

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira -Bejaïa-

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences alimentaires

Mémoire

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieure
d'état en science alimentaire**



Présenté par :

Devant le jury :

M^{elle} AISSIOU Dalila
ET

M^{elle} BOUZANBOUA Nesma

Président :
Examinatrice :

Promoteur :

Année 2011/2012

Remerciements

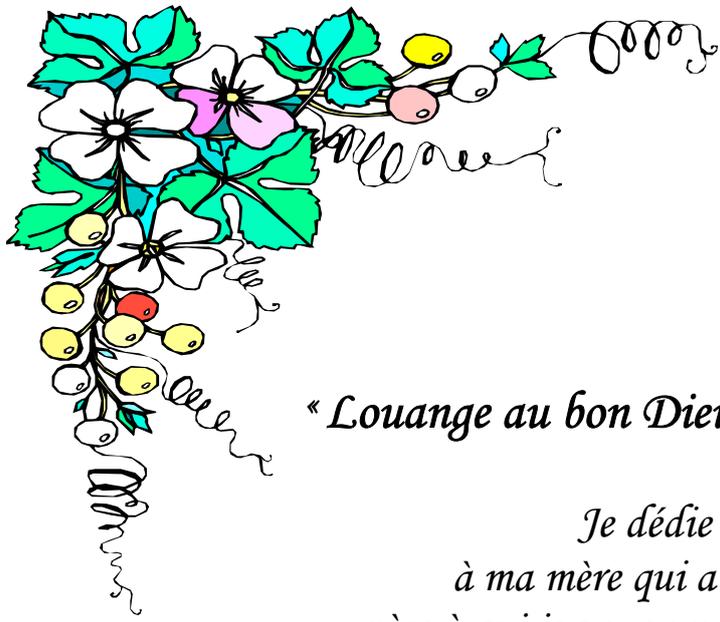
Nous remercions dieu, le tout puissant pour nous avoir donné la foi qui nous a guidé jusqu'à la réalisation et l'aboutissement de ce projet.

Nous exprimant notre gratitude au professeur Madani, pour avoir accepté de nous encadrer et pour avoir suivi notre travail avec bienveillance.

Notre travail a été réalisé au laboratoire d'analyse physicochimique de la raffinerie de sucre au niveau du complexe CEVITAL.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude et notre respect à la responsable du laboratoire M^{elle} S. Charchoure, au chef de care M_r Rahal, et tous les contrôleurs de qualité du laboratoire.

Sans oublier de remercier tous les membres du jury pour leur évaluation et ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.



Dédicaces

« Louange au bon Dieu, le possesseur de toute la grâce »

*Je dédie ce modeste travail à mes parents;
à ma mère qui a sacrifié sa vie pour mon bien être, à mon
père à qui je voue un profond respect pour tous le dévouement
qu'il m'a consacré.*

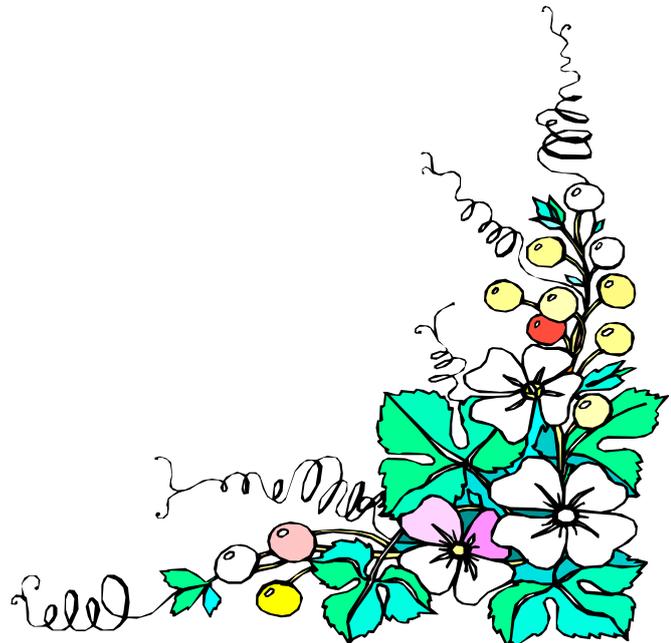
*À mes frères ; zahir, Djamel, et tous mes neveux et nièces.
À mes sœurs Karima et Rhania et leurs maris.*

À ma Binôme et amie Nesma,

*À tous ceux qui portent le nom AISSIOU et MEZALI.
À mes amis ; samia, habib, dida, hafid, lynda et
tous les autres.*

*À tous les étudiants de la section 5^{ème} année Science
Alimentaire (promotion 2012)*

...





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents que j'aime plus que tout, qui se sont sacrifiés et dévoués pour mon bien-être pour les quels je voue un profond respect.

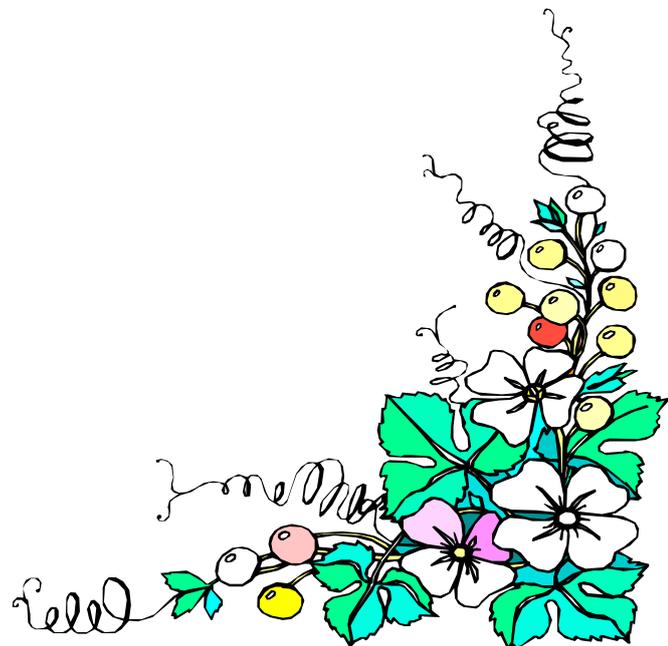
À mes frères aînés ; Malek et Samir.

À ma Binôme et amie Dalila.

À mes amis ; Louiza, Smail, Tara, Rima, Samy El-hachemi, et Nabil.

À tous les étudiants de la section 5^{ème} année science alimentaire (promotion 2012).

...



Introduction..... 1

Partie théorique

Chapitre I. Généralités sur la canne à sucre..... 2

1. Canne a sucre.....2

1.1. Histoire2

1.2. Composition de la canne à sucre3

1.3. Structure de la canne à sucre3

2. Le saccharose5

2.1. Propriété physique du saccharose5

2.1.1. Aspect.....5

2.1.2. Température de fusion5

2.1.3. Densité5

2.1.4. Chaleur de la solution5

2.1.5. Solubilité5

2.1.6. Viscosité6

2.1.7. Pouvoir rotatoire6

2.1.8. Point d'ébullition et de congélation.....6

2.2. Propriété chimique du saccharose6

2.2.1. Structure moléculaire du saccharose7

2.2.2. Structure cristalline7

2.2.3. Le trouble du sucre7

2.2.4. Le sucre inverti.....8

3. Les variétés du sucre.....8

3.1. Le sucre blanc cristallisé8

3.2. Le sucre en poudre, semoule8

3.3. Le sucre glace8

3.4. Le sucre en morceaux8

3.5. Le sucre en cubes9

3.6. Le sucre pour confitures	9
3.7. La cassonade	9
3.8. Le sucre candi	9
Chapitre II. Technologie sucrière	10
1. Technologie de la sucrerie de canne	10
1.1. Réception et préparation des plantes	10
1.2. Extraction	10
1.2.1. Découpage et broyage	10
1.2.2. Extraction	11
1.3. Epuration	11
1.4. Evaporation et cristallisation	12
1.5. Malaxage et turbinage	12
1.6. Séchage	12
1.7. Emballage et entreposage.....	12
2. Technologie de raffinage du sucre roux de canne.....	12
2.1. Affinage et refonte	12
2.1.1. Affinage	13
2.1.2. Refonte	13
2.2. Carbonatation	13
2.2.1. Préparation du lait de chaux	14
2.2.2. Procès de carbonatation	14
2.2.3. Mécanisme de l'épuration calco-carbonique	14
2.3. Filtration.....	15
2.4. Décoloration	15
2.5. Concentration	15
2.6. Cristallisation	15
2.6.1. Cristallisation des hauts produits (HP).....	16
2.6.2. Cristallisation des bas produits (BP).....	16
2.7. Séchage et Maturation	16
2.8. Stockage et Conditionnement	17
Chapitre III. Normes et qualité du sucre	19
1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations	19
1.1. La qualité du sucre selon la réglementation Communauté Economique Européenne	19
1.1.1. Aspect.....	21

1.1.2. Coloration en solution	21
1.1.3. Matières minérales ou cendres	21
1.2. La qualité du sucre selon la commission du codex alimentarius	21
1.2.1. Qualité organoleptique	22
1.2.2. Qualité bactériologique	22
1.3. La qualité du sucre selon la réglementation Algérienne	23
2. La couleur critère d'évaluation de la qualité.....	24

Partie pratique

I. Matériels et méthodes.....	25
1. Présentation de la raffinerie de Cevital	24
2. Echantillonnage et prélèvements	26
3. Analyses physicochimiques	26
3.1. La matière première.....	26
3.2. Les produits intermédiaires.....	26
3.3. Évaluation de la qualité du sucre blanc.....	28
II. Résultats et discussions.....	29
1. Conformité du sucre blanc de CEVITAL	29
1.1. Résultats de l'humidité.....	29
1.2. Résultats de la polarisation	30
1.3. Résultats de la couleur	31
1.4. Résultats de la teneur en sucres réducteurs	32
1.5. Résultats de la teneur en cendres conductimétriques.....	33
1.6. Résultats du trouble.....	34
1.7. Résultats de la teneur en sulfites	35
1.8. Résultats de la granulométrie	36
1.8.1. Résultats de l'ouverture moyenne.....	36
1.8.2. Résultats du coefficient de variation.....	37
Conclusion.....	38
Références bibliographiques	
Annexes	

LISTE DES ABREVIATIONS

- **BP** : bas produits.
- **BPF** : bonnes pratiques de fabrication.
- **°C** : unité de la température en degré Celsius.
- **C** : molécule de carbone.
- **Ca(OH)₂** : molécule de chaux éteinte.
- **CEE** : communauté économique européenne.
- **C₁₂H₂₂O₁₁** : molécule de saccharose.
- **CO₂** : molécule de dioxyde de Carbone.
- **CO₃Ca** : molécule de Carbonate de Calcium.
- **FAO**: Food and Agriculture Organization.
- **H**: molécule d'hydrogène.
- **H%** : pourcentage d'humidité.
- **H₂O** : molécule d'eau.
- **HP** : hauts produits.
- **JORA** : Journal Officiel de la Réglementation Algérienne.
- **Kcal**: kilo calorie.
- **kD**: kilo Dalton.
- **Kg**: kilogramme.
- **Kg/m³** : kilogramme par mètre cube.
- **M³** : Mètre cube.
- **Max** : maximal.
- **Mg** : milligramme.

- **Min** : minimal.
- **Moy** : moyenne.
- **MS** : matière sèche.
- **µm** : unité de mesure des longueurs, micromètre.
- **N** : normal.
- **nm** : unité de mesure des longueur, nanomètre.
- **O** : molécule d'oxygène.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la santé.
- **PH** : potentiel hydrogène.
- **ρ**: masse volumique.
- **R (n)** : sucre de n^{eme} jet.
- **S** : molécule de soufre.
- **SD1** : sirop issu de la première décoloration.
- **SD2** : sirop issu de la deuxième décoloration.
- **Sce** : section.
- **t/jours, t/j** : tonne par jour.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Structure de la canne à sucre	4
Figure 2. Illustration d'une molécule de saccharose.....	7
Figure 3. Molécule de saccharose dans le cristal	7
Figure 4. Procédé de l'extraction du sucre roux	10
Figure 5. Schéma simplifié de la section Décoloration au sein du complexe CEVITAL	15
Figure 6. Cuite fonctionnant en régime discontinu.....	16
Figure 7. Cycle de fonctionnement d'une turbine discontinue	17
Figure 8. Organigramme du complexe CEVITAL	25
Figure 9. Humidité du sucre blanc.....	31
Figure 10. Polarisation du sucre blanc	32
Figure 11. Couleur du sucre blanc.....	33
Figure 12. Teneur en sucres invertis du sucre blanc.....	34
Figure 13. Teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc.....	35
Figure 14. Trouble du sucre blanc.....	36
Figure 15. Teneur en sulfites en solution.....	37
Figure 16. L'ouverture moyenne du sucre blanc	38
Figure 17. Coefficient de variation du sucre blanc.....	39

LISTE DES FIGURES INSERES EN ANNEXE

Figure 1 : Fonctionnement d'un filtre à bougies

Figure 2 : Fonctionnement d'un filtre à presse

Figure 3. Schéma d'un atelier de cristallisation

Figure 4. Cycle de cristallisation des Haut Produits en trois jets.

Figure 5. Cycle de cristallisation des Bas Produits en trois jets.

Figure 6. Paramètres de fonctionnement du sécheur au niveau de l'unité CEVITAL.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition moyenne de la canne à sucre	3
Tableau 2. Composition du vesou.....	11
Tableau 3. Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE.	20
Tableau 4. Normes Codex Alimentaire pour le sucre blanc (FAO/OMS).	22
Tableau 5. Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne.	23
Tableau 6. Tableau récapitulatif des critères de la couleur selon différentes réglementations	24

LISTE DES TABLEAUX INSERES EN ANNEXE

Tableau 1. Mode de l'épuration calco-carbonique	
Tableau 2. Les analyses physico-chimiques effectuées sur les différents produits.	
Tableau 3. Liste de matériel et réactifs utilisés.	
Tableau 4. Résultats d'analyse sur 15 jours du sucre blanc.	
Tableau 5. Liste des analyses qui concernent ces différents produits et les solutions correspondantes.	
Tableau 6. Table de correction pour la polarisation de sucre blanc.	
Tableau 7. Table de correction pour la teneur en sucres réducteurs de sucre blanc.	

GLOSSAIRE

- **Adsorption** : A ne pas confondre avec l'absorption, est de fixer des ions libres, des atomes ou des molécules (adsorbats) à la surface d'une substance (adsorbant).
- **Anisotropisme** : prolongement axial.
- **Bagasse** : sous-produit obtenu après le passage de la canne dans les unités de broyage.
- **Boues** : Mélange de résidus provenant de l'épuration des jus de cannes ou de betteraves.
- **Brix** : La fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.
- **Colloïdes** : c'est une substance qui dissoute dans un solvant ; forme des particules appelé micelles.
- **Echelle de Brunswick** :
- **Ecumes** : Résidu de la clarification des jus de canne ou de betterave à la suite de leur carbonatation.
- **Egouts** : les impuretés en suspension récupéré lors de turbinage.
- **Floc** : Ensemble de particules d'un milieu dispersé qui adhèrent faiblement les unes aux autres.
- **Granulateur à tambour** : Séchoir à tambour servant au séchage du sucre cristallisé.
- **ICUMSA** : «*International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis* ».
- **Jury expert** : Groupe de sujets qualifié choisis, qui a une excellente acuité sensorielle.
- **Jury naïf** : Panel de personnes non expérimentées, qui émettent un jugement.
- **Loi de Biot** : Loi qui exprime la proportionnalité du pouvoir rotatoire d'un milieu aux concentrations en produits optiquement actifs (dextrogyres ou lévogyres).
- **Mélasse** : résidus de fabrication après le turbinage de la masse cuite.
- **Non hygroscopique** : Le caractère de ce qui n'a tendance à absorber l'humidité de l'air.
- **Qualité** : Ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.
- **Panicule** : En botanique, une panicule est une inflorescence en grappe d'épillets.
- **Prisme rhomboïde** : En géométrie plane, un rhomboïde est une figure géométrique, à quatre côtés parallèles deux à deux, dont les côtés adjacents sont de longueurs inégales et, dont les angles sont obliques. Un quadrilatère à côtés parallèles.
- **Phénomène de solvatation** : c'est l'association des molécules du solvant et du soluté, dans une solution.
- **Réaction endothermique** : C'est une réaction qui absorbe de la chaleur (l'opposé du processus exothermique).
- **Shredders** : C'est un appareil qui a pour but de parfaire la préparation et désintégration de la canne.
- **Système monoclinique sphénoïdale** : appellation particulière, dans le système monoclinique, d'un dôme engendré par l'axe binaire.
- **Vesou** : Appellation créole du jus de canne.

INTRODUCTION

L'industrie de la sucrerie est inexistante en Algérie. En effet, les matières premières (la betterave et la canne à sucre), ne sont pas cultivées d'où le recours à l'importation de sucre brut de canne 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 ».

L'important développement industriel, et les évolutions sociales majeures de ces dernières décennies sont à l'origine de l'avènement de la qualité qui occupe aujourd'hui une place à part entière dans les entreprises. Son importance est universellement reconnue, et elle se situe maintenant au cœur des dernières théories managériales (**Laurence, 2004**).

Le sucre par excellence, le saccharose, nous est à tous familier vu qu'il est un aliment glucidique très important. Le sucre n'est plus une denrée de luxe, mais un aliment courant et les produits contenant du sucre sont de plus en plus nombreux sur le marché (**Vlitos, 1995**). Dans le but de satisfaire la demande nationale en sucre, le complexe agro-alimentaire CEVITAL a mis en place à Béjaïa deux raffineries, l'une d'une capacité de 1600 t/j, et l'autre de 3000 t/j.

Le travail pratique de ce mémoire, qui a été effectué au sein de la raffinerie de sucre 3000 t/j de Cevital, est donc double. D'une part faire une synthèse littéraire sur la technologie sucrière de canne. Dans cette revue, un bref historique du sucre de canne est présenté. Puis, des généralités sur le sucre, les caractéristiques du saccharose et un survol sur la chimie sucrière ainsi que chacune des opérations du procédé d'extraction et du raffinage. Enfin nous avons effectué un suivi tout au long de la chaîne de production de la raffinerie, en s'intéressant de plus près au produit fini, dans le but d'évaluer la qualité du sucre blanc produit par le complexe CEVITAL.

Chapitre I. GENERALITES SUR LA CANNE À SUCRE

I.1. Canne à sucre

I.1.1. Historique

Avec les fruits, le miel était la seule source de saveur sucrée que l'homme connaissait avant que les expéditions de Darius, roi de Perse (522/486 AJC), découvrent en Inde, dans la vallée de l'Indu, la canne à sucre et qu'ils la ramènent en Perse.

Au IV^e siècle, avant Jésus-Christ, Alexandre le Grand conquiert l'Asie et découvre à son tour la canne à sucre, décrit par Néarque, lieutenant d'Alexandre comme « un roseau donnant le miel sans concours des abeilles ».

Au VII^e siècle, les Arabes envahissent la Perse et découvrent eux aussi ce roseau qu'ils vont implanter dans les pays conquis, Syrie, Palestine, Egypte, Afrique du nord, Iles Baléares et même Espagne.

Ce n'est qu'au XI^e siècle, à l'occasion des croisades que les Européens seront de plus en plus nombreux à faire connaissance avec le sucre de canne (**Corinne, 1989**).

Au XV^e siècle, la culture de la canne à sucre se répand dans les possessions africaines, d'Espagne et du Portugal (Canaries, Madères, Cap vert). Lisbonne supplante ainsi Venise et devient la capitale du raffinage (**Bonie, 2004**).

Après la découverte de l'Amérique, la culture de la canne à sucre fut introduite dans des nouvelles régions possédant le climat favorable à sa croissance.

Des plantes provenant de l'Espagne furent cultivées pour la première fois en République Dominicaine et Haïti par Christophe Colomb en 1493.

Grâce aux navigateurs espagnols et portugais, la culture de la canne à sucre se répand dans les îles tropicales : Porto Rico, Cuba et la Jamaïque.

En 1520, la canne se cultive au Mexique, et le premier moulin de sucre en Amérique du Nord vit le jour en 1535. De l'autre cote de la planète, la production du 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 (**Arzate, 2005**).

A l'aube du XIX^{ème} siècle la canne à sucre a bouclé son tour du monde. Ce voyage a duré environ 2000 ans. Parti des îles du pacifique sud, le roseau sucré a

gagné tous les continents et de très nombreuses raffineries voient le jour dans tous les grands ports européens (Ait Amar, 1981).

I.1.2. Composition de la canne à sucre

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres, comme le montre le tableau I-1.

Le sucre contenu dans les tiges de canne, est le saccharose. C'est un diholoside ou disaccharide non réducteur de D-glucose et de D-fructose (Alais et al., 2003).

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

Composant	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2
Total	100

I.1.3. Structure de la canne à sucre

La canne à sucre de son nom scientifique *Saccharum officinarum* est une graminée qui ressemble plutôt à une tige de bambou, elle a besoin de soleil, d'eau et de chaleur. (Figure I-1).

C'est une plante vivace, c'est-à-dire qu'elle n'a pas besoin d'être replantée tous les ans. La canne repousse après chaque récolte. Après cinq ou six « repousses », les vieux plants sont arrachés et une « canne vierge » est replantée.

Au fil de la croissance, le sucre s'accumule dans les tiges jusqu'à un maximum appelé « maturité » c'est le moment optimal pour la récolte (Goebel et al., 2008).

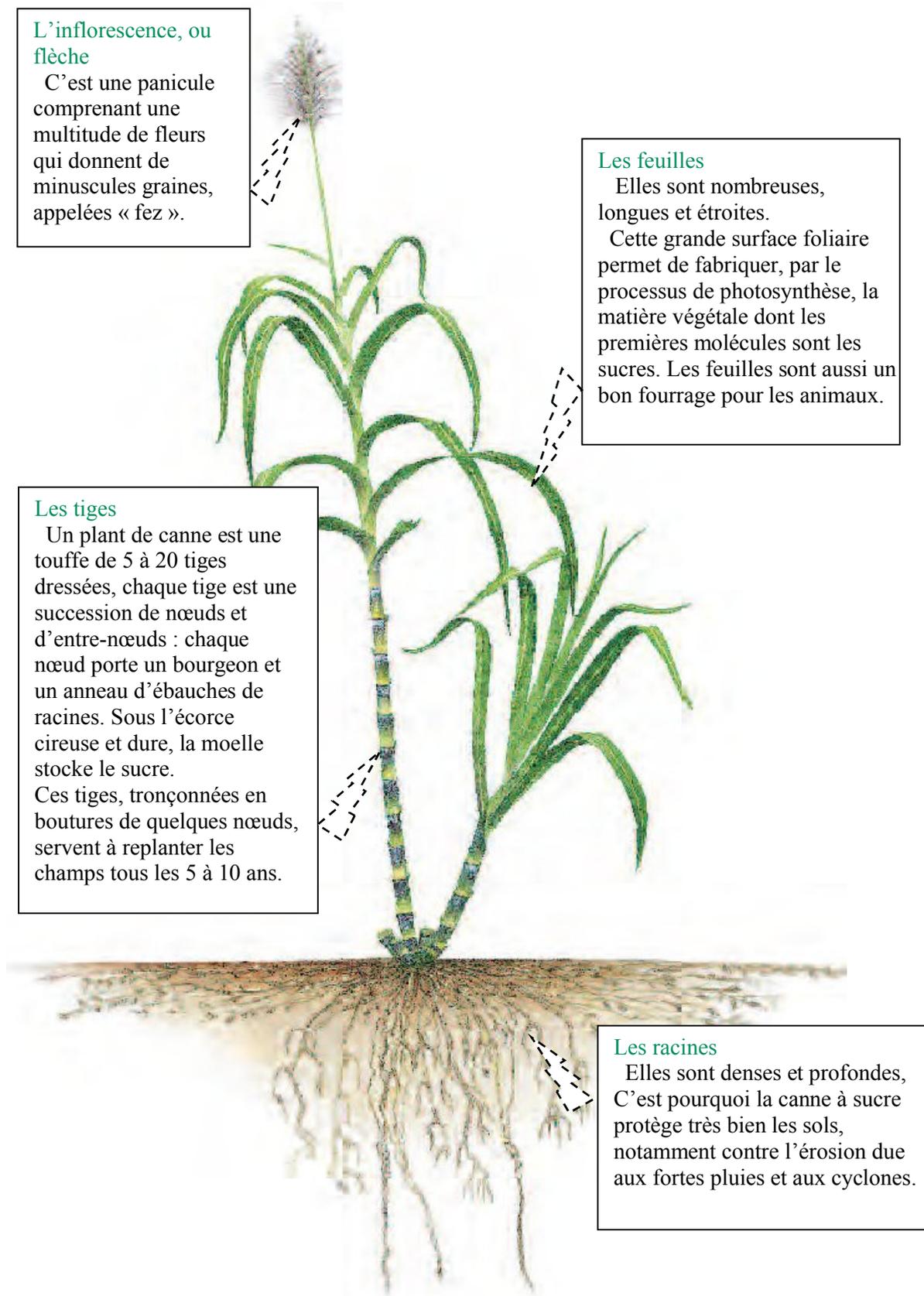


Figure I-1. Structure de la canne à sucre (Goebel et al., 2008).

I.2. le saccharose

I.2.1. Propriété physique du saccharose

Le sucre est un solide très stable dans sa forme cristalline. À l'état pur, il est blanc, inodore et, évidemment, au goût sucré (**Arzate, 2005**).

I.2.1.1. Aspect

Le sucre du commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdes) non hygroscopique.

Son humidité est très faible, de l'ordre de 0,05%, et sa stabilité au stockage est très grande (**Beck et al., 1999**).

I.2.1.2. Température de fusion

Le saccharose est extrêmement stable sous sa forme cristalline à température ambiante. Il commence à fondre à des températures élevées, environ 185°C donnant des sucres invertis et des substances colorées. La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre (**Asadi, 2007**).

I 2.1.3. Densité

La densité du cristal a été mesurée à 15 °C par plato dès 1901 et la valeur obtenue ($\rho = 1587.9 \text{ kg/ m}^3$) est toujours valable pour une utilisation pratique (**Reiser et al., 1995**).

I.2.1.4. Chaleur de la solution

Quand le saccharose cristallin est dissous dans l'eau, la température de la solution diminue. Ceci est dû à la chaleur de solution du saccharose qui a une valeur négative, soit -2 kcal par mole (réaction endothermique) (**Arzate, 2005**).

I.2.1.5. Solubilité

L'une des propriétés fondamentales du saccharose est sa solubilité dans l'eau. La raison de sa haute solubilité est qu'il contient huit (08) groupes hydroxyles (-OH) libres aux quel au moins cinq (05) molécules peuvent s'attacher aux autres molécules, notamment à l'eau, (phénomène de solvatation) (**Asadi, 2007**).

En règle générale, le saccharose est nettement moins soluble dans les solvants non aqueux qu'en solution aqueuse. En outre, il n'est pas soluble dans les solvants

apolaires et il n'est pratiquement pas soluble dans l'alcool pur (**Doucet, 1992 ; Bubnik et Kadlec, 1995**).

I.2.1.6. 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. La viscosité d'une solution 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 (**Arzate, 2005**).

I.2.1.7. Pouvoir rotatoire

Cette propriété fondamentale est utilisée pour la détermination de la pureté du sucre et de la teneur en saccharose des solutions de sucre dans l'eau (loi de Biot) (**Doucet, 1992**).

I.2.1.8. Point d'ébullition et de congélation

En solution, le saccharose provoque un abaissement de la pression de vapeur, ce qui entraîne une augmentation significative du point d'ébullition et un abaissement du point de congélation. Ces propriétés ont une importance pour la fabrication des produits sucrés qui comportent une ébullition ou une congélation dans leur processus (**Asadi, 2007 ; Reiser et al., 1995**).

I.2.2. Propriété chimique du saccharose

I.2.2.1. Structure moléculaire du saccharose

C'est un diholoside hétérogène (glucose-fructose) non réducteur de formule chimique $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Figure I-2).

L'hydrolyse du saccharose par voie chimique ou enzymatique donne le sucre inverti (glucose + fructose) (**Apria, 1977**).

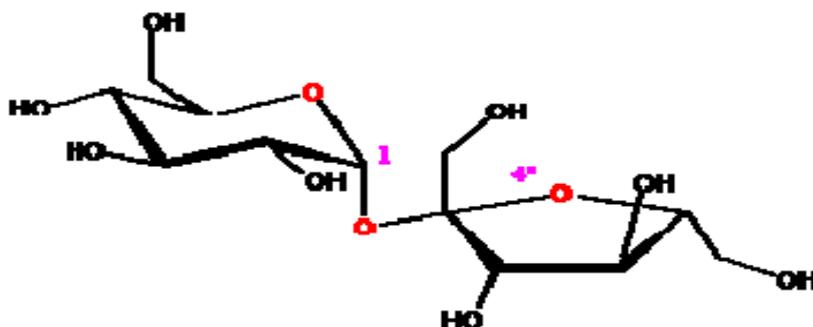


Figure I-2. Illustration d'une molécule de saccharose (Belhamri, 2005).

I.2.2.2. Structure cristalline

Le saccharose cristallise dans le système monoclinique sphénoïdal qui comprend un axe de symétrie binaire et un plan de symétrie perpendiculaire à cet axe. Chaque face du cristal est représentée par une lettre ou un nombre qui caractérise son anisotropisme comme le montre la figure I-3. (Decloux, 2003).

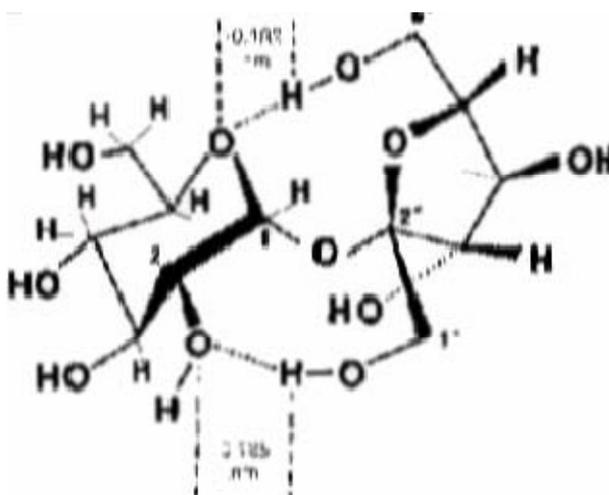


Figure I-3. Molécule de saccharose dans le cristal (Brown et Levy, 1963).

I.2.2.3. Le trouble du sucre

Pour les fabricants de sucre, le problème du trouble est un véritable casse tête. Il peut s'agir de sels de calcium (sulfate, citrate, carbonate, oxalate, phosphate, etc.) et de colloïdes de haut poids moléculaire (les fractions de plus de 10 et 300 kD) (Rogé et al., 2007).

Ces particules invisibles dans le sucre deviennent visibles dans les boissons et nuisent à leur aspect. Par ailleurs, lorsque les particules de trouble sont à base de colloïdes, elles peuvent donner un précipité floconneux appelé communément floc qui est également nuisible à l'aspect visuel de la boisson (**Mauch, 1998**).

Le trouble est localisé à la surface des cristaux de sucre sous forme de particules d'oxalate de calcium, à l'intérieur des cristaux sous la forme de complexes entre oxalate de calcium et macromolécules.

Selon Rogé et *al.*, (2007), le trouble dans le sirop entraîne une diminution de la croissance des cristaux et une modification de la morphologie des cristaux de sucre.

I.2.2.4. Le sucre inverti

C'est un mélange de glucose et de fructose obtenu par hydrolyse du saccharose. Il a un goût plus sucré que le saccharose. On l'emploie pour la fabrication des confiseries dans lesquelles on désire conserver une certaine quantité d'eau (fondants, pâtes d'amandes), (**Catherine et al., 1998**).

I.3. les variétés du sucre

Afin de tirer le meilleur parti de toutes ces qualités, le sucre est retrouvé en une large variété de formes et de couleurs. Des présentations les plus classiques aux spécialités modernes, l'univers du sucre de canne se compose de huit variétés aux saveurs, arômes et usages spécifiques (**Arzate, 2005**).

I.3.1. 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**).

I.3.2. Le sucre en poudre, semoule

Est obtenu après broyage et tamisage du sucre cristallisé blanc. Il se présente en cristaux d'environ 0,4 mm (**Arzate, 2005**).

I.3.3. Le sucre glace

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 0,15 mm (**Arzate, 2005**).

I.3.4. Le sucre en morceaux

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 (**Arzate, 2005**).

I.3.5. Le sucre en cubes

Blanc ou brun, est issu du concassage de lingots de sucre de canne, eux-mêmes obtenus par réhumidification, moulage et séchage des cristaux de sucre (**Arzate, 2005**).

I.3.6. Le sucre pour confitures

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) (**Arzate, 2005**).

I.3.7. La cassonade

Est un sucre cristallisé brun obtenu directement à l'issue de la première cuisson du jus de canne. Moins pur que le sucre cristallisé blanc, ce sucre brun contient environ 95 % de saccharose ainsi que des impuretés résiduelles (sels minéraux, matières organiques) qui lui donnent sa couleur et ses notes aromatiques (**Arzate, 2005**).

I.3.8. Le sucre candi

Résulte de la cristallisation, pendant 10 à 12 jours, d'un sirop très pur concentré et chaud. Le sirop est ensuite refroidit lentement à température ambiante. C'est la caramélisation qui lui donne sa couleur brune caractéristique (**Arzate, 2005**).

Chapitre II. TECHNOLOGIE SUCRIERE

II.1. Technologie de la sucrerie de canne

L'objectif des sucreries est de partir d'une matière première la plus pure possible et de produire, avec un rendement optimum, un sucre de qualité. La sucrerie est donc principalement une industrie de séparation et de purification. Un grand nombre d'opérations unitaires de séparation sont ainsi mises en œuvre (Decloux, 2002).

Un schéma résumant les étapes de l'obtention du sucre roux de canne est représenté en figure II-1

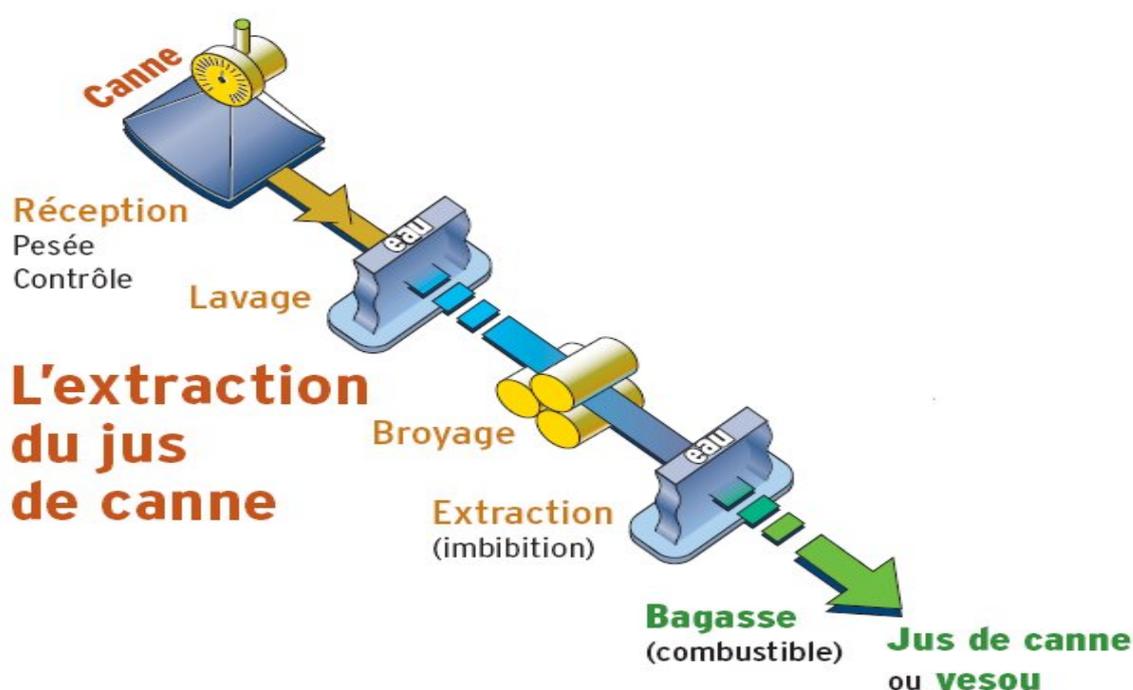


Figure II-4. Procédé de l'extraction du sucre roux (Odeadom, 2005).

II.1.1. Réception et préparation des plantes

La réception des cannes se fait directement à la balance de la sucrerie. Les plantes sont acheminées par un tapis roulant vers un lavoir, pour éliminer la terre, les poussières, les pierres et les herbes, puis vigoureusement lavées dans un fort courant d'eau (Decloux, 2002).

II.1.2. Extraction

II.1.2.1. Découpage et broyage

Compte tenu de sa composition, la canne à sucre doit être déchiquetée pour pouvoir en extraire le sucre. Cette opération est réalisée dans des Schredders (hacheurs). Les morceaux de canne ont une taille de l'ordre de 100mm et un diamètre de 4mm. Cette étape de broyage est déterminante et facilite considérablement le processus d'extraction **(Mathlouthi et Rogé, 2004)**.

Les matières fibreuses ou les résidus ligneux obtenus après broyage sont imbibées d'eau pour dissoudre le maximum de saccharose et sont ensuite utilisés comme combustibles pour les chaudières des sucreries ou des raffineries **(Emilie, 2006)**.

II.1.2.2. Extraction

Les morceaux de canne à sucre passent ensuite dans une série de trois cylindriques montés en triangle, du premier moulin sort ce que l'on appelle le « vesou ». La canne subit deux broyages dans chaque moulin. Le sirop est récupéré au-dessous du groupe de moulin où il est envoyé aux divers stades du traitement ou recirculé dans les moulins « sirop mélangé ». Les moulins permettent d'extraire 92 à 96% du saccharose contenu dans les cannes. Le sirop est de couleur jaune verdâtre ; la composition et la qualité du sirop varient selon la variété et la qualité de la canne **(Mathlouthi et Rogé, 2004)**.

Le vesou est de couleur brune assez trouble avec une composition et une qualité qui varient selon la variété et la qualité de la canne **(Arzate, 2005)**.

Tableau II-2. Composition du vesou (Arzate, 2005)

COMPOSANT	TENEUR (%)
Eau	80 – 85
Saccharose	10 – 18
Sucres réducteurs	0,3 – 3
Composants organiques	0,7 – 3
Composants inorganiques	0,2 – 0,6
Total	100

II.1.3. Epuration

Le vesou contient un grand nombre d'impuretés. Il est d'abord épuré par tamisage pour enlever les particules ligneuses, ensuite par chauffage et par l'ajout de chaux (Chaulage) **(Arzate, 2005)**.

Le vesou est porté à ébullition afin de favoriser la floculation des impuretés résiduelles (boues) **(Romain et al, 2007)**.

II.1.4. Evaporation et cristallisation

Le jus sucré est envoyé dans des chaudières. L'eau s'évapore peu à peu, tandis que le jus sucré se transforme en sirop. La cristallisation est effectuée en trois étapes appelées jets **(Rousseau et al., 1990)**. Elle consiste à chauffer le sirop pour qu'il se concentre de plus en plus jusqu'à la sursaturation, les cristaux apparaissent. Cette masse est chauffée à 80°C le jus restant est appelé «mélasse » **(Rageot et Rene, 2004)**.

II.1.5. Malaxage et turbinage

Cette étape consiste en un refroidissement de la masse cuite, qui est déversée dans un bac de malaxage d'une température allant de 45 à 50°C, ce refroidissement achève le grossissement des cristaux dans l'eau mère. Le sucre blanc commercialisé ne sort que du premier jet, les deuxièmes et troisièmes jets ne produisent que du sucre roux **(Deminiac, 1991 ; Rageot et Rene, 2004)**.

II.1.6. Séchage

Les cristaux de sucre sont séchés dans des granulateurs à tambour **(Frédéric, 2004)**

II.1.7. Emballage et entreposage

Pour la consommation locale dans les pays producteurs, le sucre brut obtenu est souvent vendu et consommé tel quel. Les cristaux de sucre sont donc mis dans des sacs. Pour l'exportation, le sucre roux est entreposé en piles, jusqu'à ce qu'il soit chargé sur les navires **(Arzate, 2005)**.

II.2. Technologie de raffinage du sucre roux de canne

Le raffinage du sucre au niveau de la raffinerie de CEVITAL comporte huit sections à savoir :

II.2.1. Première section : Affinage et refonte

II.2.1.1. Affinage

Le sucre roux est déversé dans un malaxeur et mélangé par un brassage à un sirop chaud légèrement sous-saturé (favorise la dissolution superficielle des cristaux).

Cette opération constitue « l'empattage ». Ceci va permettre à la couche superficielle des cristaux (la plus impure), de se dissoudre (**Mathlouthi et Rogé, 2004**).

Cette étape aboutit à la préparation du magma d'un brix variant entre 80 et 85%.

Decloux et ses collaborateurs (1999), ont décrits que le sucre affiné peut atteindre un brix de 89%.

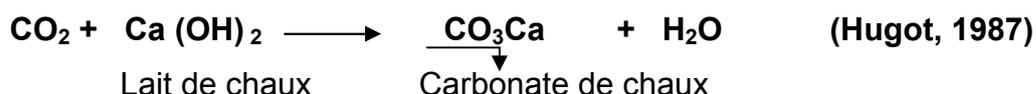
II.2.1.2. Refonte

Le sucre affiné passe dans des turbines d'affinage pour être débarrassé des impuretés et matières colorantes sur la surface des cristaux, puis refondu dans un fondoir avec de l'eau sucrée et chaude à 85°C (pour augmenter la solubilité du sucre) pour donner « un sirop de refonte » (**Rachedi, 2002**).

II.2.2. Deuxième section : Carbonatation

La carbonatation a été proposée en sucrerie de betteraves par Perier et Possoz, ils signalent que si l'on provoque dans un jus un précipité de carbonate de chaux, ce dernier va enrober les matières colorantes et les gommages (**Hugot, 1987**).

La réaction est alcaline, et fournit ainsi un complément de clarification notable. Le précipité formé est granuleux et filtre aisément, comme le montre la réaction suivante ;



La chaux, sous l'action de gaz carbonique, se transforme en carbonate de calcium et piège les impuretés responsables de la couleur (**Decloux et al., 1999**).

II.2.2.1. Préparation du lait de chaux

Le lait de chaux est constitué d'un mélange de chaux industrielle et du petit jus provenant de la filtration.

On utilise le petit jus car la chaux se dissout plus facilement dans une eau sucrée et permet de minimiser la quantité d'eau dans le procès.

La chaux est mélangée modérément avec le petit jus, le mélange est homogénéisé afin d'éviter la décantation de la chaux (**Rachedi, 2002**).

Le sirop obtenu est mélangé au lait de chaux dans des réacteurs de carbonatation (**Decloux et al., 1999**). A ce niveau on parle de « jus chaulé ».

II.2.2.2. Procès de la carbonatation

Le sirop chaulé est envoyé vers la première chaudière pour subir « la première carbonatation ».

Le gaz carbonique est pompé avec un débit régulé par une vanne jusqu'à avoir un pH =11, le produit est renvoyé dans la deuxième chaudière pour subir « la deuxième carbonatation ».

Le sirop carbonaté sort avec un pH d'environ 8 et à une température de 90°C vers la troisième section (**Rachedi, 2002**).

II.2.2.3. Mécanisme de l'épuration calco-carbonique

L'épuration du jus est assurée grâce à quatre types de réactions que l'on retrouve dans le tableau1 de l'annexe I.

II.2.3.Troisième section : Filtration

Le sirop carbonaté passe à travers des filtres à bougies (filtres EXOFALC; annexe II, figure 1), le liquide sort du support filtrant, tandis que les impuretés sont arrêtées. Le sirop est récolté dans un bac tampon muni d'agitateur pour éviter toute décantation et envoyé vers un autre bac tampon pour subir la décoloration (**Rachedi, 2002 ; Hamachi et al, 2003**).

Une fois le filtre vidangé, la boue résultante contenant du sucre résiduel passe dans le filtre à presse (annexe II, Figure 2).

Les éléments du filtre à presse sont des plaques carrées en plastique portant des cannelures sur chaque face, ses faces supportent des toiles filtrantes en plastique, l'ensemble sera entre deux plaques en acier.

II.2.4. Quatrième section : Décoloration

A l'issue de la filtration, la majorité des impuretés ont été enlevées, mais le sirop est toujours coloré.

La décoloration est l'opération permettant d'éliminer la majorité des colorants résiduels, le sirop résultant étant clair (Mc Neill, 2004).

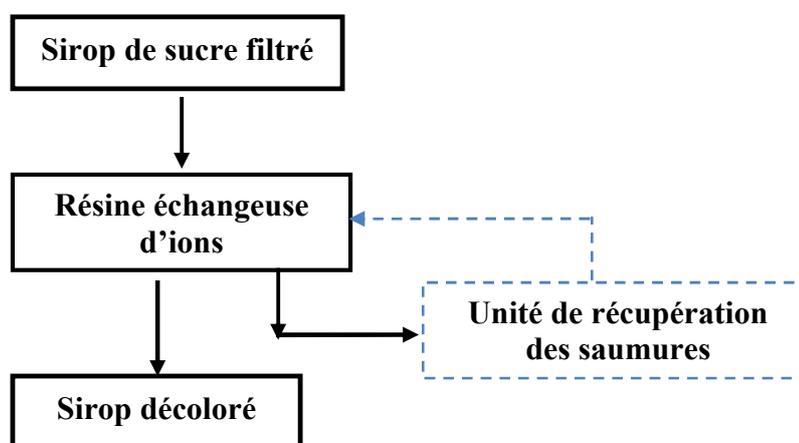


Figure II-5. Schéma simplifié de la section Décoloration au sein du complexe CEVITAL (Applexion, 2006).

II.2.5. Cinquième section : Concentration

Avant de cristalliser le sirop est concentré dans un évaporateur, et les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour les besoins de chauffage durant le procès.

Le jus est ramené à une température d'ébullition afin d'éliminer l'eau, entraînant ainsi sa concentration sous forme d'un sirop entre 60 et 70% de saccharose.

Le sirop initialement a environ 58% de brix se retrouve à la sortie du concentrateur à un brix de 72%.

A la fin de l'évaporation, le sirop de sucre se caractérise par un taux de pureté de 93% (Mathlouthi et Rogé, 2004).

Ce sirop va entrer dans le processus de cristallisation. Pour cela, il est transvasé dans une cuve sous vide à une pression d'environ 0,2 bar et maintenu à une température inférieure à 80°C (ce qui évite la caramélisation du sirop et permet l'évaporation de l'eau) (**Bouras, 1998**).

II.2.6.Sixième section : Cristallisation

Lorsque le sirop est concentré dans la cuite (Figure II-6) jusqu'à une certaine viscosité, l'introduction d'une semence (alcool isopropylique + cristaux de sucre fins), permet d'amorcer la cristallisation par introduction progressive de sirop. Le saccharose vient recouvrir la surface des fins cristaux de la semence et grossissent jusqu'à atteindre un diamètre suffisant puis la cuite passe en coulée (**Cartier, 1999**).

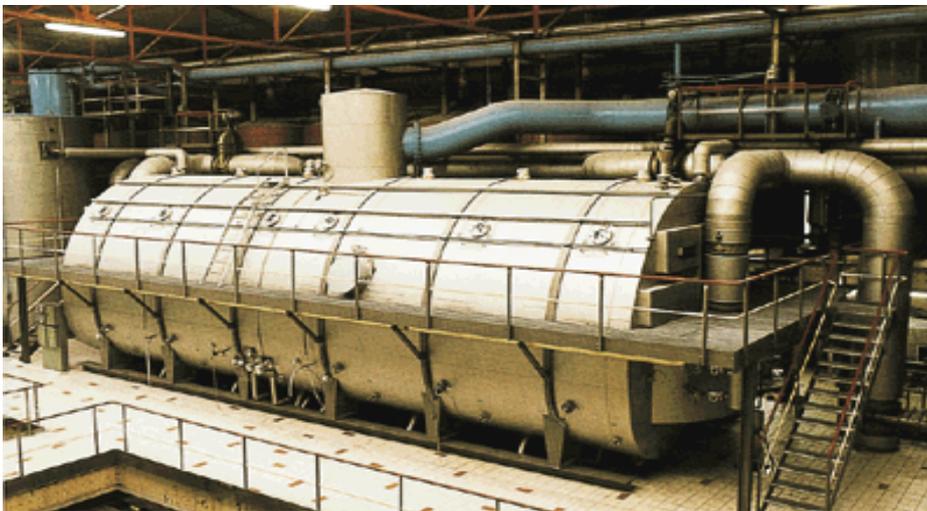


Figure II-6. Cuite fonctionnant en régime discontinu (**Echeverri, 2007**).

Une fois coulée, la masse cuite passe à travers les turbines pour séparer les cristaux de sucre de l'eau mère (égout) (**Decloux, 2003**).

Cette étape va permettre l'obtention d'un maximum de cristaux homogènes à partir d'un sirop bien concentré (**Pérez, 1995**).

La cuite permet la cristallisation par évaporation de l'eau. Le sirop y est transformé en masse cuite qui est composée de cristaux et d'eau.

Après essorage dans des turbines, on obtient un sucre blanc dit de premier jet « R1 », égouts riches et égouts pauvres. Le cycle de fonctionnement d'une turbine est discontinu (Figure II-7).

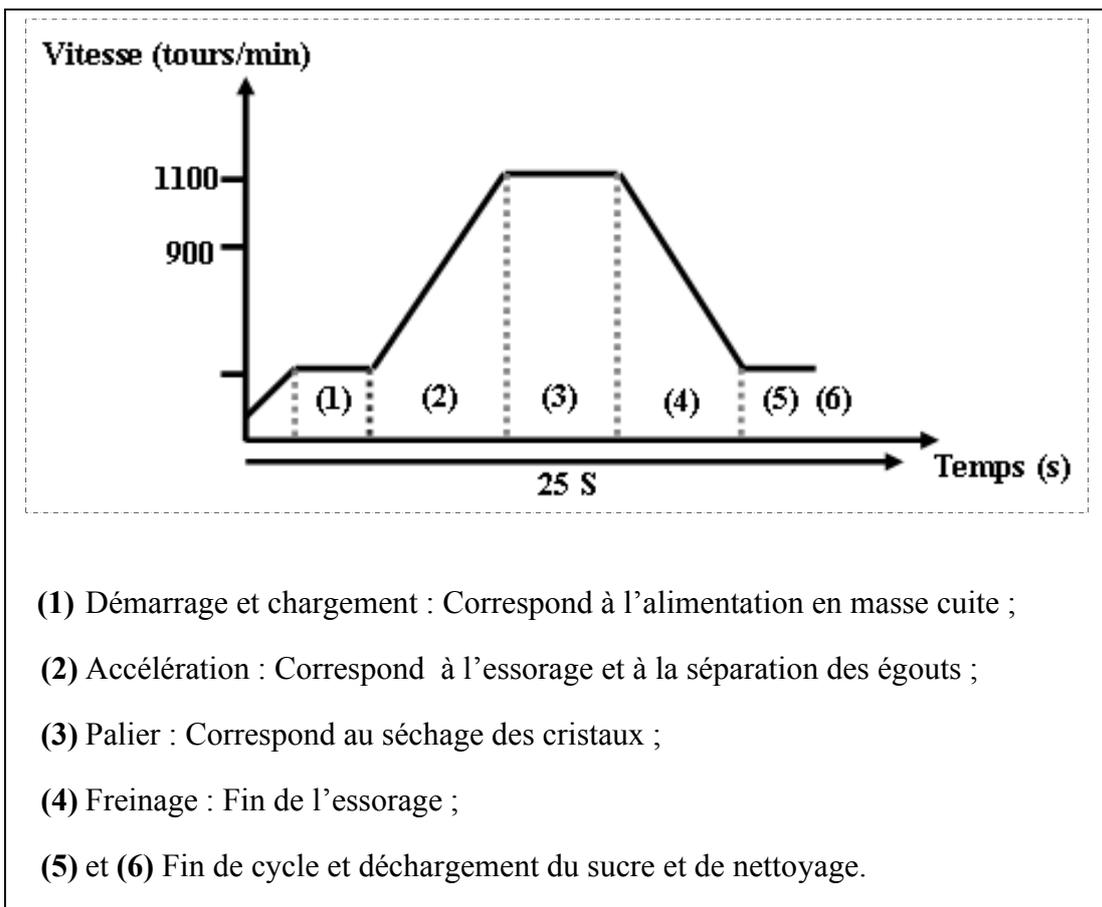


Figure II-7. Cycle de fonctionnement d'une turbine discontinue (Rachedi, 2002).

L'égout riche va être recyclé et l'égout pauvre est envoyé pour produire « R2 » dit sucre de deuxième jet ainsi de suite.

Le sucre est ensuite évacué sur tapis vibrant, puis il est séché avant d'être conditionné (Decloux, 2003; Vaccari et Mantovani, 1995).

La cristallisation est un processus pouvant être influencé par de nombreux paramètres à savoir ; la viscosité, la sursaturation, la température, la pureté et l'agitation (Pérez, 1995).

Le schéma d'un atelier de cristallisation est représenté dans l'annexe II, figure 3.

II.2.6.1. Cristallisation des hauts produits (HP)

La cristallisation du saccharose met en jeu deux facteurs : la couleur du sucre et sa pureté (Romain et al., 2007).

C'est selon ces derniers paramètres qu'on détermine le nombre de jets qu'on doit avoir. Le cas le plus répandu est la cristallisation à trois jets (voir annexe II, figure 4) représente un cycle de cristallisation des hauts produits en trois jets.

II.2.6.2. Cristallisation des bas produits (BP)

La cristallisation des bas produits, s'alimente des égouts issus de la cristallisation (HP), généralement des égouts 3 (**Romain et al., 2007**) (Voir annexe II, figure 5).

Elle abouti à « un sucre A » qui est acheminé avec des quantités modérées vers le fondoir (recyclage), et une mélasse qui est une matière première utilisée dans plusieurs secteurs agroalimentaires à savoir ;

- Production d'alcool ;
- Alimentation de bétail ;
- Fermentations industrielles ;

II .2.7. Septième section : Séchage et Maturation

Le sucre cristallisé blanc, issu du premier jet, est évacué encore chaud (45 à 60°C) vers un sécheur, il présente un taux d'humidité de 1%. Subit un séchage pour ramener ce taux à des valeurs comprises entre 0.03 et 0.06% (**Bouras, 1998**).

Au niveau du sécheur, le sucre circule à co-courant avec de l'air chaud à 91°C, puis à contre courant avec de l'air froid sec à 6°C, pour refroidir le sucre et obtenir un équilibre stable en humidité et température avec l'ambiance environnante (**Mathlouthi, 2004**) (Voir annexe II, figure 6).

L'air requis pour le séchage doit être sec, chaud et filtré, avec une température de 35°C, et un volume d'air de l'ordre de 1600 m³ par tonne de sucre (**Schrevel, 2001**).

II.2.8. Huitième section : Stockage et Conditionnement

Après séchage, le sucre est tamisé, classé et pesé puis dirigé vers les ateliers de conditionnement où il peut être directement ensaché, conditionné en morceaux ou stocké en silos.

Le sucre destiné au stockage en silo est en apparence sec et fluide, mais la cristallisation du sucre se poursuit au cours des premiers jours de stockage ; et s'accompagne d'une libération d'eau qu'il faut éliminer par ventilation des silos (maturation) (**Romain et al., 2007**).

Le temps de maturation du sucre est de 48 heures. Un air conditionné circule à l'intérieur des silos avec un débit de 2500 m³/h en continu, dont le but est de maintenir le sucre dans de bonnes conditions de température et d'humidité, et pour que le sucre soit fluide au moment de la vidange des silos (**Rachedi, 2002**).

Chapitre III. NORMES ET QUALITE DU SUCRE BLANC

Les produits alimentaires destinés à la consommation directe doivent respecter un certain nombre de règles de conformités établies par les organismes internationaux dans le but de protéger la santé des consommateurs (**Lesucre, 1995**).

III.1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations

Les sucres sont classés selon différents règlements et normes : CEE, Codex-Alimentarius et du Journal Officiel de la Réglementation Algérienne.

III.1.1. La qualité du sucre selon la réglementation de la Communauté Economique Européenne (CEE)

La qualité du sucre blanc dépend, entre autres, de sa teneur en cendres, de son aspect (Blancheur) et de sa coloration en solution. La norme CEE attribue un nombre de points à chacun de ces critères. Ces points sont pondérés de telle manière qu'ils conservent leur importance relative. La qualité du sucre est d'autant meilleure que la somme des points est faible (Tableau III-3).

Selon le système des points, le classement du sucre blanc génère deux catégories,

- Catégorie No. 1 : moins de 8 points, le sucre est appelé sucre raffiné ou sucre blanc raffiné :

- 4 points pour l'aspect
- 3 points pour la coloration
- 6 points pour les cendres

- Catégorie No. 2 : de 8 à 22 points, le sucre est appelé sucre ou sucre blanc :

- 9 points pour l'aspect
- 6 points pour la coloration
- 15 points pour les cendres

- Si le sucre totalise plus de vingt-deux points, il peut être classé comme sucre mi-blanc en fonction de ses autres caractéristiques (**Arzate, 2005**).

Tableau III-3. Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE
(Doucet, 1992)

Critères	Qualité type sucre blanc ou N°2	Qualité type sucre blanc raffiné ou N°1	Méthodes d'évaluation
Aspect	Cristaux homogènes, secs, s'écoulant librement	Cristaux homogènes, sec, s'écoulant librement	La vue
Polarisation minimale	99,7° min	99,7° min	Polarimétrie
Taux d'humidité maximale	0,06% max	0,06% max	Rapport de poids entre avant et après déshydratation
Teneur maximale en sucre inverti	0,04% max	0,04% max	Titrage avec une solution d'iode
Somme maximale des points	≤ 22	≤ 8	-
Pour la teneur en cendres	0,04% max	0,04% max	Mesure conductimétriques pour un Brix de 28° (0,018% de cendres = 1 point)
Pour la couleur	Max = 9 (couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)	Max = 6 (ou couleur = 3 sur l'échelle de Brunswick)	Comparaison avec des étalons (1 point=0,5 type de couleur)
Pour la coloration en solution	Max = 6 (ou 45 ICUMSA)	Max = 3 (ou 22.5 ICUMSA)	Méthode ICUMSA 4 - Mesures par spectrophotométrie en unités ICUMSA sur une solution d'un Brix de 50° (plus la solution est foncée, plus la valeur ICUMSA est élevée) 1 point =7,5 unités ICUMSA

III.1.1.1. Aspects

Le sucre est comparé avec un certain nombre d'échantillons types, numérotés de 0 à 7 de couleur parfaitement définis sous un éclairage également défini.

On attribue à l'échantillon, placé visuellement entre les types, un nombre de points égal au numéro du type, dont il se rapproche le plus multiplié par 2 (**Doucet, 1992**).

III.1.1.2. Coloration en solution

On détermine l'adsorption de la lumière sous une certaines longueurs d'ondes 420nm, d'une solution du sucre à contrôler diluée dans de l'eau distillée à une concentration de 50%. Cette solution, filtrée est examinée au spectrophotomètre dans une cuve de 1 cm de chemin optique. La lecture, ramenée à l'aide d'une table à une concentration de 1% sous une épaisseur de 1 cm, et multiplier par 1000, prend le nom de coloration ICUMSA (**ICUMSA, 1994**).

III.1.1.3. Matières minérales ou cendres

Les cendres correspondent environ au tiers des impuretés solubles totales continues dans le sucre. Leur mesure est faite en fonction de leur conductibilité électrique. L'opération est effectuée sur une solution de sucre à 28 °Brix dans l'eau distillée (**Doucet, 1992**).

III.1.2. La qualité du sucre selon la commission du Codex Alimentarius

Les normes de qualité du Codex Alimentarius sont établies par la FAO (Food and Agriculture Organisation), qui est la commission spécialisée pour l'alimentation et l'agriculture de l'Organisation des Nations Unies, et l'Organisation Mondiale de la Santé (**Lesucre, 1995**).

Ces normes s'appliquent aux différentes sortes de sucre pour la consommation humaine sans processus de transformation supplémentaire.

Chaque dénomination correspond à une description précise de l'état des sucres, sans appréciation de la qualité de chaque sucre (**Codex, 1999**).

La commission FAO/OMS du Codex Alimentarius, qui a été créée pour mettre en œuvre le programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, a établi pour le sucre blanc les facteurs essentiels de composition et de qualité présentées dans le tableau III-4 (**Doucet, 1992**).

La commission du codex Alimentarius, est la référence internationale pour l'établissement des normes de qualité des produits alimentaires.

Tableau III-4. Normes de Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS).
(Multon, 1992).

Critères	Normes
Pureté (min)	99,7% (polarisation)
Humidité (max)	0,1%
Teneur max en sucres réducteurs (% MS)	0,04
Coloration max (ICUMA)	60 UI
SO ₂ (mg/kg max)	20
pH (solution 10% M.S.)	-
Arsenic max (mg/kg)	1
Cuivre max (mg/kg)	2
Plomb max (mg/kg)	1

III.1.2.3. Qualité organoleptique

Le sucre inverti a une saveur légèrement plus sucrée que celle du saccharose. La mesure des pouvoirs sucrants fait appel à des méthodes, qui s'appuient sur des tests organoleptiques à l'aide de panels et de dégustateurs expérimentés (jury expert et jury naïfs) (Ait Amar, 1981 ; Doucet, 1992).

III.1.2.2. Qualité bactériologique

Le sucre sec est un produit contenant très peu d'eau. Les analyses montrent que l'activité de l'eau (aw : activity water) du sucre sec est située entre 0,2 et 0,3. Ces valeurs sont largement inférieures à la limite de développement des micro-organismes (0,6 – 0,7). Pour cette raison, le sucre sec est considéré comme un produit microbiologiquement sûr ne nécessitant pas de précautions autres que des bonnes pratiques de fabrication (BPF) et un stockage adapté (Tianen, 2007).

III.1.3. Qualité du sucre selon la réglementation Algérienne

Les critères permettant le classement des sucres, selon la réglementation Algérienne sont présentés dans le tableau III-5.

Tableau III-5. Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation Algérienne (J.O.R.A., 1997).

Critères	Spécification A	Spécification B
Pouvoir rotatoire minimum (%)	99,7	99,7 (polarisation)
Teneur maximale en sucres réducteurs (% matière sèche)	0,04 (inverti)	0,1 (inverti)
Teneur maximale en cendres (% matière sèche)	0,04	0,1
Perte à la dessiccation (3heures à 105°C) au maximum	0.1	0,1
Couleur maximum (UI)	60	100
Teneur maximale en Arsenic (mg/Kg)	1	1
Teneur maximale en Cuivre (mg/Kg)	2	2
Teneur maximale en plomb (mg/Kg)	0.5	0.5

III.2. La couleur critère d'évaluation de la qualité

La couleur du sucre blanc constitue un des déterminants qui fondent la typicité du produit, celle-ci est une caractéristique forte sur laquelle le consommateur peut se baser pour faire son choix parmi plusieurs produits concurrents. Différents aspects de la couleur peuvent être considérés : scientifique, technologique et commercial. Pour une définition commerciale des sucres et leur contrôle, les méthodes officielles ICUMSA sont utilisées. La coloration en solution est déterminée par

spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre à 50 °Brix préalablement filtrée sur une membrane de 0,45µm. Un point est attribué pour chaque 7,5 unités de la coloration exprimée en unités « ICUMSA », qui est La méthode de mesure utilisée à « CEVITAL ». L'aspect (ou type de couleur ou Farbtupes) est déterminé par comparaison avec une gamme numérotée de sucre (type de couleur) de l'institut Allemand de Brunswick. Un point est attribué pour chaque 0,5 unité de type de référence (farbtype) correspondant à l'échantillon analysé (**Ait Amar, 1981**). Le tableau III-6. Présente les différentes valeurs de la couleur que devrait avoir le sucre blanc, selon différentes réglementations.

Tableau III-6. Tableau récapitulatif des critères de la couleur selon différentes réglementations

Réglementation Algérienne	Couleur en solution Au maximum	Spécification A	60 ICUMSA
		Spécification B	100 ICUMSA
Communauté Economique Européenne	Pour la couleur	Catégorie N°1	Max = 6 (couleur = 3 sur L'échelle de Brunswick)
		Catégorie N°2	Max = 9 (couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)
	Pour la coloration en solution	Catégorie N°1	Max = 3 (couleur = 22,5 ICUMSA)
		Catégorie N°2	Max = 6 (couleur = 6 ICUMSA)
Codex Alimentarius	Coloration en Solution	Maximum 60 ICUMSA	

I. MATERIEL ET METHODES

I.1. Présentation de la raffinerie de Cevital

La raffinerie de sucre « Cevital » est implantée dans l'enceinte portuaire de Bejaia d'une capacité de production de 3000 tonnes/jour, elle occupe de ce fait une place importante dans l'économie locale et nationale. La raffinerie a satisfait les besoins nationaux en sucre cristallisé et a commencé à exporter vers les pays magrébins et méditerranéens.

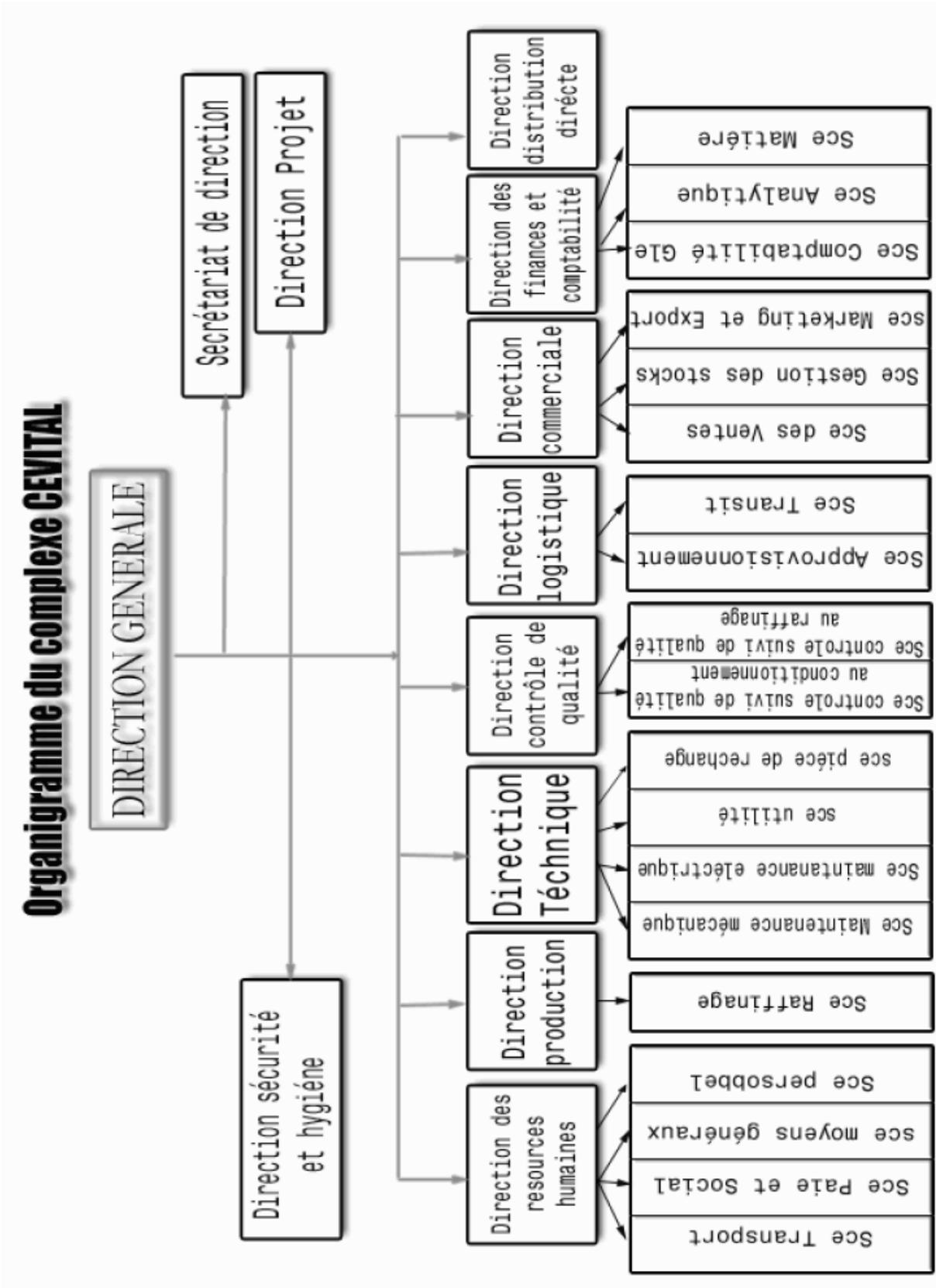
La raffinerie est équipée d'un matériel très sophistiqué que ce soit sections de raffinage de sucre ou laboratoires pour suivre et effectuer les différentes analyses nécessaires.

La société CEVITAL joue un rôle important dans l'économie (elle a créé 2000emplois directs en 4 ans et demi) d'autre part, elle est considérée comme l'un des meilleurs contribuables du secteur privé à l'échelle national.

Le complexe industriel CEVITAL comprend trois grandes unités de productions, qui sont :

- La raffinerie d'huile, avec une capacité de production de 1800t/jour.
- La margarinerie et graisses végétales, avec une capacité de production de 600t/jour.
- La raffinerie de sucre, avec une partie de production 1600 t/jour, et une autre partie à 3000 t/jour.

La **figure 8** c'est après représente L'organigramme du complexe CEVITAL :



I.2. Echantillonnage et prélèvements

L'étude réalisée au niveau de la raffinerie de sucre du complexe CEVITAL (3000 T/J), a consisté, d'une part, à suivre l'évolution et la conformité des différents paramètres de qualité du sucre blanc d'ensachage et d'autre part, suivre les analyses de tous les paramètres des différentes sections.

I.3. Analyses physicochimiques

I.3.1. La matière première

La matière première « sucre roux », importée par CEVITAL, subi les analyses suivantes :

- Mesure de la polarisation (voire annexe III.1).
- Mesure de la couleur (voire annexe III.2).
- Mesure de la teneur en amidon (voire annexe III.3).
- Mesure de l'humidité (voire annexe V.1).

I.3.2. Les produits intermédiaires

Pour suivre le déroulement du processus de raffinage, plusieurs analyses sont effectuées au niveau des différentes sections, comme suit :

➤ Le magma

Les analyses effectuées sont :

- Mesure du Brix (voire annexe IV.1).
- Mesure de la polarisation (voire annexe IV.1).
- Mesure de la couleur (voire annexe IV.2).
- Mesure de la pureté
- Mesure du pH (voire annexe V.9).

➤ Le sirop de fonte

Les analyses effectuées sont :

- Mesure du Brix (voire annexe IV.1.).
- Mesure de la polarisation (voire annexe IV.1.).
- Mesure de la couleur (voire annexe IV.2).

- Mesure de la pureté.
- Mesure du pH (voire annexe V.9).

➤ **Le jus chaulé**

Deux analyses sont effectuées :

- Mesure du pH (voire annexe V.9).
- Mesure de l'alcalinité (voire annexe V.9).

➤ **La carbonatation**

Une seule analyse est effectuée :

- Mesure du pH (voire annexe V.9).

➤ **Le sirop filtré**

Les analyses effectuées sont :

- Mesure du Brix (voire annexe IV.1).
- Mesure de la polarisation (voire annexe IV.1).
- Mesure de la couleur (voire annexe IV.2).
- Mesure de la pureté.
- Mesure du pH (voire annexe V.9).

➤ **Les deux sirops décolorés (SD1 et SD2)**

Les analyses effectuées sont :

- Mesure du Brix (voire annexe IV.1).
- Mesure de la polarisation (voire annexe IV.1).
- Mesure de la couleur (voire annexe IV.2).
- Mesure de la pureté.
- Mesure du pH (voire annexe V.9).

➤ **Le sirop concentré**

Les analyses effectuées sont :

- Mesure du Brix (voire annexe IV.1).
- Mesure de la polarisation (voire annexe IV.1).
- Mesure de la couleur (voire annexe IV.2).

- Mesure de la pureté.
- Mesure du pH (voire annexe V.9).

➤ **le sucre A**

Une seule analyse est effectuée :

- la mesure de la couleur (voire annexe IV.2).

➤ **la mélasse**

Les analyses effectuées sont :

- Mesure du Brix (voire annexe IV.1).
- Mesure de la polarisation (voire annexe IV.1).
- Mesure de la pureté.

➤ **Sucre séché et refroidi**

Une seule analyse est effectuée :

- Mesure de la couleur (voire annexe IV.2).

Remarque

- On note que la durée séparant deux prélèvements est de 2 heures.

I.3.3. Évaluation de la qualité du sucre blanc : produit fini « ensachage »

Les analyses effectuées sont :

- Mesure de l'humidité (voire annexe V.1).
- Mesure de la polarisation (voire annexe V.2).
- Mesure de la couleur (voire annexe V.3).
- Mesure du taux de sucres invertis (voire annexe V.4).
- Mesure de la teneur en cendres conductimétriques (voire annexe V.5).
- Mesure du trouble (voire annexe V.6).
- Mesure de la teneur en sulfites (voire annexe V.7).
- Mesure de la granulométrie (voire annexe V.8).

Remarque

- On note que les prélèvements s'effectuent à chaque changement de silo.
- Le matériel utilisé durant notre étude est représenté en annexe I, tableau 3.

II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. Conformité du sucre blanc de CEVITAL

Une comparaison des résultats d'analyses physico-chimiques pour la conformité du sucre blanc d'ensachage de CEVITAL a été effectuée pendant 15 jours par rapport à la norme Algérienne et la norme CEE qui sont présentées dans l'annexe I. tableau 4.

1.1. Résultats de l'humidité

La figure 9 représente les résultats du suivi de la stabilité de l'humidité.

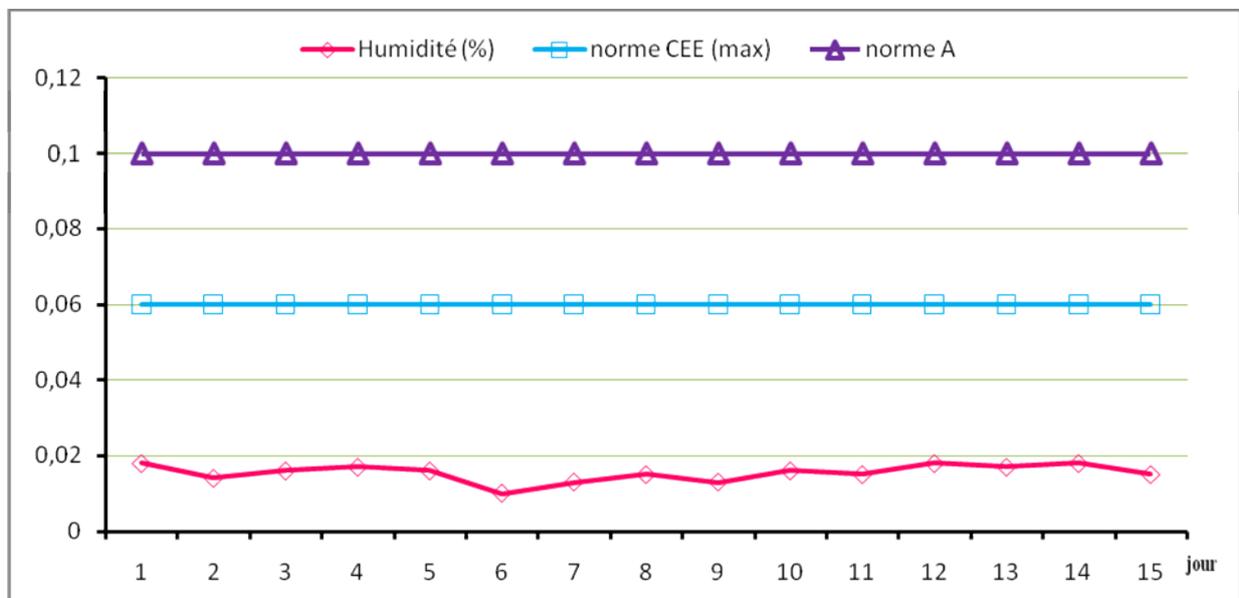


Figure 9. Humidité du sucre blanc.

- **Interprétation et discussion**

La **figure 9** montre que les résultats de l'humidité du sucre blanc sont largement au dessous des valeurs de celle représentant à la fois la norme A et la norme CEE.

Ceci nous amène à conclure que l'humidité du sucre blanc de Cevital est conforme à la norme A (0,1%) ; ainsi qu'à la norme CEE (0,06%).

1.2. Résultats de la polarisation

La figure 10 représente les résultats du suivi de la stabilité de la polarisation

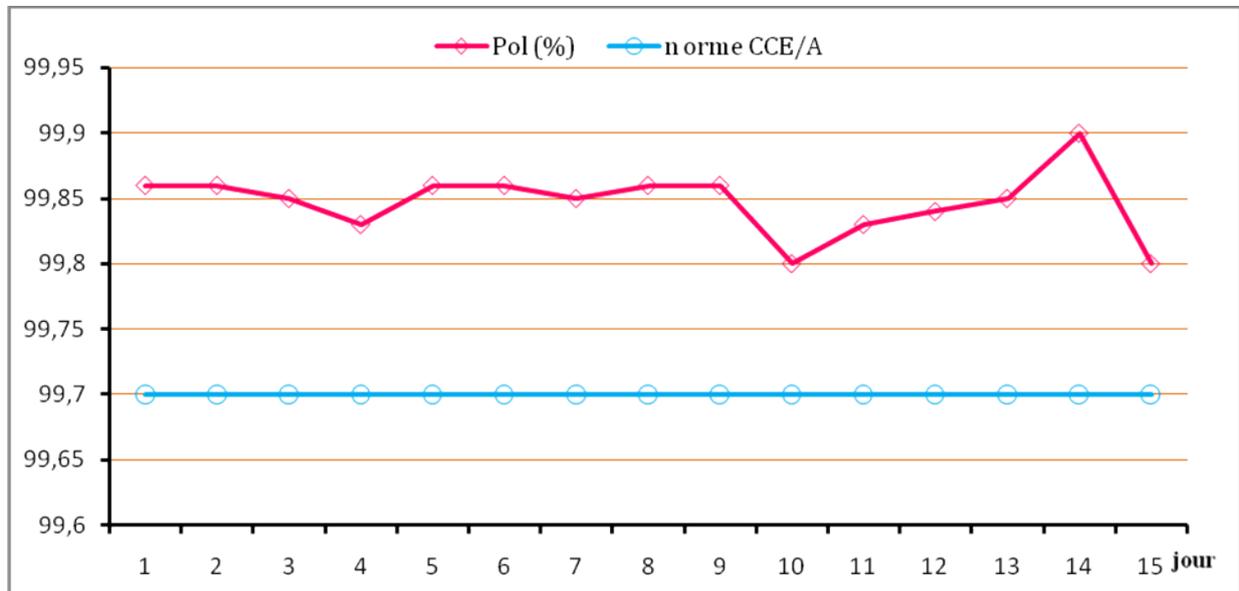


Figure 10. Polarisation du sucre blanc.

- **Interprétation et discussion**

D'après la **figure 10** la courbe représentant les valeurs de la polarisation du sucre blanc reste au dessus des deux normes CEE et A, dont la valeur de polarisation moyenne est de 99,84%.

A partir de ces résultats, on peut dire que sur le critère de la polarisation, le sucre blanc de Cevital est conforme aux normes CEE et A (spécification A) exigée à savoir 99,7%.

1.3. Résultat de la couleur

La figure 11 représente les résultats du suivi de la stabilité de la couleur.

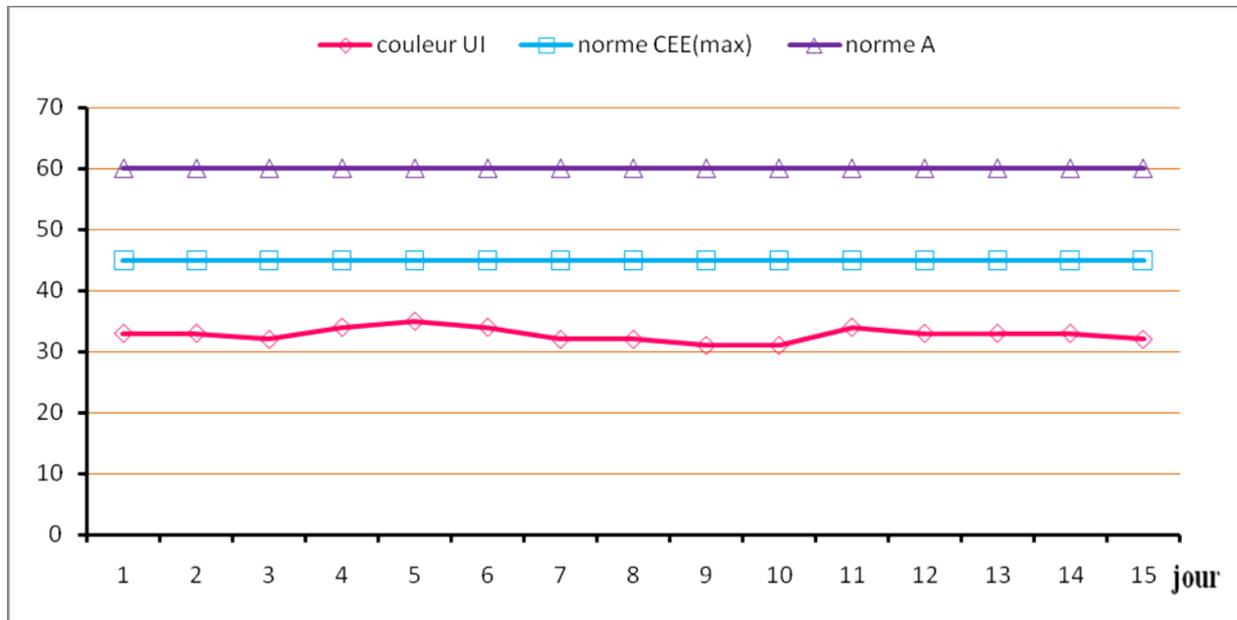


Figure 11. Couleur du sucre blanc.

- **Interprétation et discussion**

Dans la **figure 11** on voit que le sucre blanc a une coloration assez stable, entre **31** et **44 UI**, sachant que le sucre blanc résulte d'une combinaison de plusieurs jets (R1+R2, R1+R3, R1+R2+R3...) (figure 4, annexe II). Le premier jet (R1) reste présent dans le sucre, on comprend par là, que la couleur de la masse cuite (R1) a une influence directe sur la couleur du sucre blanc.

D'après la **figure 11**, la courbe représentant les variations de la couleur du sucre blanc, reste en dessous des deux courbes représentant la norme A (spécification A) qui est de **60 UI** et la norme CEE qui est de **45 UI**.

Cela certifie la conformité de la couleur du sucre blanc produit au niveau de la raffinerie de sucre Cevital, ce qui confirme sa bonne qualité. Cette dernière est le résultat d'un bon fonctionnement de processus de raffinage dont l'étape de la décoloration est déterminante.

1.4. Résultats de la teneur en sucres réducteurs

La figure 12 représente les résultats du suivi de la teneur en sucre réducteurs (invertis).

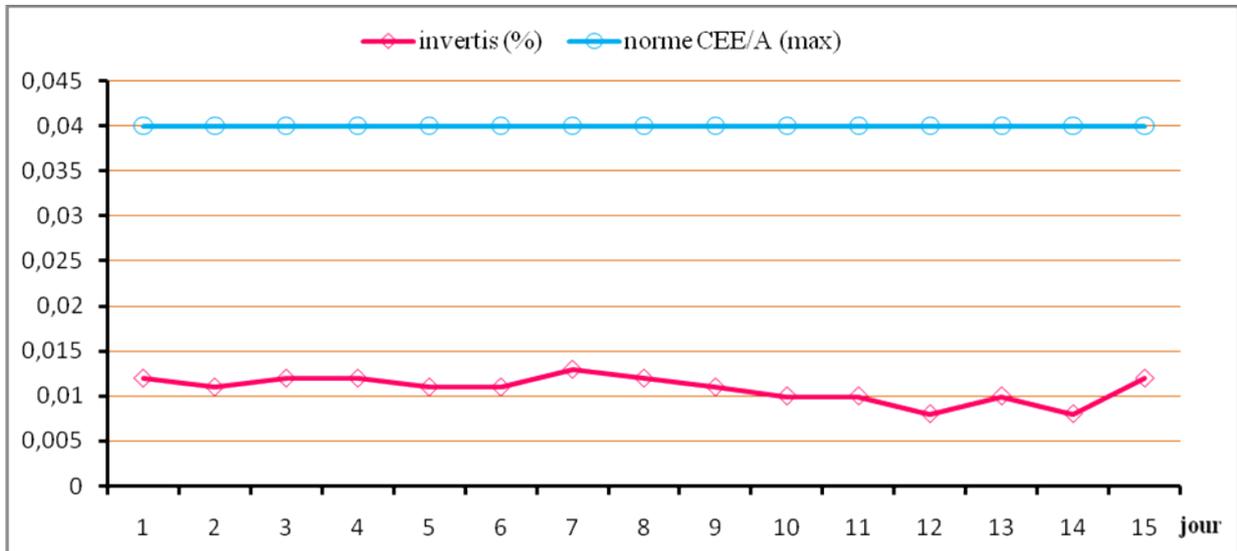


Figure 12. Teneur en sucres invertis du sucre blanc

- **Interprétation et discussion**

La courbe représentant les valeurs de la teneur en sucres invertis du sucre blanc, vus dans la **figure 12**, est toujours en dessous de celles représentant les deux normes A et CEE.

Cela veut dire que la teneur en sucres invertis du sucre blanc de Cevital répond aux exigences des normes A (spécification A) et CEE ; qui est de 0,04 %.

1.5. Résultats de la teneur en cendres conductimétriques

La figure 13 représente les résultats du suivi de la stabilité de la teneur en cendres.

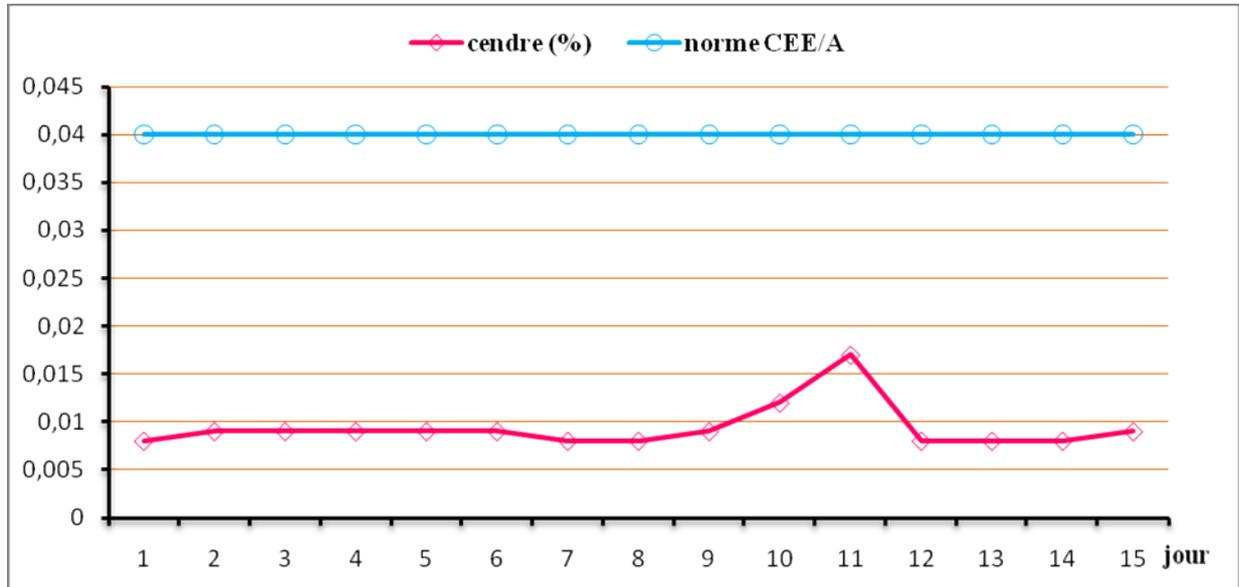


Figure 13. Teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc.

- **Interprétation et discussion**

La **figure 13** montre que la courbe représentant les valeurs de la teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc est toujours en dessous des deux autres normes A et CEE, ce qui prouve la conformité de la teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc de CEVITAL aux deux normes.

À partir de ces différentes analyses, on déduit que le sucre blanc de Cevital répond largement aux normes Algériennes (spécification A) et CEE qui est de 0,04 % ; ce qui nous amène à dire qu'il est de bonne qualité.

Remarque : Il n'existe pas de norme proprement dite pour la suite des paramètres ci dessous, mais l'organisme CEVITAL a fixé une norme spécifique à sa raffinerie afin de répondre aux exigences et demandes de sa clientèle.

1.6. Résultats du trouble

La figure 14 représente les résultats du suivi de la stabilité du trouble

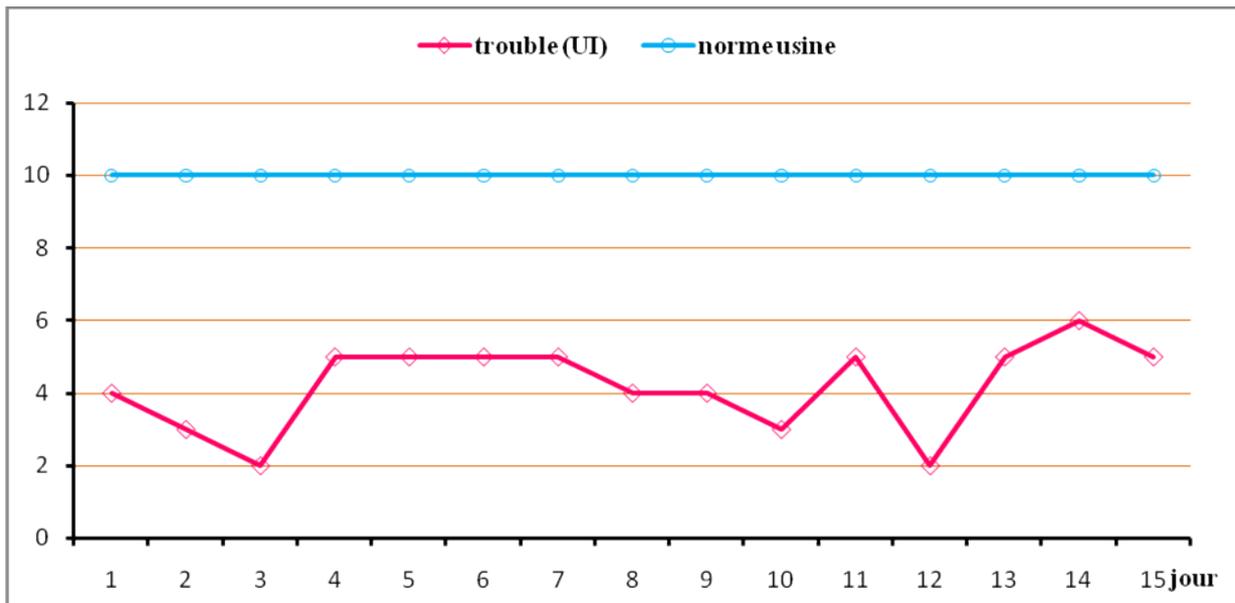


Figure 14. Trouble du sucre blanc.

- **Interprétation et discussion**

La **figure 14** montres que les résultats du trouble du sucre blanc sont largement au dessous des valeurs représentant la norme usine qui est de 10 UI.

Cela confirme que la teneur en trouble des cristaux de sucre est faible, entraînant ainsi une augmentation de la croissance des cristaux et une absence de la modification de la morphologie des cristaux de sucre.

1.7. Résultats de la teneur en sulfites

La figure 15 représente les résultats du suivi de la stabilité de la teneur en sulfites.

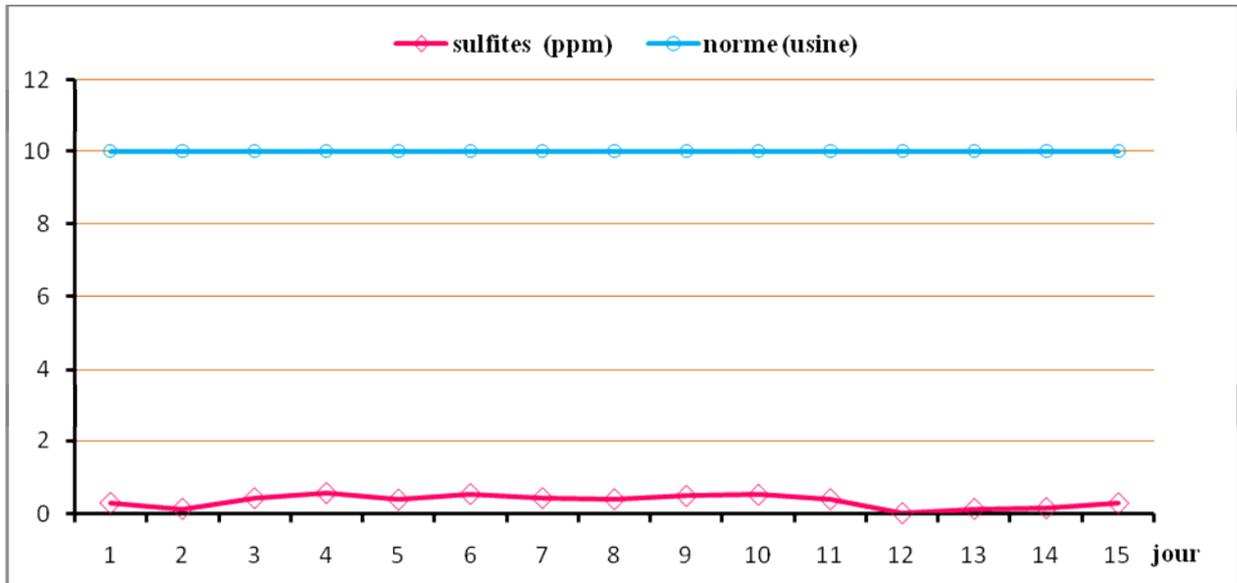


Figure 15. Teneur en sulfites en solution.

- **Interprétation et discussion**

D'après la **figure 15**, la courbe représentant les valeurs de la teneur en sulfites (SO_2) dans la solution reste largement au-dessous de la norme qui est de 10 ppm.

1.8. Résultats de la granulométrie

Les résultats obtenus pour la granulométrie se subdivisent en ouverture moyenne (O.M) et coefficient de variation (C.V).

1.8.1. Résultats de l'ouverture moyenne

L'ensemble des résultats obtenus pour l'ouverture moyenne sont représentés sous forme de graphe dans la figure 16.

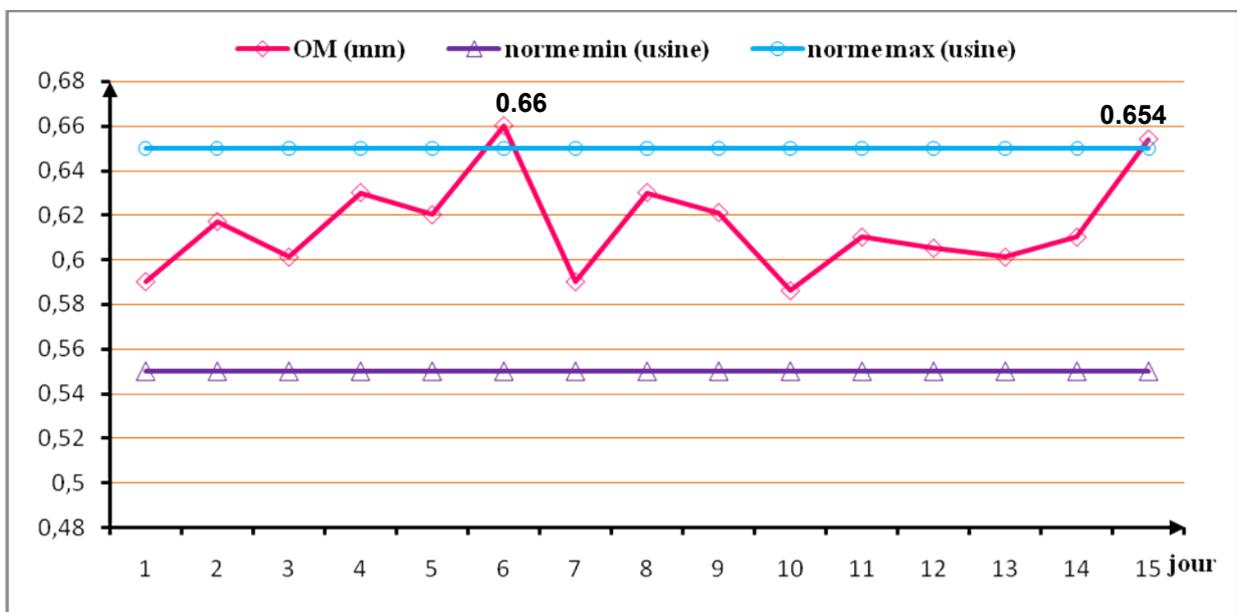


Figure 16. L'ouverture moyenne du sucre blanc.

• Interprétation et discussion

On remarque à travers le graphe (**figure 16**), que les cristaux de sucre obtenus sont des cristaux moyens avec une ouverture moyenne légèrement supérieure à la norme. Ceci est probablement dû à la semence utilisée et aux conditions dans les quelles s'est produite la cristallisation.

La granulométrie est également un facteur déterminant la stabilité du sucre au cours du stockage : plus la taille des cristaux est grande, meilleure est la stabilité du sucre. Ce qui marque l'homogénéité de sucre étudié d'une part et une cristallisation bien conduite malgré l'anomalie rencontrée d'autre part.

On peut dire, que du point de vue de l'ouverture moyenne, le sucre blanc est conforme a la norme d'usine: min (0,55) et max (0,65) exigées par CEVITAL.

1.8.2. Résultats du coefficient de variation

La figure 17 représente les résultats du suivi de la stabilité du coefficient de variation

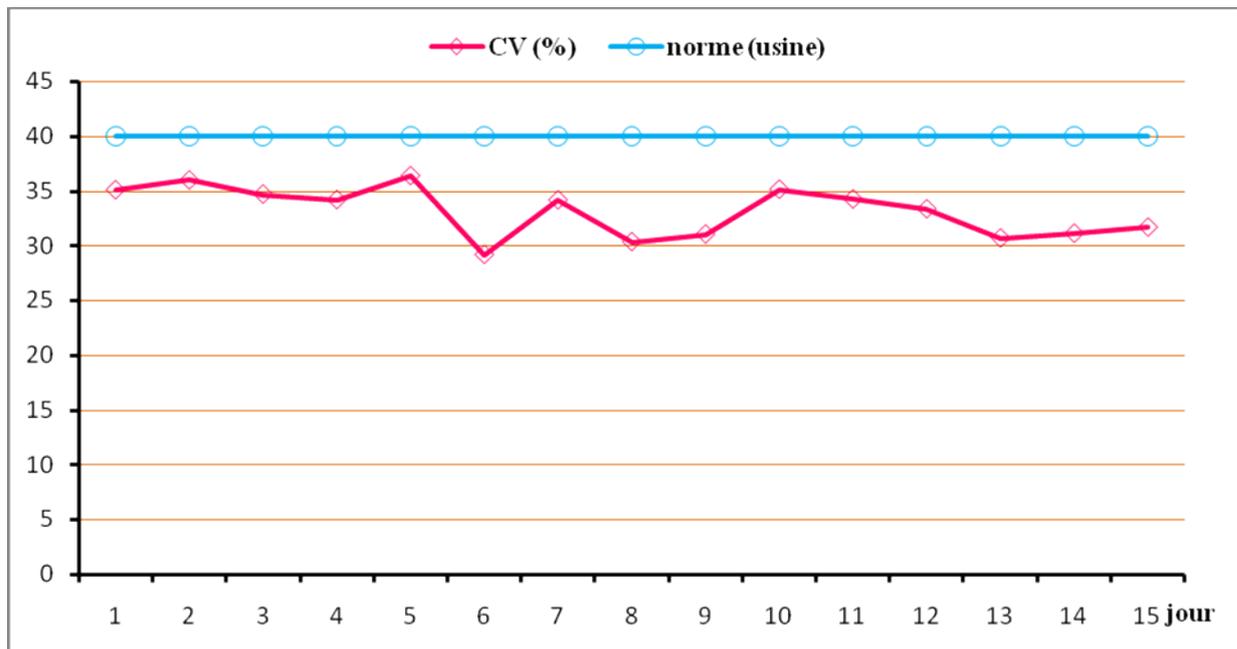


Figure 17. Coefficient de variation du sucre blanc.

- **Interprétation et discussion**

L'ensemble des coefficients de variations calculés varient de 29.15 à 36.4 % et sont largement inférieurs à 40 % comme valeur limite, comme le montre La **figure 17**, qui représentant les variations du coefficient de variation du sucre blanc de Cevital.

On peut dire, que du point de vue coefficient de variation, le sucre blanc de Cevital est conforme à la norme exigée.

CONCLUSION

Confronté à une concurrence de plus en plus féroce, la qualité est devenue un enjeu stratégique entre les différentes Industries Agro-alimentaires. Les fabricants ne peuvent que répondre à ces critères d'exigences sans oublier qu'à prix égal, le sucre de meilleure qualité reste la préférence des acheteurs.

Pour faire face à ces exigences de plus en plus croissantes, et pour avoir un produit de bonne qualité, l'amélioration du proces concerne pratiquement tous les ateliers de la raffinerie : la préparation de la liqueur standard, la cuisson, la préparation de la masse cuite, l'essorage et même le clairçage des cristaux.

Néanmoins, des analyses nécessaires sont effectuées sur la matière première utilisée (sucre roux) pour écarter les non-conformités durant le processus de raffinage et favoriser ainsi son bon déroulement en évitant d'éventuelles pertes. Les résultats obtenus révèlent que la matière première fournie à l'usine est conforme aux normes. La couleur est \leq à 900 UI, la teneur en amidon varie de 136 à 190 ppm (< 200 ppm), ainsi qu'une polarisation supérieure à $99^{\circ}Z$ avec une humidité ne dépassant pas 0,11 %.

Enfin le raffinage du sucre roux de canne est un processus très délicat nécessitant un contrôle continu qui abouti à un sucre blanc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

AFISUC. (2002). Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Cristal 1, 15p.

Ait amar A. (1981). Cours de technologie du sucre. Institut national des industries légères Boumerdes - Alger, 182p.

Alais C., Linde G. et Miclo L. (2003). Glucides simples et produits dérivés. In biochimie alimentaire. Paris. Ed. Dunod, 250p.

Applexion. (2006). Management de la qualité. Extension de l'unité de décoloration existante. Manuel opératoire CEVITAL-ALGERIE. FORM 002A.

Apria. Association pour la promotion industrie agriculture. (1977). Le sucre de raisin : possibilités d'utilisation dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, estimation du marché. Ed. TEC et DOC Lavoisier. 7p.

Arzate A. (2005). Extraction et raffinage du sucre de canne, *Revue de l'ACER* (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture), Saint-Norbert-d'Arthabaska, novembre, 41p.

Asadi M. (2007). Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. USA. 884p. pp. 45 – 62.

B

BELHAMRI R. (2005). extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières :Etude de leur composition, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur effet sur le process sucrier), TH. doct. : Chimie Physique Industrielle. UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE – ARDENNE. 233p

Bonie D. (2004). Cours de technologies industrielles : l'usine agroalimentaire, école polytechnique universitaire de Lille, 42p.

Bouras A. (1998). Les constituants alimentaires et leur rapport avec la santé. Ed. Office des publications universitaires, Alger. 272p.

Brown et Levy. (1963). Sucrose. In: « precise determination of crystal and molecular structure by neutron diffraction ».Ed. science (141).pp. 921-923.

Bubnik Z. et Kadlec P. (1995). La solubilité du saccharose. In Le saccharose : « Propriétés et applications » (Mathlouthi M. et Reiser P). Ed. Polytechnica, pp. 106 – 129.

Burzawa E. (1999). Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. Association AVH, 6^{ème} symposium. Reims, 10p.

C

Cartier S. (1999). Sucrose recovery in new refinery: comparison between crystallization and chromatographic operations. Publication of technical papers and proceedings, fifty-eight annual meeting, sugar industry technologists, estoril, portugal, pp.171-193.

Beck C., Cardon N., Deldon D., Fuchs P., Gaillard J.,Guillaumie A.et Liefoghe C. (1999). La filière confiserie. Thèse Université de Technologie de Compiègne. Qualimapa : France, pp. 23-27.

Codex STAN 212. (1999). (Amend. 1-2001). Norme codex pour les sucres.

Corinne M. (1989). Les aliments : les produits sucrés. Le sucre. Eds. Maloine, 200p.

D

Decloux M., Tatoud L. et Messad A. (1999). Rétention des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Association avh, 6^{ème} symposium, Reims, pp. 58-63.

Decloux M. (2002). Procédés de transformation en sucrerie (partie1). In : « techniques de l'ingénieur ».18p.

Decloux M. (2003). Procèdes de transformation en sucrerie (partie2). In techniques de l'ingénieur. 21p.

Deminiac M. (1991). Biotechnologie des levures. In : « utilisation des levure en fermentation alcoolique industrielle ». Ed .Technique et documentation.

Doucet J. (1992). Le sucre (saccharose) est ses dérivés traditionnels et nouveaux. In Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires (Multon J.L.). Ed. TEC et DOC Lavoisier, pp. 258 – 277.

E

Echeverri F. (2007). Measurements and computations of the flow in full-scale sugar evaporative-crystallizers and in lab-scale models. Universidad del valle, 56p.

Emilie F. (2006). Connaissance des aliments. Lavoisier, Tec et Doc, Paris, 397 p.

F

Frédéric P. (2004). Descriptif et analyse des différents sécheurs et refroidisseurs de sucre. Association avh, 11^{ème} symposium, Reims, pp. 70 - 77.

G

Goebel R., Auroux S., Fauconnier R., Marion D., Dadallier J.C. et Pouzet D. (2008). La canne à sucre, une herbe géante gorgée de sucre. Centre de recherche agronomique spécialisé dans les productions tropical et méditerranéennes. Montpellier.pp. 4-5.

H

Hamachi M., Gupta B.B. et Ben-Aim R. (2003). Ultra filtration: a means for decolorization of cane sugar Solution. Séparation and Purification Technology. pp. 235-239.

Hugot E. (1987). La sucrerie de canne. In : « carbonatation ». Lavoisier. tec & Doc, 3^{ème} édition, 738p.

I

ICUMSA Method GS 1/3/4/7/8-13 (1994). The Determination of Conductivity Ash in Raw Sugar, Brown Sugar, Juice, Syrup and Molasses – Official.

ICUMSA Method GS 1/3-7 (2002). Determination of the Solution Colour of Raw Sugars, Brown Sugars and Coloured Syrups at pH 7.0 – Official.

ICUMSA Method GS 2/1/3/9-15 (2007).). Determination of the moisture of Raw Sugars, Brown Sugars at pH 7.0 – Official.

J

J.O.R.A. (1997). Arrête interministériel du 27 avril 1997 fixant les spécifications techniques du sucre blanc. 2p.

L

Laurence M. (2004). La qualité en industrie application :travail sur la qualité produit au sein d'une industrie agro- alimentaire. Thèse de doctorat spécialité médecine vétérinaire, l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.141p.

LESCURE J.P. (1995). L'analyse des solutions de sucre. In le saccharose : propriétés et application (MATHLOUTHI M. ET REISER P). Ed. Polytechnica. pp. 164-196.

M

Mauch W. (1998). Quality Criteria of white sugar and its commercial grades, Dans: Sugar Technology: Beet and cane Sugar Manufacture, Eds. (Van der Poel P.W., Schiweck H., Shwartz, V. et Albert Batern), Berlin. 84p.

Mathlouthi M. (2004). Propriétés physiques et chimiques du saccharose.6p.

Mathlouthi M. et Rogé B. (2004). Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, 7 p.

Mathlouthi M. et Reiser P. (1995). Le saccharose. In :« propriétés et application ». Edition française polytechnique, pp. 240-299.

Mc Neill T. 2004. Sugar quality. In “ Sugar Trading Manual (S T M) “. Jonathan Kingsman. Ed : Woodhead Publishing Limited. Cambridge England. pp. 285-300.

Multon J.L. (1992). Les fonctions des sucres et leurs produits de substitution dans les aliments. In Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires. Ed. TEC et DOC Lavoisier. pp. 2-6.

P

Pérez S, (1995). Conformité du saccharose a l'état cristallin. *In* le saccharose : «propriétés et application ». (**Mathlouthi M. et Reiser P**). Ed. Polytechnica, pp. 11-33.

R

Rachedi N, (2002). Précèdes de transformation dans la raffinerie de CEVITAL spa. Rapport de formation, pp. 1-30.

Rageot M., Rene L. (2004). Procédure de fabrication du sucre. Le sucre (4).pp. 1-4.

Reiser P, Birch G., et Mathlouthi M. (1995). Propriétés physiques. In : « Le Saccharose Propriétés et Applications ». Ed. Polytechnica, Paris. pp. 197-235.

Rogé B., Bensouissi A. et Mathlouthi M. (2007), Effect of calcium on white sugar turbidity, Zuckerindustrie, 132, pp. 170-174.

Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B. (2007). Science des aliments. Lavoisier, Tec et Doc, 449p.

Rousseau G., ROVEL B. et Metche M. (1990). Cristallisation et qualité des sucres : Industrie Alimentaire et Agricole 4(78), pp. 629 – 636.

S

Schrevel G. (2001). Interaction eau - saccharose et conséquences sur le séchage, la maturation et le stockage du sucre cristallise. Association avh, 8ème symposium, Université de Reims, 9p.

T

Tianen T. (2007). Raffinerie Tirlemontoise s.a. Ed. Avenue de Tervueren, 182- B-1150 Bruxelles – Belgique. 2p.

V

Vaccari G. et Mantovani G. (1995). La cristallisation du saccharose. In le saccharose : « propriétés et application ». (Mathlouthi M. et Reiser P). Polytechnica. pp 35–78.

Vlitos A.J. (1995). Aspects économiques du sucre. Le saccharose. In : « Propriétés et application ». (Mathlouthi M. et Reiser P.). Ed. Polytechnica. Paris. pp : 1 – 10. 315p.

REFERENCES ELECTRONIQUE

[1] Filtre à bougies. Filtre à cadres. 20p. Putsch groupe. [en ligne]. 2010. Disponible sur « <http://www.putsch.com/Prospekte/Zucker/1163Kerzenfilter.pdf> » (page consulté le 13/04/2012).

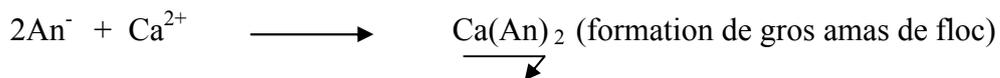
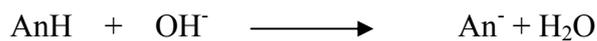
[2] Office de Développement de l'Économie Agricole des Départements d'Outre-Mer. ODEADOM. [en ligne]. 2005. Disponible sur « <http://www.odeadom.fr/wp-content/uploads/2007/01/depliant-csr.pdf> » (Page consultée 02 Mai 2012).

Tableau 1. Mode de l'épuration calco-carbonique (Burzawa, 1999).**Précipitation**

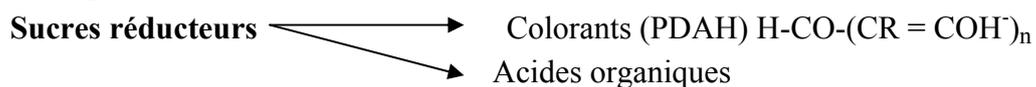
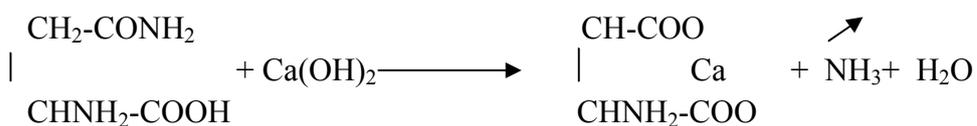
- ✓ Acides (carbonique, oxalique, lactique, tartrique, etc).
- ✓ Cations 2^+ 3^+ et Anions (sulfates, phosphates).

Exemple : Acides organiques**Coagulation-floculation**

- ✓ Protéines
- ✓ Saponines
- ✓ Colorants polyphénoliques

Schéma de réaction**Dégradation**

- ✓ – Amides
- ✓ – Amines
- ✓ – Sucres réducteurs

Exemple :**Amides : réaction générale****Exemple : Asparagine****Adsorption**

- ✓ Colorants
- ✓ Acides organiques

Tableau 2. Les analyses physico-chimiques effectuées sur les différents produits.

Types d'analyse		°Brix	Polarisation	Pureté	PH	Couleur	L'alcalinité	Taux d'humidité	Taux de sucre inverti	Taux de cendres	Granulométrie	Teneur en Sulfites	Trouble
Types de produits													
Matières premières	Sucre roux	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Produits intermédiaires	Magma	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	Sirop refonte	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	jus chaulé	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Sirop carbonaté	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sirop filtré	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	Sirop décoloré	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	sirop concentré	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	LS ₁	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	LS ₂	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	LS ₃	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	LS _A	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	LS _B	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	LS _C	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	Sucre A	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	Mélasse	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SES /SSS/SSR	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	Produit fini	Sucre blanc	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+

Tableau 3. Liste de matériel et réactifs utilisés.

Matériels
<ul style="list-style-type: none">• Un Refractomètre de Bellingham + Stanley LTD, model : RFM 340.• Un spectrophotomètre (HERIOS gamma), pour la mesure de l'absorbance.• Un diluteur automatique muni d'une balance de précision, type DP 64.• Un pH mètre, de marque HANNA instruments.• Un polarimètre, de marque POLASER-S/R.E.I.• Un bain marie.• Un agitateur magnétique, de marque VELP Scientifica.• L'étuve réglée à 105°C, de marque MEMMERT / 500.• Une balance de précision, de marque SARTORIUS CP4201.• Une balance analytique, de marque KERN ALS 2204.• Un dessiccateur en verre NALGE/SYBRON.• Une pompe à vide MULTIFIX M 80.• Un papier filtre de 0.45 µm et des filtres plissés standard.• Des bouteilles pour la réalisation des différentes dilutions.• Des entonnoirs.• Les pots en plastiques de 500 ml pour la réalisation des différents prélèvements.• Des ordinateurs munis du logiciel 'CLEOPATRE'.
Réactifs
<ul style="list-style-type: none">• HCl à 0.1N,• NaOH à 0.1N,• Des solutions tampons 7 et 10.• Une eau osmosée et filtrée.• Eau distillée.• Solution d'EDTA.

Tableau 4. Résultats d'analyse sur 15 jours du sucre blanc.

Paramètre étudié	Couleur UI	Pouvoir rotatoire	Sucres invertis	Cendres	Humidité %	Trouble	Sulfites (SO ₂)	OM mm	CV %
Jours	Norme	45	0,04 max	0,04	0,06	10 UI	10 ppm	0,55 à 0,65	40%
	Max	Min		Max	Max	max	Max		max
Moy 1	33	99,86	0,012	0,008	0,018	4	0,29	0,590	35,10
Moy 2	33	99,86	0,011	0,009	0,014	3	0,13	0,617	36,00
Moy 3	32	99,85	0,012	0,009	0,016	2	0,42	0,601	34,70
Moy 4	34	99,83	0,012	0,009	0,017	5	0,56	0,630	34,20
Moy 5	35	99,86	0,011	0,009	0,010	5	0,38	0,620	36,40
Moy 6	34	99,86	0,011	0,009	0,010	5	0,53	0,660	29,15
Moy 7	32	99,85	0,012	0,008	0,013	5	0,42	0,590	34,17
Moy 8	32	99,86	0,012	0,008	0,015	4	0,39	0,630	30,33
Moy 9	31	99,86	0,011	0,009	0,013	4	0,48	0,621	31,03
Moy 10	31	99,80	0,010	0,012	0,016	3	0,51	0,586	35,15
Moy 11	34	99,83	0,010	0,017	0,015	5	0,39	0,610	34,25
Moy 12	33	99,84	0,008	0,008	0,018	2	0,01	0,605	33,35
Moy 13	33	99,85	0,010	0,008	0,017	5	0,13	0,601	30,67
Moy 14	33	99,90	0,008	0,008	0,018	6	0,15	0,610	31,10
Moy 15	32	99,80	0,012	0,009	0,015	5	0,28	0,654	31,67

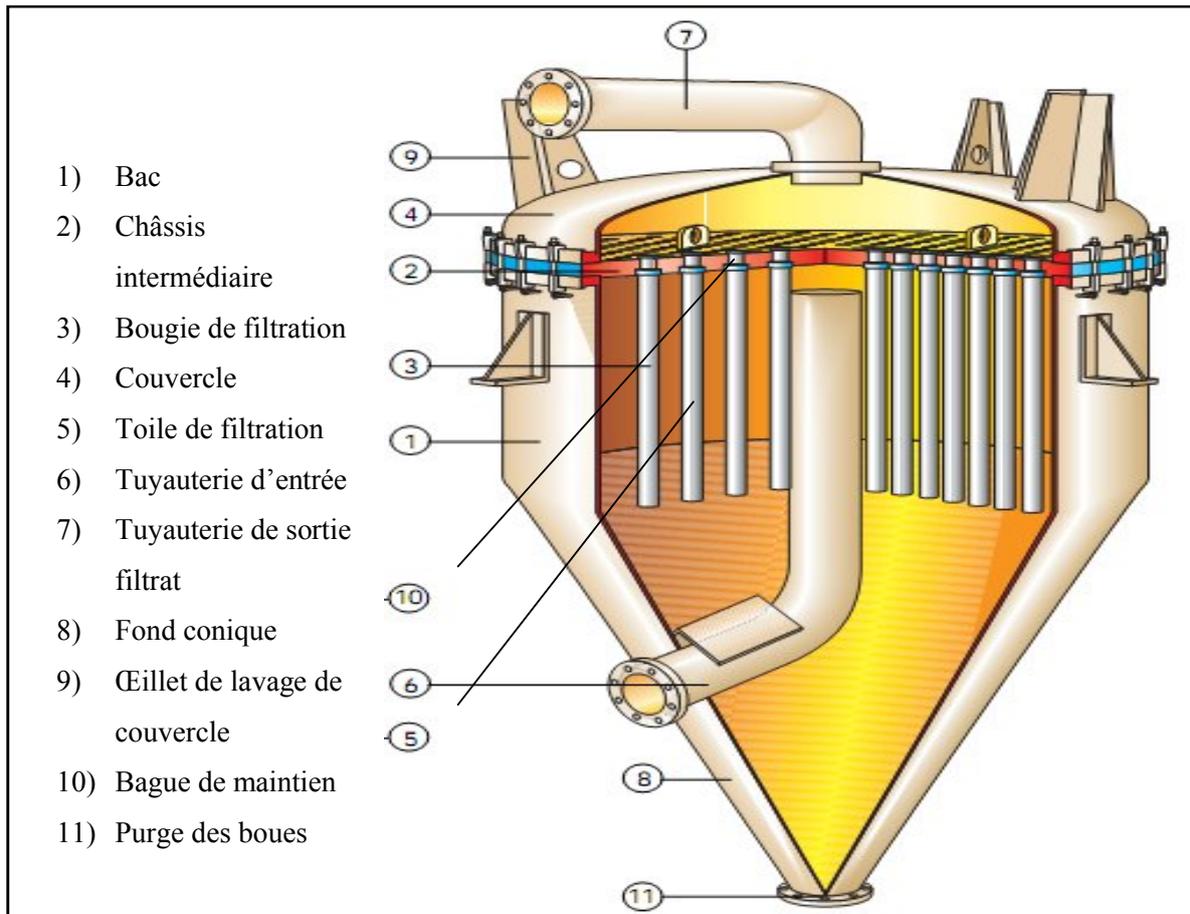


Figure 1 : Fonctionnement d'un filtre à bougies (Putsch, 2010).

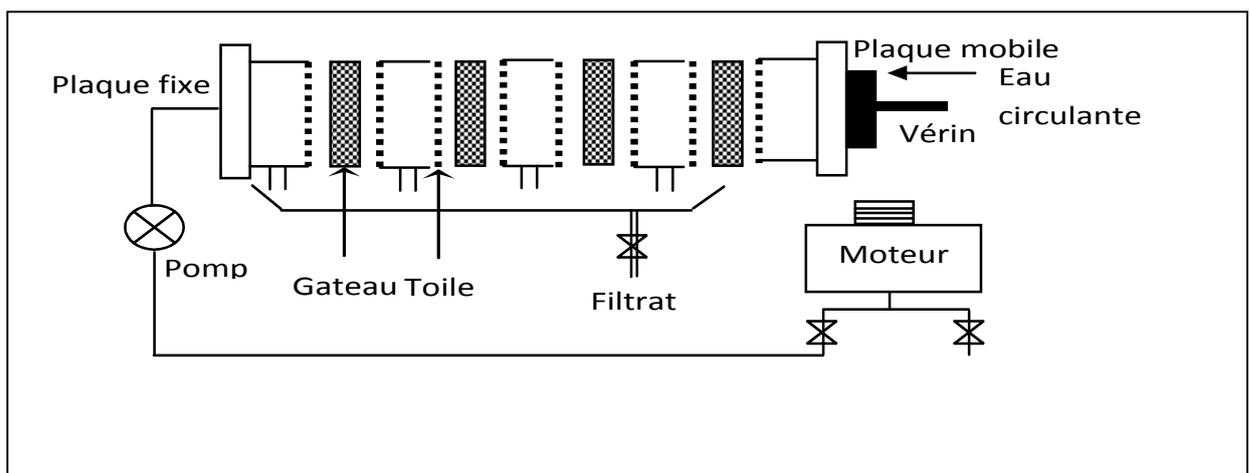


Figure 2 : Fonctionnement d'un filtre à presse (AFISUC, 2002).

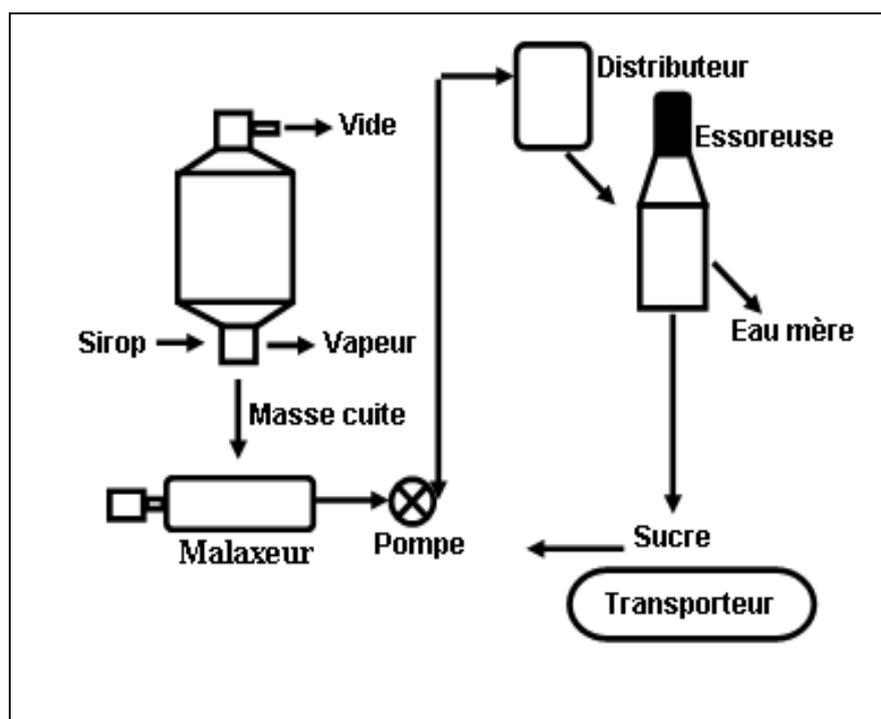


Figure 3. Schéma d'un atelier de cristallisation (Decloux, 2003).

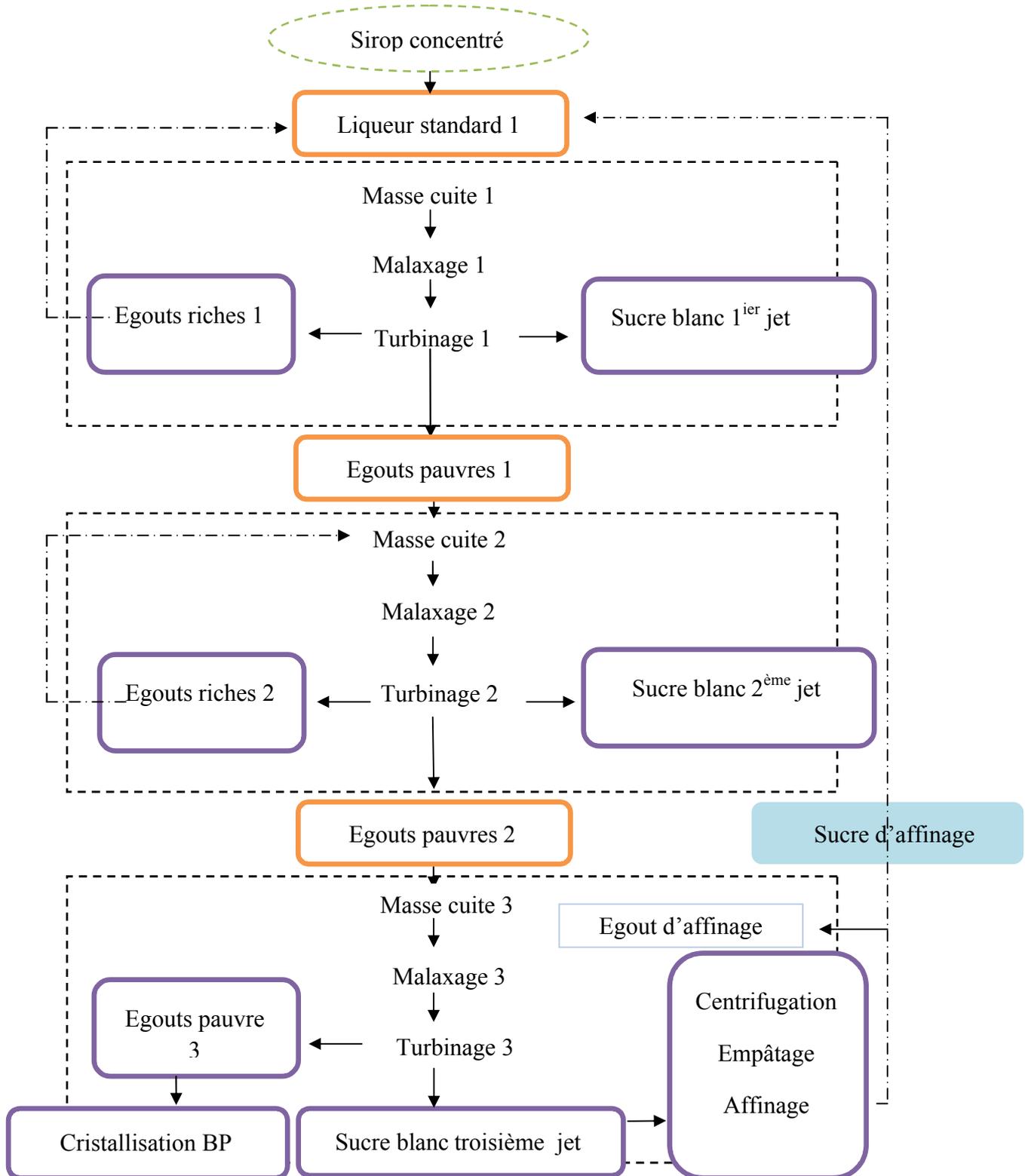


Figure 4 : Cycle de cristallisation des hauts produits en 3 jets (Romain *et al.*, 2007).

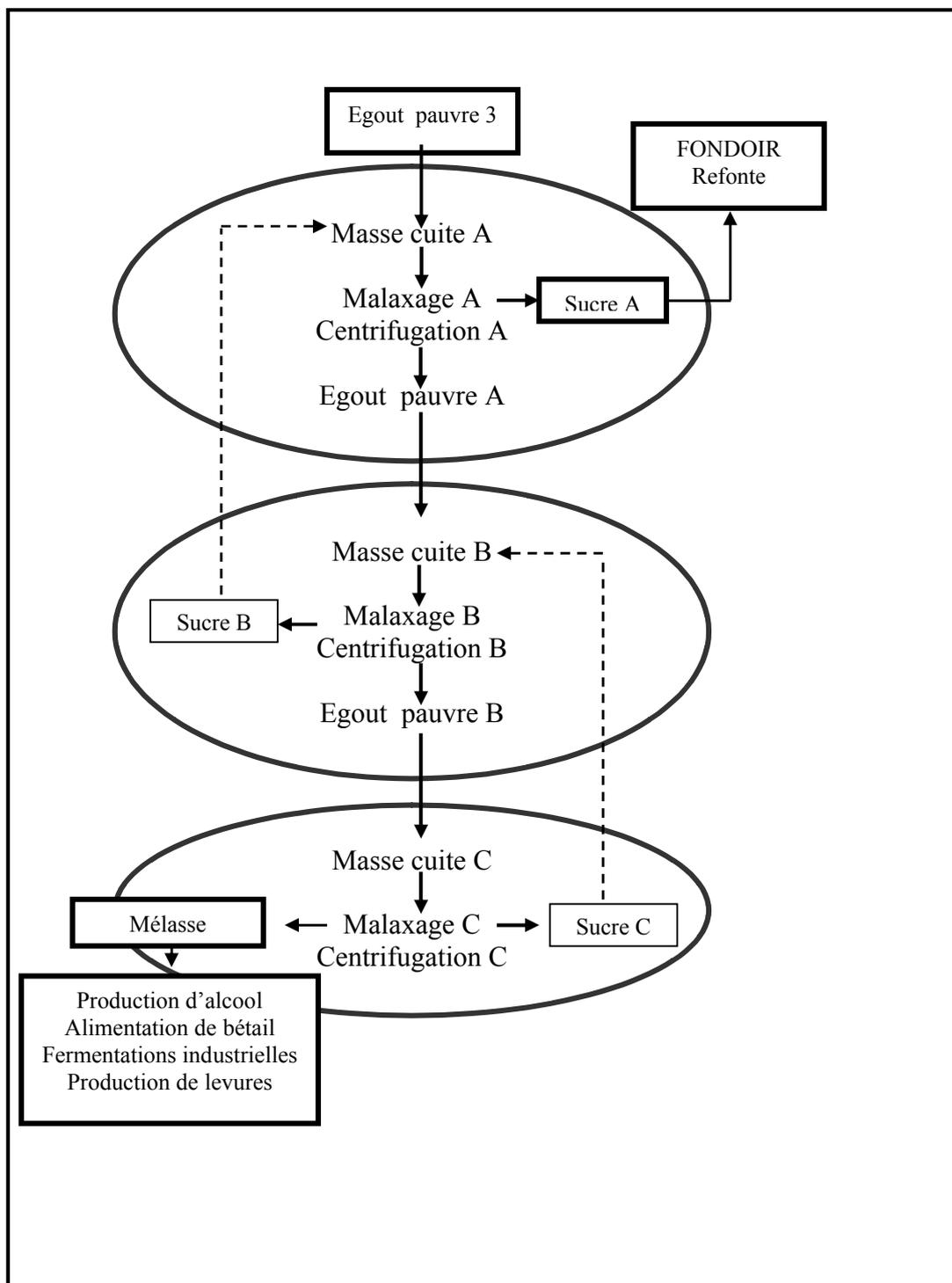


Figure 5. Cycle de cristallisation des bas Produits en trois jets
(Romain *et al.*, 2007).

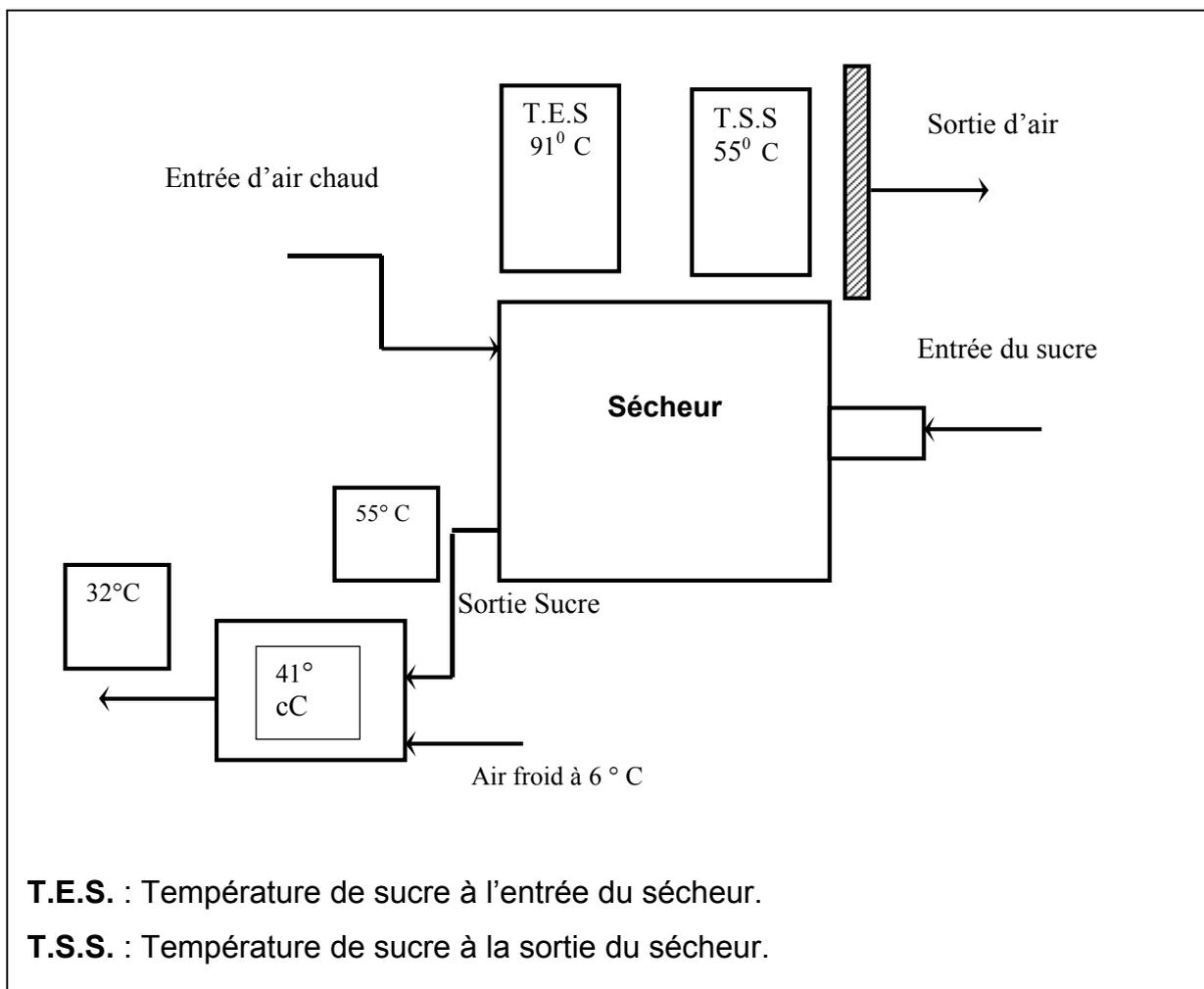


Figure 6. Paramètres de fonctionnement du sécheur au niveau de l'unité CEVITAL (Schrevel, 2001).

ICUMSA Méthodes GS 1/2/3-1 (1994)**Polarisation des sucres bruts****Méthode officielle****• Objet**

La teneur en sucre d'une solution est le rapport entre la qualité du sucre contenue dans la solution et la quantité de solution, elle est mesurée par un polarimètre thermostat à 20°C.

• Principe

Toutes les molécules optiquement actives (possédant au moins un carbone asymétrique) sont capables de dévier le plan d'une lumière polarisée. Cette déviation est proportionnelle à la teneur en substance à doser.

• Mode opératoire

- ✓ Peser avec précision 26,0 ± 0,002 g de sucre.
- ✓ Transférer ce sucre dans une fiole volumétrique de 100 ml rincée à l'eau distillée sans dépasser un volume voisin de 70 ml.
- ✓ Dissoudre complètement par agitation manuelle ou en utilisant un agitateur mécanique.
- ✓ Ajouter 2 ml d'acétate de plomb. Mélanger la solution par agitation douce, ajouter de l'eau distillée au dessous du trait de jauge, s'il y a formation de bulles d'air, ajouter quelques gouttes d'alcool.
- ✓ Porter la fiole au bain thermostat réglé à 20±1°C pendant 30 minutes. Ajuster le contenu de la fiole avec une eau distillée à 20±1 °C jusqu'au trait de jauge, fermer la fiole et agiter minutieusement.
- ✓ Laisser reposer la solution pendant 5 minutes, puis filtrer à travers un filtre plissé contenant de la terre infusoire.
- ✓ Lire la valeur de la polarisation à l'aide d'un polarimètre.

• Expression des résultats

La polarisation lue sur l'appareil, avec correction de température est donnée par la formule suivante :

$$P_{20} = P_t + 0,033 (T - 20)$$

P_{20} : polarisation à 20 °C ;

P_t : polarisation mesurée à la température t ;

T : température de la solution.

Méthodes GS 1-7 (1994)
Mesure de la couleur en solution brut
Méthode officielle

- **Principe**

Le sucre brut est dissous dans l'eau distillée, la solution est filtrée à travers une fine membrane filtrante pour éliminer le trouble, la solution est ajustée à pH=7 ± 0,1 par l'ajout de fines gouttelettes de solutions de NaOH 0,1N ou de HcL 0,1N.

Avec un spectrophotomètre UV visible, l'absorbance de la solution filtrée est mesurée à 420 nm dans une cuve en quartz d'un trajet optique de 1 cm. Le brix de la solution est déterminé puis la couleur est calculée à partir de la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre.

La concentration et la longueur de la cellule sont choisies pour obtenir une transmittance dans l'intervalle allant de 20 à 80 %.

- **Mode opératoire**

- ✓ Préparer une solution sucrée d'un brix de 30 (30 ± 0,1) g de sucre et (70 ± 0,1) g d'eau.
- ✓ Dissoudre le sucre à température ambiante manuellement ou à l'aide d'un agitateur mécanique.
- ✓ Ajouter à la solution une cuillère de terre infusoire (la silice), filtrer la solution à analyser sous vide à travers une membrane filtrante (0,45 µm).
- ✓ On ajuste le pH du filtrat à 7 après avoir nettoyé et sécher l'électrode.
- ✓ On mesure l'absorbance de la solution à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420 nm, en utilisant la cellule de 1 cm.
- ✓ Mesurer la matière sèche refractométrique (MSR) de la solution à ± 0,1 g/100 g prés.

La cellule de mesure doit être propre et les parois (que travers le faisceau lumineux) doivent être claires et nettes. Rincer la cellule avec la solution de sure avant de la remplir (éviter les bulles d'aire).

- **Expression des résultats**

$$\text{Couleur ICUMSA}_{420} = \frac{A_{420} \times 1000}{B \times C}$$

A : absorbance de la solution à 420 nm.

b : longueur de la cellule en cm.

c : concentration de la solution en g/l.

ICUMSA Méthode GS 1-7 (1994)
Mesure de la couleur en solution brut
Méthode officielle

- **Principe**

Le sucre brut est dissous dans l'eau distillée, la solution est filtrée à travers une fine membrane filtrante pour éliminer le trouble, la solution est ajustée à $\text{pH}=7 \pm 0,1$ par l'ajout de fines gouttelettes de solutions de NaOH 0,1N ou de HcL 0,1N.

Avec un spectrophotomètre UV visible, l'absorbance de la solution filtrée est mesurée à 420 nm dans une cuve en quartz d'un trajet optique de 1 cm. Le brix de la solution est déterminé puis la couleur est calculée à partir de la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre.

La concentration et la longueur de la cellule sont choisies pour obtenir une transmittance dans l'intervalle allant de 20 à 80 %.

- **Mode opératoire**

- Préparer une solution sucrée d'un brix de 30 ($30 \pm 0,1$) g de sucre et ($70 \pm 0,1$) g d'eau.
- Dissoudre le sucre à température ambiante manuellement ou à l'aide d'un agitateur mécanique.
- Ajouter à la solution une cuillère de terre infusoire (la silice), filtrer la solution à analyser sous vide à travers une membrane filtrante ($0,45 \mu\text{m}$).
- On ajuste le pH du filtrat à 7 après avoir nettoyé et sécher l'électrode.
- On mesure l'absorbance de la solution à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420 nm, en utilisant la cellule de 1 cm.
- Mesurer la matière sèche refractométrique (MSR) de la solution à $\pm 0,1$ g/100 g prés.

La cellule de mesure doit être propre et les parois (que travers le faisceau lumineux) doivent être claires et nettes. Rincer la cellule avec la solution de sure avant de la remplir (éviter les bulles d'aire).

- **Expression des résultats**

$$\text{Couleur ICUMSA}_{420} = \frac{A_{420} \times 1000}{B \times C}$$

A : absorbance de la solution à 420 nm.

b : longueur de la cellule en cm.

c : concentration de la solution en g/l.

ICUMSA Méthode GS 1-16 (2005)
Détermination de la teneur en amidon
Méthode officielle

➤ **Objet**

L'objectif de la méthode est la mesure de la substance ou un groupe de substances qui est essentiellement de l'amidon ou dérivé de l'amidon.

L'amidon de la canne à sucre est composé d'amylose et d'amylopectine ; le contact de l'iode avec l'amylose la fraction devient bleu.

L'amidon de canne est présent dans le cristal du sucre roux et, la fraction de l'amylose affecte le taux de filtration dans la raffinerie

➤ **Principe**

Le sucre roux est dissous dans l'eau distillée, puis on ajoute à la solution le chlorure de calcium/acide acétique pour solubiliser toute la quantité d'amidon présente.

On ajoute la solution Potassium iodure/iodate pour former le complexe amidon-iodure de couleur bleu. L'absorbance de ce complexe est lue dans un spectrophotomètre à 700 nm, à cette longueur d'onde l'effet de l'absorbance des impuretés du sucre roux est minimal.

➤ **Mode opératoire**

- Peser $3,60 \pm 0,02$ g de sucre roux dans chacune des 02 fioles de 50 ml :

a) Solution du blanc b) Solution test

- Ajouter $7,0 \pm 0,1$ ml d'eau distillée dans chaque fiole ;
- Agiter jusqu'à dissolution complète du sucre ;
- A l'aide d'une burette, ajouter dans chaque fiole 15 ml de chlorure de calcium/acide acétique «CaCl₂/ CH₃COOH», agiter puis boucher ;
- Placer les fioles pendant 15 ± 1 min dans un bain bouillant (95 – 100°C) ;
- Agiter les fioles dans les 5 et 10 min qui suivent pour faciliter la dissolution de l'amidon.

- **Remarque** : Les fioles doivent être mises dans le bain bouillant dans les 30 min qui suivent l'addition de l'eau distillée.
- Après les 15 min retirer les fioles du bain bouillant puis les refroidir ;
- Dans chaque fiole ajouter, à l'aide d'une burette, $15,00 \pm 0,05$ ml d'acide acétique à $0,033$ mol/l puis agiter bien ;
- Ajuster la fiole de la solution du blanc (a) avec de l'eau distillée et mélanger bien ;
- Ajouter $10,00 \pm 0,04$ ml de la solution Potassium iodure/iodate « KI/KIO₃ » à la solution test (b) et ajuster avec de l'eau distillée, boucher la fiole et agiter ;
- Lire l'absorbance de la solution test entre les 2 à 5 minutes qui suivent l'ajout du « KI / KIO₃ » dans une cellule de 2 cm à 700 nm par rapport à la solution du blanc qui est prise comme solution référence.

2.1.3. Mesure de la coloration

Méthode ICUMSA GS 1/3-7 (2007)

Détermination de la coloration

Méthode officielle

- **Principe**

La couleur de la solution est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance mesurée à 420 nm.

- **Mode opératoire**

A partir des échantillons prélevés, on pèse 50 à 60 g pour les hauts produits et 25 à 30 g pour les bas produits, à l'aide d'une balance de précision, avec la préparation de leur dilution.

Après dilution et agitation, on procède à la filtration du magma, sirop de refonte, et de la mélasse à travers une membrane filtrante (filtre plissé standard), puis on récupère le filtrat dans un becher propre et sec.

On ajuste le pH du filtrat à $7 \pm 0,1$, par l'ajout de fines gouttelettes de solution de NaOH 0,1N ou d'HCl 0,1N. avec un spectrophotomètre UV visible on lit l'absorbance de la solution à 420 nm dans une cellule de quartz de 1cm après avoir annulé l'absorbance de l'eau distillé.

On lit le brix de la solution, puis on calcule la couleur à partir de la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre.

Remarque

La cellule de mesure doit être propre et les parois (que traverse le faisceau lumineux) doivent être claires et nettes.

Rincer la cellule avec la solution de sucre avant de la remplir (éviter les bulles d'air).

- **Expression des résultats**

$$\text{Couleur ICUMSA} = \frac{A_s \times 1000}{b \times c}$$

As : absorbance de la solution à 420 nm.

b : longueur de la cellule en cm (chemin optique à l'intérieur de la solution) ;

c : concentration de la solution de sucre en g/ml.

Les analyses des produits intermédiaires

1. Principe

Des analyses sont effectuées au niveau des produits intermédiaires (produits obtenus au cours du raffinage). Les analyses effectuées concernent la détermination du Brix, la polarisation et la coloration.

Le **tableau 5** suivant reprend la liste des analyses qui concernent ces différents produits et les solutions correspondantes :

Produits	Dilution opérée pour le Brix	Dilution opérée pour la polarisation	Dilution opérée pour la coloration
Magma	1/5	1/5	1/5
Sirop de fonte	1/5	1/5	1/5
Sirop filtrée	1/5	1/5	1/5
Sirop décoloré 1	1/5	1/5	1/5
Sirop décoloré 2	1/5	1/5	1/5
Sirop concentré	1/5	1/5	1/5
Liqueur standard 1	1/5	1/5	1/5
Liqueur standard 2	1/5	1/5	1/5
Liqueur standard 3	1/5	1/5	1/5
Liqueur standard A	1/10	1/10	1/10
Liqueur standard B	1/10	1/10	-
Liqueur standard C	1/10	1/10	-
Mélasse	1/10	1/10	-

2. Méthode

2.1. Mesure du brix, de la polarisation et de la coloration

2.1.1. Mesure du brix

La mesure du brix est réalisée à l'aide d'un refractomètre qui donne la quantité de matière sèche (sucre+non sucre) pour 100g de solution. Il est toujours mesuré sur des solutions non filtrées (brix poids exprimée en g%g de produit) (ICUMSA,1994).

Résultat :

$$\text{Brix (g\%g ou g\%ml)} = \text{lecture au refractomètre (g\%g ou g\%ml)} \times$$

La mesure du brix est sensible à la température. Certains appareils disposent d'une compensation de temperature. Il convient tout de même de réaliser une lecture autour de 20°C afin que la correction liée a la temperature soit la plus faible possible.

2.1.2. Mesure de la polarisation en solution

La détermination de la polarisation des dilutions est effectuée par mesure de la rotation optique de la solution avec un polarimètre.

Résultat :

$$\text{Polarisation} = \mathbf{K} \times (\text{lecture au polarimètre} \times \text{Dilution})$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{K} = 0,20 \text{ si le poids normal du saccharimètre est a } 20\text{g.} \\ \mathbf{K} = 0,26 \text{ si le poids normal du saccharimètre est a } 26 \text{ g.} \end{array} \right.$$

ICUMSA Méthodes GS 2/1/3/9-15 (2007)
Protocole de dosage de l'humidité du sucre
Méthode officielle

- **Objet**

Cette méthode a pour objet de doser l'humidité libre (humidité présente à la surface des cristaux)

- **Principe**

Le principe de la méthode est le séchage à l'étuve atmosphérique (105 °C) suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées.

- **Mode opératoire**

- ✓ Sécher le récipient couvercle ouvert à l'étuve à 105 °C pendant au moins 30 minutes.
- ✓ Refroidir au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- ✓ Peser aussi rapidement que possible m_1 à $\pm 0,0001$ g.
- ✓ Mettre aussi rapidement que possible 20 à 30 g d'échantillon remettre le couvercle et peser $m_2 \pm 0,0001$ g l'épaisseur ne doit pas dépasser 1 cm.
- ✓ Remettre le récipient ouvert à l'étuve pendant 3h.
- ✓ S'assurer qu'il n'y a pas de perte physique de sucre.
- ✓ Replacer le couvercle et refroidir au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- ✓ Peser m_3 à $\pm 0,0001$ g.

- **Expression des résultats**

Calcul de la perte au séchage :

L'Humidité :

$$H \% = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

m_1 : masse de la capsule vide ;

m_2 : masse de l'échantillon avant étuvage ;

m_3 : masse de l'échantillon.

ICUMSA Méthodes GS 2/3-1 (1994)
Mesure de la polarisation du sucre blanc
Méthode officielle

- **Objet**

Cette méthode mesure la rotation optique des solutions des sucres blancs comparé à la rotation optique d'une solution de saccharose pur.

- **Principe**

La rotation optique d'une solution de sucre est la somme algébrique de l'effet majeur produit par sa teneur en saccharose et de celui produit par les traces d'autres constituants optiquement actifs.

La solution de sucre à 26% est placée dans le saccharimètre calibré selon l'échelle internationale en Z° (degrés sucre) conformément aux spécifications de l'ICUMSA, la lecture se fait à 20°C. La concentration exacte de solution est déterminée à partir de sa masse, en appliquant une correction de volume.

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser $26 \pm 0,001$ g de sucre blanc dans une fiole de 100 ml séchée et pesée (m_1)
- ✓ Ajouter environ 60 ml d'eau distillée, boucher la fiole.
- ✓ Ajuster la température de la solution de sucre à 20°C en la mettant dans un bain d'eau environ 20 minutes.
- ✓ Sécher la paroi interne du col de la fiole avec du papier filtre, et ajuster le volume de la solution exactement au trait de jauge avec de l'eau à 20°C avec une pipette de transfert.
- ✓ Sécher l'extérieur de la fiole et la peser à une précision de $\pm 0,001$ g (m_2).
- ✓ Boucher la fiole et mélanger la solution en secouant énergiquement à la main.
- ✓ Vérifier le zéro du polarimètre, et rincer le tube du polarimètre au moins 3 fois avec le filtrat.

- **Expression des résultats**

La polarisation est exprimée en pourcentage selon l'équation suivante :

$$\text{Teneur en sucre (\%)} = \frac{\text{Quantite de sucre} * 100}{\text{Quantite de solution}}$$

La correction de la fiole : $m_2 - m_1$

M : masse

$$\text{Polarisation} = \text{polarization lue} - \text{la correction}$$

On lit la polarisation qui est exprimée en $[\text{°S}]$, puis on apporte la correction du volume de la solution ($m_2 - m_1$) à la polarisation lue en se référant au tableau suivant :

Tableau 6. Table de correction pour la polarisation de sucre blanc.

M	V	Correction*
109.461	99.800	-0.200
109.471	99.810	-0.190
109.481	99.820	-0.180
109.491	99.830	-0.170
109.501	99.840	-0.160
109.511	99.850	-0.150
109.521	99.860	-0.140
109.531	99.870	-0.130
109.541	99.880	-0.120
109.551	99.890	-0.110
109.561	99.900	-0.100
109.571	99.910	-0.090
109.581	99.920	-0.080
109.591	99.930	-0.070
109.601	99.940	-0.060
109.610	99.950	-0.050
109.620	99.960	-0.040
109.630	99.970	-0.030
109.640	99.980	-0.020
109.650	99.990	-0.010
109.660	100.000	±0
109.670	100.010	+0.010
109.680	100.020	+0.020
109.690	100.030	+0.030
109.700	100.040	+0.040
109.710	100.050	+0.050
109.720	100.060	+0.060
109.730	100.070	+0.070
109.740	100.080	+0.080
109.750	100.090	+0.090
109.760	100.100	+0.100
109.770	100.110	+0.110
109.780	100.120	+0.120
109.790	100.130	+0.130
109.800	100.140	+0.140
109.810	100.150	+0.150
109.820	100.160	+0.160
109.830	100.170	+0.170
109.840	100.180	+0.180
109.850	100.190	+0.190
109.860	100.200	+0.200

ICUMSA Méthodes GS 2/3-9 (2005)
Mesure de la couleur du sucre blanc en solution
Méthode officielle

- **Objet**

Cette méthode est utilisée pour déterminer la couleur des sucres blancs en solution n'excédant pas 50 UI.

- **Principe**

La mesure de la couleur de sucre blanc en solution se fait de la même manière

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser 50 g de sucre blanc et ajuster à 100 g avec la solution TEA/HCL.
- ✓ Dissoudre le sucre à température ambiante, puis filtrer à travers une membrane filtrante avec un filtre de 0,45 µm de porosité.
- ✓ Jeter la première fraction de la solution (10 ml environ).
- ✓ Récupérer le filtrat dans un becher propre et sec.
- ✓ Désaérer la solution dans un bain ultrason pendant 3 min.
- ✓ Lire l'absorbance de la solution à 420 nm dans une cellule de 5 cm, après avoir fait le zéro base, avec la solution TEA/HCL filtrée dans la même cellule.

- **Expression des résultats**

$$\text{Couleur ICUMSA}_{420} = \frac{A_{420} \times 1000}{B \times C}$$

A : absorbance de la solution à 420 nm.

b : longueur de la cellule en cm.

c : concentration de la solution en g/ml.

ICUMSA Méthodes GS2/3/9-5 (2007)**Protocole pour le dosage des sucres réducteurs dans le sucre blanc****Par la méthode EDTA de Knight et Allen****Méthode officielle****• Objet**

Cette méthode convient pour le dosage de faibles teneurs en sucres réducteurs.

• Principe

Une solution de sucre est chauffée dans un bain d'eau bouillante avec un réactif alcalin cuivrique. Les ions sont réduits en oxyde cuivreux par les sucres réducteurs présents. Après refroidissement les ions cuivriques résiduels sont titrés à l'EDTA en utilisant l'indicateur coloré murexide.

• Mode opératoire

- ✓ Peser 5 g de sucre blanc dans un tube à essai, ajouter 5 ml d'eau distillée, agité jusqu'à dissolution complète.
- ✓ Ajouter 5 ml de solution alcaline cuivrique, mettre le tube dans un bain d'eau bouillante pendant 5 min exactement.
- ✓ Refroidir immédiatement le tube à l'eau courante, transvaser le contenu du tube et les eaux de rinçage dans un erlenmeyer et ajouter une pincée de murexide.
- ✓ Titrer la solution avec de l'EDTA 0.005 mol/l jusqu'au virage du vert au pourpre et noter le volume de titrage T.

• Expression des résultats

La teneur en sucres réducteurs est calculée à partir du tableau suivant présentant le % en sucre réducteurs par rapport au volume de titrage.

Tableau 7.Table de correction pour la teneur en sucres réducteurs de sucre blanc

Volume de titrage T ml de solution d'EDTA	% sucres réducteurs
De 1.7 à 2.2	0.017
De 2.3 à 2.9	0.016
De 3 à 3.6	0.015
De 3.7 à 4.2	0.014
De 4.3 à 4.8	0.013
De 4.9 à 5.5	0.012
De 5.6 à 6.2	0.011
De 6.3 à 6.8	0.010
De 6.9 à 7.5	0.009
De 7.6 à 8.1	0.008
De 8.2 à 8.7	0.007
De 8.8 à 9.4	0.006
De 9.5 à 10.1	0.005
De 10.2 à 10.7	0.004
De 10.8 à 11.3	0.003
De 11.4 à 11.8	0.002

ICUMSA Méthodes GS 2/3-17 (2002)
Détermination des cendres conductimétriques dans le sucre blanc
Méthode officielle

- **Objet**

On détermine la conductivité spécifique d'une solution de sucre blanc de 28 g / 100g ; on calcule les cendres équivalentes en utilisant un facteur conventionnel.

- **Principe**

Les cendres conductimétriques dans les solutions a 28g / 100 g permettant de mesurer la concentration des sels solubles ionisés présents dans les solutions de faible conductivité.

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser $28 \pm 0,1$ g de sucre blanc dans un becher de 250 ml, ajuster à 100 g avec de l'eau distillée de conductivité $\leq 2 \mu\text{S} / \text{cm}$.
- ✓ Mélanger soigneusement jusqu'à dissolution complète.
- ✓ Mesurer la conductivité de cette solution à $20 \pm 0,2$ °C.
- ✓ Mesurer la conductivité de l'eau distillée à $20 \pm 0,2$ °C

- **Expression des résultats**

La conductivité corrigée (C_{28}) de la solution à 28 g/ 100 g est :

$$C_{28} = C_{\text{mesuree}} - 0,35 C_{\text{eau}}$$

Et

$$\text{Cendres conductimétriques (\%)} = 6 \times 10^{-4} \times C_{28}$$

Correction de température : si la mesure de la conductivité ne peut pas être faite à 20°C, on apporte une correction de T° pour exprimer le résultat à 20 °C cette mesure ne doit pas excéder ± 5 ° C.

La correction est donnée par :

$$C_{20} = C_{\text{mesuree}} / (1+0,026 (T_{\text{lue}} - 20))$$

ICUMSA Méthodes GS 2/3-18 (2007)
Protocole pour l'analyse du Trouble
Méthode officielle

- **Objet**

Cette méthode est utilisée pour déterminer le trouble des sucres blancs en solution n'excédant pas une couleur de 50 UI.

- **Principe**

Le principe de cette méthode se base sur la comparaison de l'absorbance d'une solution sucrée à 50 ° Brix avant et après filtration sur membrane de 0.45 µm. le résultat est exprimé en unité ICUMSA.

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser $50 \pm 0,1$ g de sucre blanc dans un becher de 250 ml, et ajouter 50 g d'eau distillée.
- ✓ Laisser agiter jusqu'à dissolution complète.
- ✓ Désaérer la solution dans un bain ultrason pendant 3 minutes.
- ✓ On mesure sa couleur N_1 tout en éliminant les stries de la solution dans la cuve de mesure.
- ✓ On filtre l'échantillon restant à travers une membrane de 0,45 µm.
- ✓ On mesure sa couleur N_2 .

- On utilise de l'eau distillée pour les zéro bases lors de la détermination de N_1 .

- On utilise de l'eau distillée filtrée pour les zéro bases lors de la détermination de N_2 .

- **Expression des résultats**

Le trouble est exprimé par l'expression suivante :

$$T = N_1 - N_2$$

ICUMSA Méthodes GS 2/1/7-33 (2005)
Protocole pour l'analyse du dosage des sulfites dans le sucre blanc
Méthode officielle

- **Objet**

Cette méthode se base sur le dosage colorimétrique du SO₂ et n'est applicable qu'aux sucres blancs.

- **Principe**

On mesure la couleur d'un complexe sulfite/rosaniline par photométrie, à une longueur d'onde proche de 560 nm, après réaction avec le formaldéhyde.

- **Mode opératoire**

- ✓ Dissoudre entre 10 et 40 g d'un échantillon de sucre blanc en solution aqueuse dans une fiole jaugée de 100 ml.
- ✓ Ajouter 4 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1 mol /l.
- ✓ Ajuster avec de l'eau distillée au trait de jauge.
- ✓ Transvaser 10 ml dans un tube a essai propre et sec.
- ✓ Ajouter 2 ml de solution de rosaniline décolorée.
- ✓ Ajouter 2 ml de la solution de formaldéhyde.
- ✓ Laisser reposer les tubes a température ambiante pendant 30 min.
- ✓ Mesurer l'absorbance dans une cellule de 1 cm a 560 nm, en utilisant de l'eau distillée comme référence.

- **Expression des résultats**

On calcule la concentration en sulfite en se référant a la courbe d'étalonnage, et exprimer le résultat en mg SO₂/ Kg de sucre blanc.

$$\text{mg SO}_2/\text{Kg de sucre} = \frac{(\mu\text{g SO}_2 \text{ de la courbe}) \cdot 10}{\text{masse prise d'essai}}$$

$\mu\text{g SO}_2$ de la courbe d'étalonnage = ((c.n)/10)

C : est la teneur en sulfite

n : est le nombre de ml de solution de sulfite diluée (courbe d'étalonnage).

Méthode ICUMSA GS 3/2-17 (2007)

Protocole pour l'analyse du dosage de la granulométrie du sucre blanc

Méthode officielle

- **Objet**

Cette méthode a pour objet la mesure de la dimension et de l'hétérogénéité des cristaux de sucre. Elle s'applique au sucre blanc sec commercialisé mais pas aux sucres ayant une distribution anormale, comme certains sucres tamisés ou des fines.

- **Principe**

Le sucre étudié est passé à travers une série de tamis dans des conditions bien déterminées, et le sucre restant dans chaque tamis est dans le fond plein est pesé.

- **Mode opératoire**

- ✓ Sécher les tamis dans une étuve à 60°C.
- ✓ Laisser refroidir, et les peser vides : tare.
- ✓ Disposer les tamis de bas en haut dans l'ordre croissant d'ouverture de maille au dessus du fond plein.
- ✓ Homogénéiser et subdiviser l'échantillon.
- ✓ Continuer la subdivision jusqu'à l'obtention d'un poids de 80 à 100 g.
- ✓ Placer sur le tamis supérieur la prise d'essai et tamiser 15 min.
- ✓ Peser ensuite successivement les quantités de sucre restant sur chacun des tamis puis sur le fond plein.
- ✓ Déterminer les poids cumulés des quantités passant par les tamis en commençant par le fond.

- **Expression des résultats**

Détermination par la méthode graphique

- ✓ sur un papier millimétrique, on porte en ordonné les poids cumulés et en abscisse la taille des mailles en millimètres.
- ✓ On trace au milieu la droite joignant les points marqués en négligeant les points correspondant à moins de 10% et à plus de 90%.

- ✓ S'il y a plus de 20% retenus sur le tamis supérieur, ou plus de 20 % traversant le tamis inférieur, il est nécessaire de répéter l'analyse. En ajoutant des tamis supplémentaires.

- ✓ Le point d'intersection de la droite avec l'ordonnée 50 définit l'ouverture moyenne (O.M) ; c'est-à-dire, la dimension où 50% de sucre en poids se trouve au dessus de cette dimension, 50% au dessous.

- ✓ Le coefficient de variation (C.V) ou indice de dispersion autour de l'ouverture moyenne est donné par la formule

$$CV = \frac{(\text{abscisse } 84\%) - (\text{abscisse } 16\%)}{2.(OM)}$$

Mesure de l'alcalinité

- **Principe**

C'est la quantité de chaux exprimée en g/l de CaO, l'alcalinité doit être contrôlée durant le chaulage de la première et de la deuxième carbonatation. Les ions de calcium réagissent avec un acide (HCl), et forment les chlorures de calcium selon la réaction :



- **Mode opératoire**

Ajouter 2 a 3 gouttes de phénolphtaléine à 28 ml de sirop chaulé au carbonate mis dans un becher, titrer avec l'HCl (0,1) jusqu'à la zone de virage (changement de couleur du rose a l'incolore).

- **Expression des résultats**

La chute de burette (HCl) nous donne directement le nombre de gramme de CaO/l selon la formule suivante :

$$\text{Alcalinité (g/l)} = 1,4 V_{\text{HCl}} * N_{\text{HCl}}$$

Mesure du pH

- **Principe**

Le pH, caractéristique essentielle d'une solution, est définie par l'OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale) comme le cologarithme de l'activité ionique de l'ion hydronium.

$$\text{pH} = - \log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Le pH de l'eau pure à 20 °C définit la neutralité à pH 7,0.

Le pH d'une solution est obtenu par lecture directe sur un appareil pH mètre munie d'une électrode combinée en verre.