5 pH = 8,5 à 9,0 1 carb. = 0,6 à 0,7 2carb. = 0,15 à 0,20	Contrôle physicochimique	Laborantin (chimiste)	Chaque 2 heures	Automatisme du chaulage (pH mètre + débit mètre)	Responsable de qualité et HACCP
1 ^{ère} et 2 ^{ème} Filtration	CCP 3	Chimique	Coloration, pH	Col (1) = 6°St Col (2) = 5°St pH (1) = 8,5 à 9 pH (2) = 8,5 à 9	Contrôle physicochimique	Laborantin (chimiste)	Chaque 2 heures	Automatisme (colorimètre, pH mètre) + traitement en noir	Responsable de qualité et HACCP
Séchage	CCP 4	Biologique	L'humidité, l'hygiène du personnel, des locaux et de matériel	Hum \leq 1%	Contrôle microbiologique + contrôle physicochimique	Laborantin (chimiste)	Contrôle régulier	sensibilisation et formation du personnel	Chef de service de laboratoire + Responsable hygiène

Etape	CCP	Danger	Critère à surveiller	Limites critiques	Contrôle effectué	Responsable du contrôle	Fréquence	Action corrective	Responsable de la correction
Emballage	CCP 5	Biologique	La fermeture des sachets	-	Contrôle microbiologique	Laborantin (chimiste)	Contrôle régulier	Planning de maintenance préventive de l'emballage	Chef de service de laboratoire + Responsable de la maintenance
Stockage	CCP 6	Chimique	La température	-	Contrôle physicochimique	Laborantin (chimiste)	Contrôle régulier	Installer des refroidisseurs	Responsable emballage et conservation

Tableau 20 : exemplaire d'une documentation

Partie renseignée par l'équipe HACCP		Partie renseignée par le responsable HACCP						
Etape	CCP	Vérification	Résultats de la vérification		Action corrective	Responsable	Délai	Date de réalisation
			Respecté	Non respecté				
Exemple: Le déchargement	CCP 1	L'humidité	> 1%	+	Bloquer le produit et contrôler l'humidité	Chef de département de production et le chimiste	Chaque décharge	11.
.....	CCP 2	11.

Date de l'audit :

Auditeurs:

Conclusion

Notre étude permet de suivre et contrôler le processus de raffinage du sucre roux du SO.RA SUCRE de Guelma pour produire le sucre avec une bonne qualité et le meilleur rendement possible. Le raffinage du sucre comporte deux grandes opérations : l'épuration et la cristallisation.

L'épuration, fournie des sirops moins pur, cela signifie qu'il n'a pas d'élimination total des impuretés minérales responsables de la rétention du sucre dans la mélasse avec existence d'un danger d'intoxication dû à ces impuretés. Ces éléments minéraux peuvent être évités par adsorption sur du charbon actif.

La cristallisation, sert à extraire le maximum de sucre. En effet, nous cherchons à extraire avec le meilleur rendement possible le sucre dissout dans le sirop d'un brix 91,5 à 92%. En concentrant le sirop on obtient une masse cuite avec un brix maximum et contenant à la fin de la cuite le maximum de sucre extractible. Autrement dit, obtenir le maximum de cristaux et le minimum d'égout répandant aux normes.

Il est intéressant de signaler que nous avons obtenus par les différentes techniques d'analyse, un sucre blanc de bonne qualité contenant des traces d'humidités inférieures à 1% avec une couleur blanche (coloration $< 60^\circ$ St) possède un brix de l'ordre 99,93%, une grande pureté 99,96%. En ce qui concerne la mélasse elle contient encore une qualité élevée que les normes de sucre non cristallisable a 64,93% et cela influe négativement sur le rendement et n'oublions pas que si jusqu'à présent nos sucre se sont toujours vendus sans difficultés, ils auront à affronter concurrence de sucres étrangers, de qualité souvent supérieure.

L'HACCP est la principale plate-forme de législation internationale et de bonnes pratiques de fabrication pour tous les secteurs de l'industrie alimentaire. Il a en outre pris une place dominante dans le commerce international de produits alimentaires. De plus, c'est un outil de gestion des risques reconnus au niveau international car il permet une gestion proactive des problèmes de sécurité alimentaire. Le plan HACCP établi pour la SO.RA. Sucre SPA Guelma permet de déterminer les risques susceptibles d'affecter la sécurité alimentaire, notamment par l'identification des dangers et l'établissement de limites critiques de contrôle aux étapes essentielles du processus de production.

Références bibliographiques

Ajit K, Ashok K , Virendra P, 1998. Production technology of lump sugar. Ed. Daya Pub House. 287p.

Arzate A, 2005 Extraction et raffinage du sucre de canne. Ed. Saint-Norbert d'Athabaska.42p.

Bakker H, 1999. Sugar cane cultivation and management. Ed. Springer . 679 p.

Boulahfa S, Halaci H, Bendjemil F, 2006. Suivi et contrôle du procédé de raffinage du sucre roux. Mémoire du DEUA en chimie industrielle, université 8 mais 1945 Guelma.54p.

Dupin H, 1992. Alimentation et nutrition humaines. Ed. Esf Editeur . 1533 p.

Fauconnier R, 2002. La canne à sucre. Ed. Maisonneuve et Larose .172p.

Food and Agriculture Organisation, 2003. Manuel sur l'application du système de l'analyse des risques-points critiques pour leur maîtrise (HACCP). Ed. Food & Agriculture Org. . pp 17-24 .

Gérard D, 1996. Glucides à saveur sucrée, édulcorants et santé. Ed. John Libbey Eurotext. 850p.

Glyn J, 2004. Sugarcane. Ed. Wiley-Blackwell.216 p.

Honig P, 1953. Principles of Sugar Technology. Ed. Elsevier Pub. 767 p.

Les sites web

[01] <http://www.science-et-vie.net/definition-sucre-823.html>(consulté le 15/03/2010).

[02] http://www.agr.gc.ca/misb/spec/index_f.php?s1=bet&page=intro(consulté le 15/01/2010).

[03] http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Plante_utile (consulté le 18/03/2010).

[04] <http://www.sugar.ca> (consulté le 20/04/2010).

[05] <http://umr-pia.cirad.fr/recherche/pcanne.html> (consulté le 20/02/2010).

[06] <http://r0.unctad.org/infocomm/francais/sucre/qualite.htm> (consulté le 10/02/2010).

- [07] <http://www.science-et-vie.net/definition-sucre-823-pg2.html>(consulté le 14/01/2010).
- [08] <http://www.science-et-vie.net/definition-canne-sucre-881.html> (consulté le 20/03/2010).
- [09] <http://www.science-et-vie.net/definition-sucre-823-pg3.html> (consulté le 05/04/2010).
- [10] <http://www.science-et-vie.net/definition-sucre-823-pg5.html> (consulté le 12/01/2010).
- [11] <http://www.unctad.org/infocomm/francais/sucre/marche.htm> (consulté le 05/05/2010).
- [12] <http://www.ecolemoudon.ch/classes/neuf/pays/Cannesucre> (consulté le 02/02/2010).
- [13] http://www.labetterave.com/la_filiere_betteraviere/histoire/8/index.html (consulté le 14/01/2010).
- [14] <http://www.r0.unctad.org/infocomm/francais/sucre/descript.htm>(consulté le 03/03/2010).
- [15] http://www.cal-lorraine.com/culture/prof_calbert/sucre.html (consulté le 12/04/2010).
- [16] <http://perso.wanadoo.fr/lameca/dossiers/> (consulté le 15/01/2010).
- [17] <http://www.dpi.qld.gouv.au/home/default.html> (consulté le 02/03/2010).
- [18] <http://www.fivescail.com/produits/fiche5.htm> (consulté le 20/02/2010).
- [19] <http://www.lantic.ca/francais/index.html> (consulté le 16/12/2009).
- [20] <http://www.univ-lille1.fr/pfeda/iaal/docs/iaal2003/verg/decoup%27cossettes.htm>
(consulté le 22/02/2010).
- [21] <http://www.ac-amiens.fr/etablisements/0601296h/intromah.htm> (consultée le 16/04/2010).
- [22] <http://www.r0.unctad.org/infocomm/francais/sucre/technologie.htm> (consulté le 17/03/2010).
- [23] <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.jsp?lang=FR> (consulté le 10/01/2010).
- [24] <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/index.html> (consulté le 09/04/2010).
- [25] http://fr.wikipedia.org/wiki/Canne_à_sucre (consulté le 17/03/2010).

- [26] <http://www.food-info.net/fr/products/sugar/sources.htm> (consulté le 13/05/2010).
- [27] <http://www.titem.fr/2008/02/15/les-emblemes-du-canada/> (consulté le 13/05/2010).
- [28] <http://www.erabliere-lac-beauort.qc.ca/chimie/chimie.htm> (consulté le 13/05/2010).
- [29] <http://www.dipbot.unict.it/Les%20Palmiers/Descr09.html> (consulté le 13/05/2010).
- [30] http://www.mi-aime-a-ou.com/photos_ile_reunion/disp_imgphotos.php?id_img=2530
(consulté le 13/05/2010).
- [31] <http://www.fcorpet.free.fr/Denis/W/Cours07Haccp.html>(consulté le 31/05/2010).
- [32] <http://www.sugar.ca/francais/consumers/sugarfactsmyths.cfm> (consulté le 31/05/2010).

Résumé

Notre étude est réalisée au niveau de la SO.RA sucre SPA Guelma (Nord-est Algérien), et au laboratoire de microbiologie du département de biologie de l'université du 8 mai 1945 Guelma.

Le but de cette étude est le suivi de la qualité du sucre au cours des différentes étapes de fabrication et le contrôle des différents paramètres physicochimiques (brix, polarisation, pureté, coloration, pH, humidité, granulométrie, traces des sucre, titre hydrométrique, titre alcalimétrique simple, titre alcalimétrique complet, chlorures et le CO₂), ainsi que le dénombrement microbiologique (levures, moisissures et la flore mésophile aérobie totale). Enfin un système HACCP est établi pour améliorer la qualité du sucre et de maîtriser les dangers ainsi que les limites critiques tout en mettant en place les mesures correctives pour assurer la conformité du produit.

D'après nos résultats il s'avère que le sucre de la SO.RA sucre est de bonne qualité, avec un brix de 99,93%, une coloration de 60 St°, et une pureté de 99%.

Mots clés : sucre, sucre roux, sucre cristallisé, raffinage de sucre, canne à sucre, HACCP.

Abstract

Our study was conducted at the SO.RA sugar Guelma (North-eastern of Algeria), and the microbiology laboratory of the Department of Biology, University of Guelma.

The purpose of this study is to monitor the quality of sugar during the various stages of manufacture and testing of different physicochemical parameters (Brix, polarization purity, color, pH, moisture, grain size, trace of sugar, hydrometric title alkalimetric simple, alkalimetric complete, chloride and CO₂) and the microbiological count (yeast, fungi and total aerobic mesophilic flora).

Finally an HACCP system is established to improve the quality of sugar and to master the risks and the critical limits while putting in place corrective measures to ensure product conformity.

From our results it appears that the sugar of the SO.RA. sugar is good, with a brix of 99.93%, staining of 60 St °, and a purity of 99%.

Keywords: sugar, brown sugar, granulated sugar, refined sugar, cane sugar, HACCP.

Produced with Scantopdf

الملخص

الدراسة التجريبية التي قمنا بها أجريت على مستوى مصنع تكرير السكر بقالمة (شمال شرق الجزائر) ، ومخبر الميكروبيولوجيا في جامعة 8 ماي 1945 - قالمة ، وهذا لمتابعة نوعية السكر، وهذا خلال المراحل المختلفة للإنتاج ، والتحكم في جميع المعايير المستخدمة في التصنيع سواء كانت فيزيوكيميائية (نذكر منها: نسبة المادة الجافة، درجة الحموضة، الرطوبة، حجم الحبيبات الخ) أو ميكروبيولوجية من أجل تعداد الفطريات والخمائر. علاوة على ذلك وضع نظام تحليل المخاطر لتحسين نوعية السكر، السيطرة على المخاطر و الحدود الحرجة ، وضع الإجراءات التصحيحية واستخدام التحاليل الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لضمان المنتج الأمثل. من خلال نتائجنا ، سكر مصنع تكرير السكر بقالمة ذو نوعية جيدة ، حيث نسبة المادة الجافة تقدر ب 99.93% ودرجة نقاوة 99%.

كلمات مفتاحية : سكر، سكر أحمر، سكر ملبور، تكرير السكر، قصب السكر، نظام تحليل المخاطر.

Annexe

Produced with ScanTOPDF

Annexe 01: Tableau de correspondances pour la coloration.

T	E	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E
1	2,00	18	0,745	35	0,456	52	0,286	69	0,161	86	0,066		
2	1,699	19	0,721	36	0,444	53	0,276	70	0,159	87	0,061		
3	1,523	20	0,699	37	0,432	54	0,268	71	0,149	88	0,056		
4	1,398	21	0,678	38	0,420	55	0,260	72	0,143	89	0,051		
5	1,301	22	0,658	39	0,409	56	0,252	73	0,137	90	0,046		
6	1,222	23	0,638	40	0,398	57	0,244	74	0,131	91	0,041		
7	1,153	24	0,620	41	0,387	58	0,237	75	0,125	92	0,036		
8	1,097	25	0,602	42	0,377	59	0,229	76	0,119	93	0,032		
9	1,046	26	0,585	43	0,367	60	0,222	77	0,114	94	0,027		
10	1,000	27	0,569	44	0,357	61	0,215	78	0,108	95	0,022		
11	0,959	28	0,553	45	0,347	62	0,208	79	0,102	96	0,018		
12	0,921	29	0,538	46	0,337	63	0,200	80	0,097	97	0,013		
13	0,886	30	0,523	47	0,328	64	0,194	81	0,092	98	0,009		
14	0,854	31	0,509	48	0,319	65	0,187	82	0,086	99	0,004		
15	0,824	32	0,495	49	0,310	66	0,181	83	0,081	100			
16	0,796	33	0,482	50	0,301	67	0,174	84	0,076	101			
17	0,770	34	0,469	51	0,293	68	0,168	85	0,071	102			

T: Valeur affectée par l'appareil.

E: Valeur correspondante pour le calcul de coloration.

Annexe 02 : Tableau de correspondance pour le Baumé.

Baumé	CaO g/l
5	46
6	56
7	65
8	75
9	84
10	94
11	104
12	115
13	126
14	137
15	148
16	159
17	170
18	181
19	193
20	206
21	218
22	229
23	242
24	255
25	268
26	281
27	297
28	309
29	324
30	339

Annexe 03 : Matériels utilisés pour l'analyse microbiologique du produit fini.

Matériels	Milieux de culture et réactifs
Bucher	Eau de robinet
Portoir	Eau distillée
Pipette graduée de 10 ml	Eau de javel
Tubes à essai	Milieu Sabouraud
Boîtes de pétri	Bouillon BCPL
Anse de platine	
Bec Bunsen	
Etuve	
Balance	

Produced with ScanTOPDF

Annexe 04 : La table de Mac Grady.

<i>2 tubes par dilution</i>		<i>3 tubes par dilution</i>					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.5	001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.5	010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.9	011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.9	020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.6	100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	1.2	101	0.7	221	3.0	321	15.0
110	1.3	102	1.1	222	3.5	322	20.0
111	2.0	110	0.7	223	4.0	323	30.0
120	2.0	111	1.1	230	3.0	330	25.0
121	3.0	120	1.1	231	3.5	331	45.0
200	2.5	121	1.5	232	4.0	332	110.0
201	5.0	130	1.6	300	2.5	333	140.0
210	6.0	200	0.9	301	4.0		
211	13.0						
212	20.0						
220	25.0						
221	70.0						
222	110.0						

5 tubes par dilution

Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Annexe 05 : Les réactifs utilisés pour l'analyse physicochimique.

Réactifs	Formule	Concentration
chlorure d'hydrogène	HCl	(N,N/10, N/50) (0.02 N)
Hydroxyde de sodium	(NaOH)	(0,1 N)
Phénolphtaléine	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	(0,1%)
Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	N/10
Méthylorange	C ₁₄ H ₁₄ N ₃ O ₃ SNa	
Chromate de potassium	K ₂ CrO ₄	(0,1 N).
Nitrate d'argent	AGNO ₃	-
l'acide éthylène diamine tetra acétique Complexant EDTA	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	-
acide nitrique	HNO ₃	(5N)
Noire eriochrome	HOC ₁₀ H ₆ N=NC ₁₀ H ₄ (OH)(NO ₂)SO ₃ Na	-
KOH	hydroxyde de potassium	(7 N)
Hydroxyde d'ammonium	NH ₄ OH	-
Ether	CHOCOOH	-
Acide acétique	CH ₃ COOH	-
Alpha naphthol	H ₂ SO ₄	(0,1 N)
Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	-
Sous acétate de plomb	(Pb(CH ₃ COO) ₂ 2H ₂ O).	-

Annexe 06 : Matériels utilisés pour l'analyse physicochimique.

Appareils	Types
pH mètre	HANNA instruments pH 221 Made in Portugal Métrohan HERUSAN-512
Agitateur	(SIMMER STAT)
Polarimètre	Schmidt,hansch 19817
Réfractomètre	(Optika,2Waj,SN209557) (Italie)
Transmetteur	(ELVI 465) 490 mm (Italie)
Spectrophotomètre	(Seconman RS 232)
Tamiseur	(Resch) Allemagne.
Balance technique	(Mettler DVMAS France 250 mm)
Balance analytique	(Satorivs 2442) (200 gmax) (Allemagne).
L'appareil d'orsat	(Flacons)
Etuve	(Etuve Isothere , Prolabo)
Papiers filtres	(Prat dumas France 250 mm)
Distillateur	Buchi Fontavapor 210
Bucher	(Schott ,duran Allemagne)
Fiole (200ml, 50 ml,110 ml, 250 ml)	(Schott ,duran Allemagne)
Tube polarimètre	-
Flacon d'échantillonnage	-
Portoir	-
Tube a essai	-
Spatule	-
Picette	-

Annexe 07 : Les normes internationales des paramètres physicochimiques et microbiologiques.

Paramètres	Normes
Chaulage	5-6 (g/l)
1 ^{ère} carbonatation	Alc. = 0,6 – 0,7 g/l
2 ^{ème} carbonatation	Alc. = 0,15 – 0,20 g/l
pH de la 2 ^{ème} carbonatation	8,5 – 9,0
Baumé	5,4 – 8,5 g/l
CO ₂	10 – 12 %
Refonte A	Bx = 65 – 68 % Col ≤ 30 ° St pH = 5 - 8
Refonte B	Bx = 64 – 65 % Col ≤ 5 ° St pH = 8
1 ^{ère} filtration	Bx = 63 – 64 % Col ≤ 6 ° St pH = 8,5 - 9
2 ^{ème} filtration	Bx = 62 – 63 % Col ≤ 5 ° St pH = 8,5 - 9
2 ^{ème} corps	Bx = 63 – 64 %
5 ^{ème} corps	Bx = 72 %
MC RI	Bx = 90 – 91 % Pol = 89 % Pte. = 99 – 99,20 % pH = 8,4 – 8,6
MC RII	Bx = 90 – 91 % Pol = 81,4 % Pte = 98,20 % pH = 8,2 – 8,3

Paramètres	Normes
MC A	Bx = 92 – 93 % Pol = 81,8 % Pte = 89,91 % pH = 8,2 – 8,3
MC B	Bx = 92 – 93 % Pol = 76,3 % Pte = 83 – 85 % pH = 8,2 – 8,3
E RI	Bx = 75 – 78 % Pol = 72,7 – 75,6 % Pte = 97 % pH = 8,1 – 8,3
E RII	Bx = 75 – 78 % Pol = 74 – 77 % Pte = 98 – 98,5 % pH = 8,2 – 8,4
E Affinage	Bx = 75 – 78 % Pol = 81,5 – 84 % Pte = 92 – 93 % pH = 8 – 8,2
E A	Bx = 76 – 79 % Pol = 66,1 – 69,5 % Pte = 87 – 88 % pH = 8,4 – 8,6
E B	Bx = 80 % Pol = 56 – 57,6 % Pte = 71 % pH = 8 – 8,1
Mélasses	Bx = 78 % Pol = 45 % Pte = 55 – 56 % pH = 7,6

Paramètres	Normes
Sucre roux	Bx = 99,8 % Pol = 99,6 % Pte = 99 % Col = < 6000 U/ ICUMSA Hum = < 0,2
Sucre affiné	Pte = 99,75 % Col = < 1500 U/ ICUMSA Hum = < 1
Sucre A	Pte = 99,5 % Col = < 3000 U/ ICUMSA Hum = < 0,2
Sucre cristallisé	Bx = 99,7 % Pol = 99,8 % Pte = 99,9 % Col = < 100 U/ ICUMSA Hum = < 0,1 Granulométrie = 80%
Eau de la bache alimentaire	TH = 00 TA = 00 TAC = 1,2 - 1,6 pH = 8 - 9 TS = néant CL = 2 - 3
Eau des chaudières	TH = 00 TA = 3 - 5 TAC = 6 - 10 pH = 9 - 11 TS = néant CL = 5 - 6
Eau de la bache de stockage	TH = 00 TA = 00 TAC = 1 - 2 pH = 7 - 7,6

Paramètres	Normes
Flore mésophile aérobie totale	< 200 germes/ml
Moisissures	1 – 10 germes/ml
Levures	1 – 10 germes/ml

Annexe 08: résultats d'analyses de l'alcalinité

Date	Alcalinité					CO ₂
	Chaulage (g/l)	1. CO ₂ (g/l)	2. CO ₂ (g/l)	pH CO ₂	Be (g/l)	
14/03/2010	7,75	1	0,072	8,43	10,57	6,95
15/03/2010	4,75	0,85	0,16	8,8	10,52	7,25
16/03/2010	5,55	0,65	0,112	8,42	8,9	7,7
17/03/2010	7,25	0,53	0,11	8,7	8,8	7,7
18/03/2010	6,5	0,78	0,125	8,27	8,5	7,65

Annexe 09: résultats d'analyses des refontes A, B.

Date	Refonte A			Refonte B	
	BX (%)	pH	COL (°st)	BX (%)	pH
14/03/2010	61,5	7,3	28,35	64	6,1
15/03/2010	60,75	7,2	28	65,38	6,0
16/03/2010	57,3	7,0	28,22	59,5	6,2
17/03/2010	51,8	7,3	29,5	62,8	6,1
18/03/2010	65,5	7,1	25,74	61	6,0

Annexe 10: résultats d'analyses de la filtration 1 et 2.

Date	1 ^{ère} filtration			2 ^{ème} filtration		
	BX(%)	pH	COL (°st)	BX (%)	pH	COL (°st)
14/03/2010	54,5	8,8	5,01	55	8,78	3,88
15/03/2010	56,75	8,9	5,78	56	8,8	4,73
16/03/2010	56,6	9,0	4,5	56,25	8,8	3,92
17/03/2010	55,6	8,8	4,58	54,6	8,6	4,0
18/03/2010	55,1	8,9	4,45	55,5	8,7	6,38

Annexe 11: résultats d'analyses de 2^{ème} et 5^{ème} corps.

Date	2 ^{ème} corps		5 ^{ème} corps	
	BX	COL	BX	COL
14/03/2010	56	6,33	60	7,04
15/03/2010	57,5	7,22	62,5	6,61
16/03/2010	57,8	6,3	58,6	8,0
17/03/2010	56,75	7,61	60,25	6,56
18/03/2010	58,3	7,3	64,25	6,68

Annexe 12 : Résultats d'analyses des masses cuites:

Date	Paramètre	Masses cuites			
		MC R1	MC R2	MC A	MC B
21/03/2010	Bx	88,0	89,0	90,0	90,0
	Pol	87,2	87,6	84,4	72,0
	Pte	99,09	98,42	93,77	80,0
	pH	8,2	8,5	6,8	5,5
22/03/2010	Bx	90,0	88,5	90,0	88
	Pol	89,0	87,2	83,2	73,2
	Pte	98,0	98,53	92,44	83,18
	pH	8,5	8,4	6,4	5,5
23/03/2010	Bx	89,5	89,0	89,5	90
	Pol	89,0	87,8	83,0	74,2
	Pte	99,4	98,65	92,73	82,44
	pH	8,6	8,5	6,3	5,6
24/03/2010	Bx	89,0	89,0	90,0	88
	Pol	88,4	86,8	82,8	73,2
	Pte	99,32	97,52	92	83,18
	pH	8,7	8,5	6,5	7,5

Annexe 13 : Résultats d'analyses des égouts.

Date	Paramètre	Egouts				
		E. R1	E. R2	E. Affinage	E. A	E. B
21/03/2010	Bx	75,2	77,25	69,25	76,75	78,75
	Pol	73,0	75,8	63,2	66,8	56,4
	Pte	97,07	98,12	91,26	87,03	71,61
	pH	8,4	8,6	5,9	6,1	5,6
22/03/2010	Bx	76,5	74,0	68,75	87,5	74,75
	Pol	75,4	72,6	63,4	65,8	55,2
	Pte	98,56	98,1	92,21	83,82	73,84
	pH	8,5	8,3	8,5	6,5	5,5
23/03/2010	Bx	75	74,25	69,25	76,5	78,0
	Pol	73,8	72,8	63,8	64,2	59,2
	Pte	98,4	98,04	92,12	83,92	75,89
	pH	8,4	8,1	5,9	6,3	5,6
24/03/2010	Bx	76	74,75	69,0	77,5	74,0
	Pol	75	72,6	62,0	64,0	64,0
	Pte	98,68	97,12	69,85	82,88	82,58
	pH	8,5	8,4	5,9	6,3	5,4

Annexe 14 : Résultats d'analyses de l'égout C (Mélasse)..

Date	Paramètre			
	Bx	Pol	Pte	pH
21/03/2010	76,75	47,0	69,23	5,5
22/03/2010	76,5	47,0	61,43	5,4
23/03/2010	77,0	47,2	61,29	5,4
24/03/2010	78,0	48,2	61,79	5,4

Annexe 15 : Résultats d'analyses des sucres.

Date	Paramètre	Sucres				
		Sucre roux	Sucre affiné	Sucre A	Sucre B	Sucre cristallisé
28/03/2010	Bx	99,86	99,25	99,85	96,44	99,93
	Pol	99,4	99,0	99,2	92,4	99,9
	Pte	99,54	99,75	99,52	99,81	99,97
	Col	1468,97	986,32	1282,51	10480,72	42,36
	pH	6,9	7,2	8,6	7,4	8,4
	Hum	0,14	0,75	0,42	3,56	0,07
29/03/2010	Bx	99,23	98,36	99,2	95,31	99,85
	Pol	97,8	98,2	98,0	92,2	99,8
	Pte	99,56	99,8	98,79	96,74	99,94
	Col	2551,26	619,33	1121,73	9067,76	72,36
	pH	7,4	7,55	8,65	7,6	9,05
	Hum	0,81	0,81	0,8	4,69	0,09

Produced with