

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du Diplôme

MASTER

Thème

Suivi de la décoloration du sucre et son impact
sur la qualité du sucre blanc

Présenté par :

BELOUASSA Naima & RABHI Fahima

Devant le jury composé de :

Mme BOULEKBACHE Lila.

Mme ISSAADI Ouarda

Mme TAFININE Zina.

Présidente

Examinatrice

Encadreur

Année universitaire : 2019/ 2020

Sommaire

Liste des figures et des tableaux

Introduction	1
I. Généralité sur le sucre.....	2
I.1.La canne à sucre	2
I.1.1. Historique.....	2
I.1.2. Composition principale de la canne à sucre.....	2
I.2. Le saccharose.....	3
I.2.1. Propriétés physico-chimique du saccharose	3
I.2.1.1. Propriétés physique	3
I.2.1.2. Propriétés Chimique.....	4
I.3.Variétés du sucre.....	5
I.4. Procédé d'extraction du sucre roux.....	7
I.4.1. Réception de canne à sucre	8
I.4.2. Extraction.....	8
I.4.3. Epuration.....	9
I.4.4. Evaporation et cristallisation.....	9
I.4.5. Malaxage et turbinage.....	9
I.4.6. Séchage	9
I.4.7. Emballage et entreposage	10
I.4.2. Procédé du raffinage du sucre roux de canne	10
I.4.2.1. Section 01 : Affinage et fonte	10
I.4.2.2 . Section 02 : Carbonatation.....	10

I .4.2.3.Section 03 : Filtration.....	11
I .4.2.4.Section 04 : Décoloration.....	12
I .4.2.5.Section 05 : Concentration.....	12
I .4.2.6.Section 06 : Cristallisation.....	12
I .4.2.7. Section 07 : Séchage et maturation.....	13
I .4.2.8. Section 08 : Stockage et Conditionnement.....	13
II. La décoloration.....	14
II.1. Principaux colorants présents dans le sucre à canne.....	14
II.1.1 Les colorants naturels.....	14
II.1.2. Colorants formés lors du processus.....	14
II.1.2.1. Les mélanoidines.....	14
II.1.2.2. Les mélanines.....	14
II.1.2.3. Les caramels.....	15
II.1.2.4. Produits de la dégradation alcaline des hexoses (PDAH).....	15
II.2. Procédé général de la décoloration.....	15
II.2.1. Conditions de fonctionnement de la décoloration.....	17
II.2.2. La résine échangeuse d'ion.....	17
II.2.3. Mécanismes d'action de la résine.....	18
II.2.4. Régénération.....	18
II.2.5. Dépollution.....	19
II.2.6. Durée de vie de la résine.....	19
Materiel et methodes.....	20
I. Présentation de l'organisme.....	20

I.1. Historique.....	20
I.2. Situation Géographique.....	20
I.3. Principales Activités de Cevital.....	20
II. Echantillonnages.....	21
II. Analyses physicochimiques effectuées	21
II.1. Mesure de la couleur.....	21
II.2. Mesure du Ph.....	21
II.3. Mesure de la polarisation.....	21
II.4. Détermination du taux d'humidité.....	22
II.5. Détermination de la teneur en cendres	22
Résultats et discussion.....	23
I. Résultats de la couleur des sirops filtré (SF) et des sirops décolorés (SD1, SD2)	23
I.1. Evolution de la couleur de SF et de SD1	23
I.2. Evolution de la couleur de SF et de SD2	24
I.3. Taux de décoloration des SD1 et SD2	25
II. Evolution du pH du SF, du SD1 et du SD2	27
III. Conformité du sucre blanc de Cevital.....	28
III.1. Résultats de mesure de la polarisation	28
III.2. Résultats de mesure de la teneur en sucres réducteurs (invertis)	29
III.3. Résultats de mesure de la teneur en cendres conductimétriques.....	29
III.4. Résultats de mesure de l'humidité.....	30
III.5. Résultats de mesure de la couleur	31
Conclusion.....	32
Références bibliographiques	

Listes des figures

Figure 01 : Structure moléculaire du saccharose	p4
Figure 02 : Extraction du sucre roux	p7
Figure 03 : Schéma simplifié de la section décoloration au sein du complexe CEVITAL.....	p12
Figure 04 : Fonctionnement des colonnes de décoloration de l'organisme CEVITAL.....	p16
Figure 05 : Schéma de régénération à contre courant d'une colonne de décoloration.....	p19
Figure 06 : Evolution de la couleur du SF et du SD1	p23
Figure 7 : Evolution de la couleur du SF et du SD2	p25
Figure 8 : Evolution du taux de décoloration des deux sirops (SD1) et (SD2).....	p26
Figure 9 : Evolution du pH du SF, du SD1 et du SD2	p27
Figure 10 : Polarisation du sucre blanc	p28
Figure 11 : Teneur en sucres réducteurs du sucre blanc.....	p29
Figure 12 : Teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc.....	p30
Figure 13 : Humidité du sucre blanc	p30
Figure 14 : Couleur du sucre blanc	p31

Liste des tableaux

Tableau I : Composition moyenne de la canne à sucre.....	p3
Tableau II : Composition du vesou	p8
Tableau III : Les conditions de fonctionnement de la décoloration	p17

En Algérie, le sucre est un produit de large consommation et les capacités de production se limitent au raffinage du sucre roux importé et le conditionnement du sucre blanc ; pour être rentable. L'industrie sucrière, comme toute autre industrie moderne doit produire vite et bien.

A l'heure actuelle, l'industrie sucrière est confrontée à des contraintes à la fois économiques et environnementales. Cette situation a amené les sucriers à chercher les voies et les moyens d'augmenter le rendement d'extraction du saccharose et d'accélérer le développement économique sans pour autant nuire à l'environnement (**Belhamri, 2005**).

En raffinerie, la présence de colorants n'est pas très souhaitable. En effet la production d'un sucre de bonne qualité nécessite l'élimination des colorants susceptibles de se former au cours du procès sucrier (**Belhamri, 2005**). La qualité d'un sucre habituelle définie par sa coloration et sa pureté, est étroitement liée aux transformations qui surviennent pendant la fabrication (**Rafik et al., 1997**).

Notre étude s'inscrit dans le cadre du suivi de la décoloration du sucre au niveau du complexe « CEVITAL » et son impact sur la qualité du sucre blanc. Notre objectif est donc double. D'une part faire une synthèse littéraire sur la technologie sucrière de canne et d'autre part présenter les résultats des analyses physicochimiques effectuées durant notre stage. Ce travail s'organise donc en trois (03) chapitres.

Le premier chapitre présente l'aspect théorique centré par la description et les caractéristiques de la canne à sucre et les différents ateliers de raffinage du sucre. Le deuxième chapitre présente les différents colorants issus de la canne à sucre et les caractéristiques et propriétés des résines échangeuses d'ions. Le troisième chapitre présente l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus et leurs interprétations

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus

I. Généralité sur le sucre

I.1. La 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.

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**).

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^e 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 principale 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 (**Goebel et al., 2008**). Cette plante fabrique son saccharose dans les feuilles grâce à l'action de photosynthèse il s'accumule dans la tige comme réserve énergétique (**Arzate, 2005**). Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres, comme le montre le tableau I.

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

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

I.2. Le saccharose

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).

I.2.1. Propriétés physico-chimique du saccharose

I.2.1.1. Propriétés physique

A. 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).

B.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 solvation) (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 ; Bubniket Kadlec, 1995).

C. Température de fusion

La valeur de point de fusion du saccharose est de 186°C, elle peut varier entre 182-192°C selon la pureté de l'échantillon (Mathlouthi, 2004). La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre (Azrate, 2005). Lorsque il est chauffé au de là de son point de fusion et en présence de catalyseur acide, le saccharose se transforme en une

substance amorphe brune appelée caramel avant de brûler vers 190°C, en donnant un résidu de « charbon de sucre » (**Doucet, 1992**).

D. 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**).

E. 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**).

F. 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.2.1.2. Propriétés Chimique

A. Structure moléculaire du saccharose

C'est un diholoside hétérogène (glucose-fructose) non réducteur de formule chimique $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. L'hydrolyse du saccharose par voie chimique ou enzymatique donne le sucre inverti (glucose + fructose) (**Apria, 1977**).

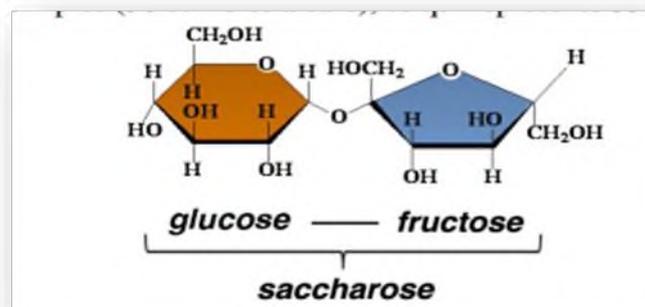


Figure 01 : Structure moléculaire du saccharose

B. 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).

C. L'hydrolyse enzymatique

Le saccharose peut s'hydrolyser facilement sous l'action d'une enzyme (invertase) à pH 4,5. Cette enzyme hydrolyse spécifiquement les liaisons β -D fructofuranosique.

Saccharose $\xrightarrow{\beta\text{-Fructosidase}}$ Glucose + Fructose

D. Décomposition acide

En milieu acide ($\text{pH} \leq 6$), la molécule de saccharose se décompose par hydrolyse en D-glucose et D-fructose. La décomposition des hexoses se poursuit par la perte de molécules d'eau et la formation d'hydroxyméthyl-furfural (Mathlouthi, 2007).

E. Décomposition alcaline

La décomposition du saccharose en milieu alcalin débute par une étape de rupture de la liaison glycosidique et formation de D-glucose et D-fructose. A haute température (environ 100°C) et toujours en milieu alcalin, les monosaccharides se transforment en glycéraldéhyde puis acide lactique (Mathlouthi, 2007).

I.3. 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).

A. Le sucre blanc cristallisé

Il 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).

B. Le sucre en poudre, semoule

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

C. Le sucre glace

C'est une poudre blanche impalpable obtenue par le broyage extrêmement fin du sucre cristallisé blanc. De l'amidon est ajouté afin d'éviter son agglomération. Ses grains sont tellement fins que c'est le sucre qui se dissout le plus rapidement. Il se présente sous forme de cristaux inférieurs à 0,15 mm (Arzate, 2005).

D. 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).

E. Le sucre en cubes

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

F. Le sucre pour confitures

Il 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).

G. La cassonade

Il s'agit d'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).

H. Le sucre candi

Il 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).

I.4. Procédé d'extraction du sucre roux

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 sur la figure 02.

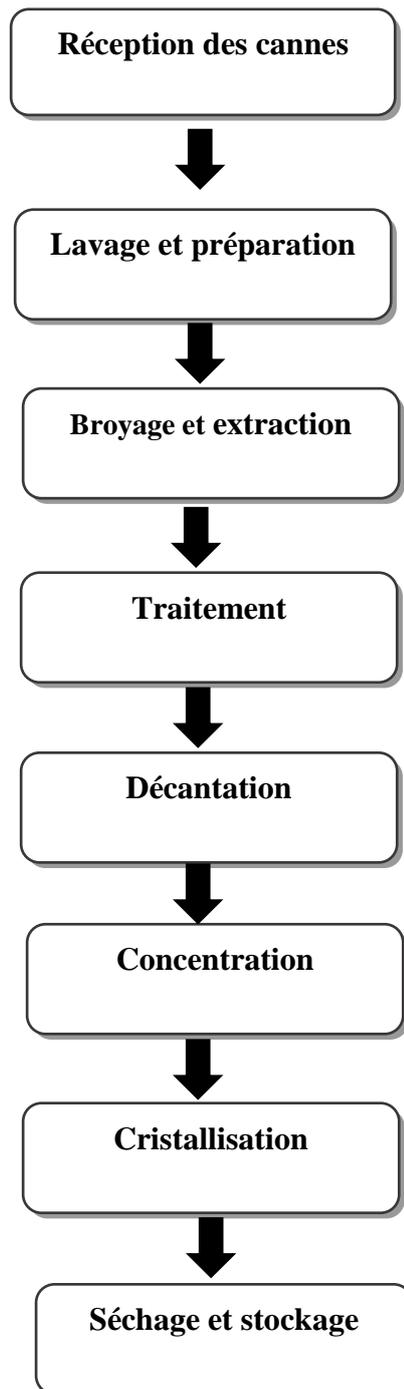


Figure 02 : Extraction du sucre roux (Audar *et al*, 2018)

I.4.1. Réception de canne à sucre

Les cannes sont pesées et séparées en cannes non tronçonnées (en longueur) et en cannes tronçonnées qui sont déposées dans des entrepôts différents. Il existe une autre raison pour laquelle on lave les cannes : la bagasse qui alimente la chaudière doit être d'excellente qualité (Audar *et al.*, 2018).

Les cannes passent dans trois coupes cannes (défibreur). Le but est de séparer les fibres de canne sans enlever le jus afin de faciliter l'extraction. 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).

I.4.2. 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 « 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).

Tableau II. 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

I.4.3. Epuration

Le vesou contient un grand nombre d'impuretés. Il est d'abord épuré par tamisage pour enlever les particules ligneuses, ensuite il subit un chauffage et un 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).

I.4.4. 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).

I.4.5. 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).

I.4.6. Séchage

La masse cuite (mélange de cristaux de sucre et de sirop) obtenue après la cuite est déversée dans les centrifugeuses. Lorsque les centrifugeuses tournent, les cristaux de sucre restent sur les parois, et le sirop s'échappe. Il sera récupéré : c'est l'égout A. Cet égout A sera utilisé au niveau des appareils à cuire pour procéder à une cuite B. De nouveau aux centrifugeuses, la masse cuite A va donner du sucre B. Le sirop récupéré à la sortie des centrifugeuses est appelé égout B (Audar et al., 2018). Cet égout B retourne aux appareils à cuire pour donner une cuite C. La masse cuite C obtenue sera dirigée vers les Turbines (centrifugeuses) pour donner du sucre C et de l'égout C appelé encore Mélasse. (Audar et al., 2018). Les cristaux de sucre sont séchés dans des granulateurs à tambour (Frédéric, 2004)

Les sucres A et B vont passer dans un séchoir (pour finir de sécher car l'essorage n'est pas suffisant) et seront conditionnés. Le sucre C n'est pas commercialisé. Il est fondu et utilisé pour des cuites A. La mélasse sert à fabriquer le rhum (Audar et al., 2018).

I.4.7. 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).

I.4.2. Procédé du raffinage du sucre roux de canne

Le raffinage du sucre au niveau de la raffinerie de CEVITAL comporte huit section :

I.4.2.1. Section 01 : Affinage et refonte

A. 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 al.*, (1999), ont décrits que le sucre affiné peut atteindre un brix de 89%.

B. 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). Le sirop de refonte obtenu est acheminé vers des séparateurs (tamiseuses) afin de débarrasser le sirop de refonte des déchets grossiers qui sont recueillis dans un bac à déchets.

I.4.2.2 . Section 02 : 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 gommes (Hugot, 1987). La carbonatation a pour but d'éliminer les non sucres du jus et de retenir éventuellement des particules insolubles, passées accidentellement à la refonte, pour cela l'action de la chaux combinée à celle du dioxyde de carbone, produit un précipité de CaCO₃ qui piège, précipite, et détruit le non sucre (Decloux *et al.*, 1999).

Le précipité formé est granuleux, 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**).

- **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 (**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 »

- **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**).

I.4.2.3.Section 03 : Filtration

Le but de la filtration est d'éliminer le carbonate de calcium en suspension dans le sirop carbonaté et de récupérer le petit jus. Le sirop carbonaté passe à travers des filtres à bougies, le liquide sort du support filtrant tandis que les particules sont arrêtées. Les particules déposées finissent par former une pré-couche, qui au fur et à mesure que la filtration avance, se transforme en un "gâteau" dont l'épaisseur va en croissant. Au fil du temps, la vitesse de filtration diminue sous l'effet de l'augmentation des pertes de charge, ainsi le filtre passe en vidange pour renouveler la filtration (**Rachedi, 2002**).

Le sirop carbonaté arrive au niveau du tank pour la filtration. Une circulation de vapeur d'eau permet la vidange de la pré-couche, une fois formée. Cette dernière est par la suite

vidangée. Une fois le filtre vidangé, la boue résultante contenant du sucre résiduel passe dans le filtre à presse.

Les éléments du filtre sont des plaques carrées en plastique portant des cannelures sur chaque face (**Rachedi, 2002**).

I .4.2.4.Section 04 : 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 (**Neill, 2004**) (figure 3).

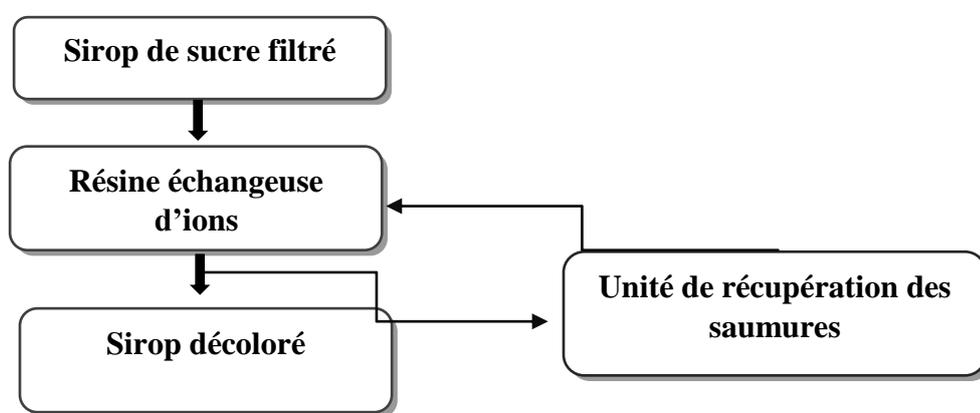


Figure 3. Schéma simplifié de la section décoloration au sein du complexe CEVITAL (**Applexion, 2006**).

I .4.2.5.Section 05 : Concentration

Avant la cristallisation, 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**).

I .4.2.6.Section 06 : Cristallisation

Lorsque le sirop est concentré dans la cuite 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. Les cristaux fins de la semence absorbent le saccharose et grossissent jusqu'à atteindre un diamètre suffisant puis la cuite passe en coulée (**Theoleyre, 1999**).

Une fois coulée, la masse cuite passe à travers les turbines pour séparer les cristaux de sucre de l'eau de mer (égout). Cette étape va permettre l'obtention d'un maximum de cristaux homogènes à partir d'un sirop bien concentré. 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 (**Decloux, Martine, 2003**).

Après essorage dans des turbines, on obtient un sucre blanc dit de premier jet « R1 », des égouts riches et des égouts pauvres. L'égout riche va être recyclé et l'égout pauvre est envoyé pour produire « R2 » dit de deuxième jet ainsi de suite. Le sucre est ensuite évacué sur tapis vibrant, puis il est séché avant d'être conditionné (**Vaccari et Mantovani, 1995 ; Decloux, 2003**).

I.4.2.7. Section 07 : 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%. Ensuite, il 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**). 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**).

I.4.2.8. Section 08 : 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 ou 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**).

II. La décoloration

Le premier objectif du raffinage du sucre est l'élimination de la couleur parmi les autres impuretés, et cela afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique. La couleur détermine la catégorie du sucre roux, brut ou blanc et elle est le souci principal du producteur, de l'acheteur et des consommateurs (Ellis, 2004)

II.1. Principaux colorants présents dans le sucre à canne

II.1.1 Les colorants naturels

Issus de la canne à sucre, ce sont principalement des molécules dérivées des phénols et sont minoritaires en raffinerie (Theoleyre *et al*, 1999). Ils sont caractérisés par une faible masse molaire (Kelly et Brown, 1978). Ces colorants, qui sont des pigments typiques des plantes, représentés par les flavonoïdes qui sont difficiles à éliminer et les chlorophylles qui sont éliminées par clarification (Smith et Paton, 1985). Les autres molécules colorées de la canne sont constituées par les sucres réducteurs, les acides aminés et d'autres composants phénoliques qui participent à la formation de colorants uniquement lors du procédé de fabrication (Decloux *et al*, 1999).

II.1.2. Colorants formés lors du processus

II.1.2.1. Les mélanoïdines

Les mélanoïdines sont, par définition, des colorants à hauts poids moléculaires issus de la réaction Maillard. Elles sont formées par combinaison d'un sucre réducteur, glucose ou fructose, et d'un composé aminé tel que l'acide glutamique (Belhamri, 2005). Ils se forment à des températures ambiantes, mais sont favorisés à une température élevée (environ 85°C), un brix élevé et une basse pureté (Mersad *et al*, 2003).

II.1.2.2. Les mélanines

Les mélanines résultent de la polycondensation oxydative des dérivés phénoliques par voie chimique ou enzymatique. Les mélanines sont des pigments bruns de haut poids moléculaire dont la formation est favorisée par l'oxygène,

l'augmentation de la température et du pH ainsi que par la présence des métaux de transition (cuivre, fer,...etc) (**Belhamri, 2005**).

II.1.2.3. Les caramels

La formation des caramels en sucrerie est due à la déshydratation complète du saccharose sous haute température ce qui permet l'hydrolyse du saccharose en sucre invertis (glucose et fructose) (**Krouh, 1994**). Ils ont un intérêt considérable en industrie alimentaire, formés par dégradation thermique du saccharose et ne sont pas influencés par les variations du pH (**Mersad et al., 2003**). En sucrerie, les caramels ne sont responsables que de 1% de coloration. Par ailleurs, les réactions de caramélisation sont souvent plus lentes que celles dues aux formations des mélanoïdines et des PDAH (**Mersad, 2001**).

II.1.2.4. Produits de la dégradation alcaline des hexoses (PDAH)

Ils sont favorisés par les conditions de production en sucrerie (**Mathlouthi et Belhamri, 2004**). Leur production est en continue durant tout le processus sucrier, en particulier sur les surfaces de chauffage (**Cortes, 2007**).

Lorsqu'une solution de saccharose est chauffée en milieu acide, il se décompose en sucre inverti ou hexoses, des que ces derniers seront chauffés en milieu alcalin ils se décomposent en divers acides organiques (oxalique, acétique, lactique) et en colorant brun. Les composés obtenus dépendent de la température, de la durée de chauffage, de l'alcalinité employé, de la composition des hexoses obtenus par décomposition du saccharose (**Bento et Sa, 1998**).

II.2. Procédé général de la décoloration

Le mode de fonctionnement des trois colonnes de décoloration a l'unité CEVITAL, s'effectue en série et en parallèle comme le montre la figure 04

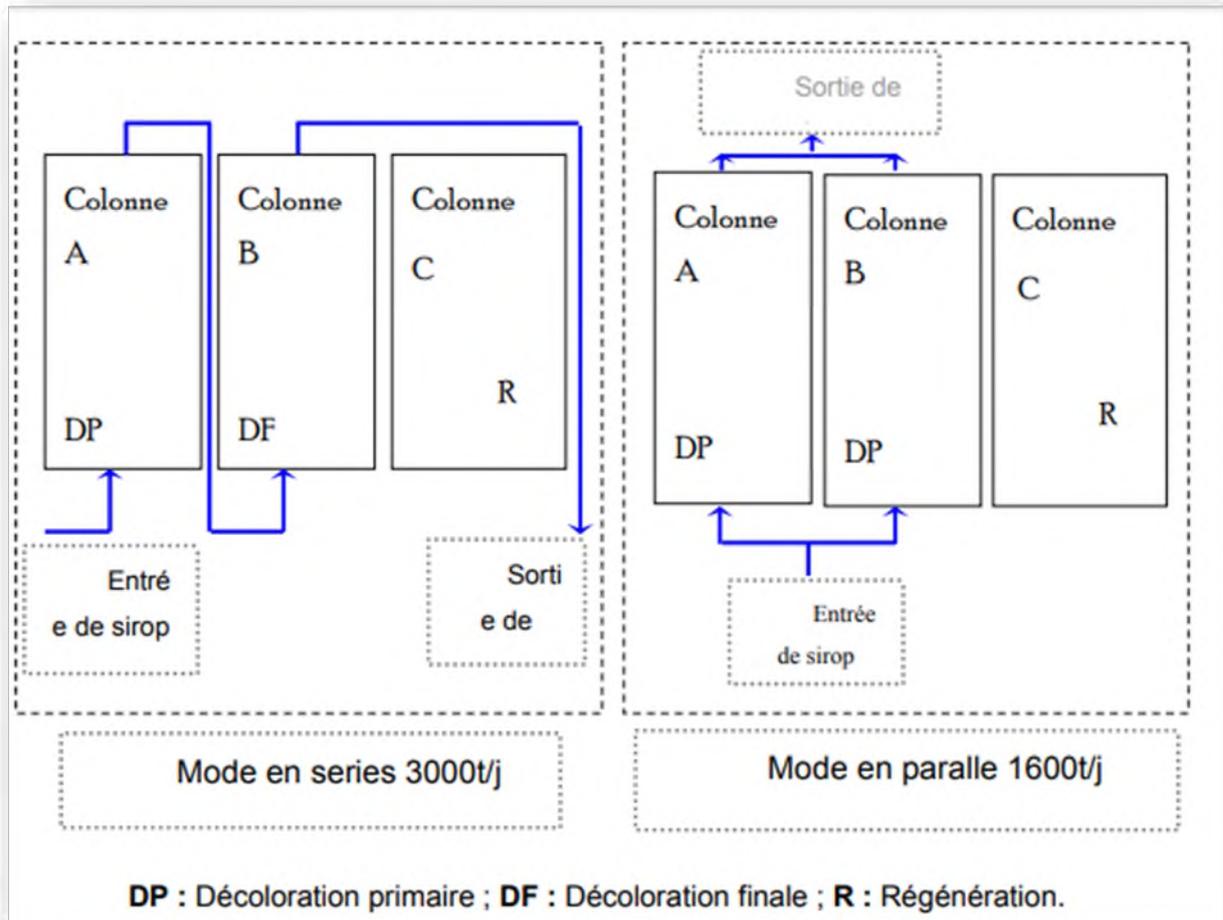


Figure 04. Fonctionnement des colonnes de décoloration de l'organisme CEVITAL
(Anonyme 1, 2007).

♣ Mode en série

Le sirop entre par le bas de la colonne A, où une première décoloration est effectuée pour donner un sirop pré-décoloré. La décoloration finale se réalise dans la colonne B. Ce mode de fonctionnement permet d'obtenir un taux de décoloration très élevé par rapport au mode parallèle. Une fois l'une des colonnes saturées, elle est remplacée par une colonne initialement en étape de régénération (colonne C) (Anonyme 1, 2007).

♣ Mode en parallèle

Le sirop entre dans les deux colonnes de décoloration A et B par le bas. Ce mode permet de travailler avec un débit plus élevé mais la qualité du sirop qui en résulte est de moins bonne qualité. Pour éviter la saturation des deux colonnes, un temps de

décalage entre la première et la deuxième colonne est nécessaire afin de pouvoir remplacer la première qui se sature par la colonne régénérée C (**Anonyme 1, 2007**).

Les durées allouées à chaque étape dans un modèle de fonctionnement en série sont présentées dans la figure 04.

II.2.1. Conditions de fonctionnement de la décoloration

Le fonctionnement de l'installation s'effectuera avec les paramètres illustrés dans le tableau ci-après :

Tableau III. Les conditions de fonctionnement de la décoloration (**Applexion, 2006**)

Débit de sirop traité	100 -120 m ³ /h max
Concentration du sirop à traiter	65 brix
Densité du sirop à traiter	1,32
Vitesse de passage du sirop	3 – 3.5 m/h pour les colonnes DN 3300 2.5 – 3 m/h pour les colonnes DN 3600
Durée des étapes de production	24 - 32 heures
Durée des étapes de régénération	6 - 8 heures
Nombre de régénérations par jour	3 – 4

II.2.2. La résine échangeuse d'ion

Une résine échangeuse d'ions est un solide insoluble, qui, au contact d'une solution, peut échanger les ions qu'il contient avec d'autres ions de même signe provenant de la solution. Cette propriété d'échanger les ions était reconnue depuis longtemps à des silicoaluminates naturels appelés « zéolithes » ; dans ces composés, des ions alcalins ou alcalinoterreux sont logés dans les cavités d'un réseau polymère anionique, et peuvent être échangés avec d'autres cations lors du contact avec une solution.

Les résines utilisées pour la décoloration du sucre sont différents par leur squelette ce sont des Copolymères de styrène et de di vinylbenzène ou d'acide acrylique et de di vinylbenzène présentant un comportement très hydrophobe. Sur ce « squelette » sont greffées des fonctions amines quaternaires. Cette fonction constitue un pôle

hydrophile et confère à la résine son caractère de résine anionique forte, c'est-à-dire sa capacité à fixer les ions négatifs (Cl^- , OH^- , SO_4^{2-}) présents dans la solution dans laquelle ils sont immergés. La basicité des groupements fonctionnels de la résine permet l'élimination de tous les anions y compris ceux faiblement dissociés. La structure macroporeuse à larges pores, liée à la forte basicité du groupement fonctionnel, permet l'élimination des molécules organiques même à haut poids moléculaire. La séparation des constituants d'un mélange repose sur leurs différences d'affinité vis-à-vis de la résine échangeuse.

Au niveau du complexe CEVITAL, la résine utilisée est un copolymère anionique fortement basique à structure polystyrénique macroporeuse (**Rachedi, 2002**).

II.2.3. Mécanismes d'action de la résine

Selon **Theoleyre et ses collaborateurs (1999)**, deux mécanismes interviennent lors d'une décoloration sur résine :

- Interaction hydrophobe entre les chaînes carbonées du polymère et du colorant Il s'agit de liaisons faibles (adsorption physique) (**Bento et Sa, 1998**).
- Échange d'ions, ou échange entre les ions Cl^- initialement fixés sur la résine et les acides organiques (colorants) présents dans la solution à décolorer.

II.2.4. Régénération

Pendant la phase de décoloration, la résine se charge en matières colorantes et en anions divers. Elle se sature au cours du temps et la coloration du produit traité augmente progressivement. Il est alors nécessaire d'extraire les impuretés retenues pour retrouver la capacité initiale de la résine de décoloration : la colonne entre en phase de régénération. Une solution de chlorure de sodium (NaCl) en milieu basique (NaOH) permet de retirer les matières colorantes qui ont été fixées par les résines au cours des cycles de production. La régénération se fait à contre-courant (down-flow) pour éviter la pollution des couches supérieures des lits de résines (qui sont moins polluées) par les colorants déplacés des couches inférieures (les plus polluées) au cours de la régénération. Ce principe de fonctionnement nous permet d'assurer une meilleure régénération des résines et donc une plus grande efficacité lors des étapes de production (figure 5) (**Manuel CEVITAL, 2008**).

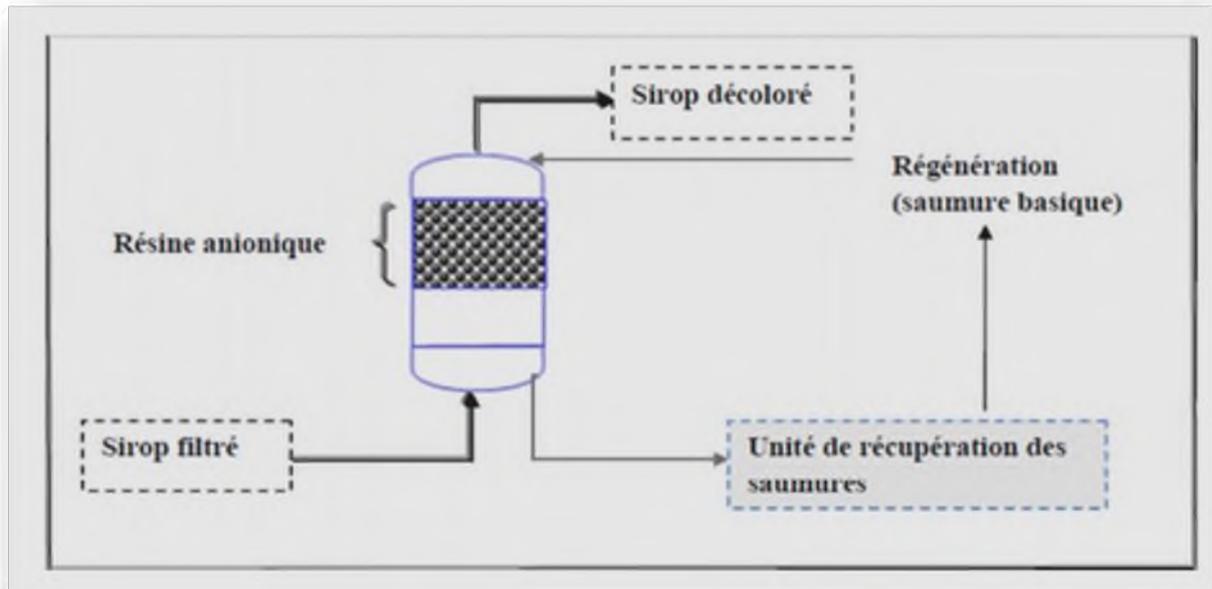


Figure 05. Schéma de régénération à contre courant d'une colonne de décoloration (**Bento et Sa, 1998**).

II.2.5. Dépollution

Lorsque on observe une diminution importante de la capacité de la résine après régénération, il est nécessaire de procéder à une dépollution de la résine. Cette dépollution est effectuée grâce à l'injection d'une solution d'acide à 1% suivi d'un rinçage. Dans ce cas, il est important de faire 2 régénérations à la saumure basique par la suite.

La fréquence des dépollutions dépend essentiellement de la qualité du sirop entrant dans l'unité de décoloration. On peut cependant estimer cette fréquence à une dépollution acide tous les 10 cycles environ (**Manuel CEVITAL, 2008**).

II.2.6. Durée de vie de la résine

Les structures des résines sont sensibles aux : Séchage, à la température, aux chocs osmotiques, aux agents oxydants, aux polluants organiques, aux polluants minéraux et aux stress mécaniques (pertes de charges) (**Applexion, 2006**).

Matériels et méthodes

I. Présentation de l'organisme

I.1. Historique

Cévital est un groupe familial qui s'est bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée. Première entreprise privée algérienne créée en 1998 par Mr ISAAD REBRAB à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversée d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

I.2. Situation Géographique

Le complexe cevital se situe au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du Sud-Ouest de cette ville et répartie sur une superficie de 45000m², à proximité de la rase nationale N°09. L'entreprise a beaucoup profité de cette situation qui lui donne un avantage de proximité économique car elle se trouve proche du port et de l'aéroport.

I.3. Principales Activités de Cevital

- Lancé en mai 1998, le complexe cevital a débuté son activité par conditionnement de l'huile en décembre 1998.

- En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, cette dernière est devenue fonctionnelle en Août 1999.

- L'ensemble des activités de cevital est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre et se présente comme suit :

- > Une unité du sucre liquide
- > Une raffinerie d'huile
- > Deux raffineries du sucre
- > Une margarinerie
- > Une unité de conditionnement minéral
- > Une unité de fabrication et de conditionnement de boissons
- > Une unité de fabrication de chaux calcinée
- > Une conserverie

II. Echantillonnages

Cette étude, réalisée au niveau de la raffinerie de sucre « CEVITAL », a porté en premier lieu sur le suivi de l'évolution de deux principaux paramètres physicochimiques, qui sont la couleur et le pH au cours de la décoloration. Pour cela des échantillons ont été prélevés au niveau de la section décoloration sur le sirop filtré (SF) et les sirops décolorés (SD1 et SD2), et cela durant 28 jours. En deuxième lieu, la conformité du produit fini (sucre blanc) a été vérifiée en mesurant la polarisation, la teneur en sucres, la teneur en cendres, ainsi que l'humidité.

II. Analyses physicochimiques effectuées

II.1. Mesure de la couleur

La mesure de la coloration en solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre, selon **ICUMSA méthode GS 2/3-10 (2007)**. La couleur est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance mesurée à 420nm et les résultats sont exprimés selon la relation suivante :

$$\text{Couleur ICUMSA} = \frac{1000 \times A}{B \times C}$$

A : Absorbance de la solution à 420nm.

B : Longueur de la cellule en cm.

C : Concentration de la solution en g/ml.

II.2. Mesure du pH

La mesure du pH des sirops et du sucre blanc en solution est réalisée à l'aide du pH-mètre selon la méthode officielle **SNFS – Méthode n° 17 (1999)**.

II.3. Mesure de la polarisation

La détermination de la polarisation des dilutions est effectuée par mesure de la rotation optique de la solution avec un polarimètre (**ICUMSA Méthode GS 2/3-1 (2011)**). A partir des solutions précédemment préparées, la polarisation est directement lue sur le polarimètre à l'échelle de 26g. Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Polarisation} = K \times (\text{Lecture au polarimètre} \times \text{Le facteur de dilution})$$

(Exprimé en g, % ou ml)

Avec : $K = 0.26$ le poids normal du saccharimètre est à 26 g.

II.4. Détermination du taux d'humidité

L'humidité est mesurée selon ICUMSA GS 2/1/3/9-15 (2007). Le principe de la méthode est basé sur un séchage à l'étuve atmosphérique (105°C) de l'échantillon, suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées. Les résultats sont exprimés comme suit

$$\text{Humidité (H)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

m_1 : récipient + couvercle ;

m_2 : récipient + couvercle + échantillon avant séchage ;

m_3 : récipient + couvercle + échantillon après séchage.

II.5. Détermination de la teneur en cendres conductimétriques

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

• On mesure la conductivité ($C_{\text{mesurée}}$), ainsi que la conductivité de l'eau. La conductivité corrigée (C_{28}) de la solution à 28g /100g est donnée par la formule ;

$$C_{28} = C_{\text{mesurée}} - 0.35C$$

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

Résultats et discussion

I. Résultats de la couleur des sirops filtré (SF) et des sirops décolorés (SD1, SD2)

I.1. Evolution de la couleur de SF et de SD1

La figure 06 représente l'évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1)

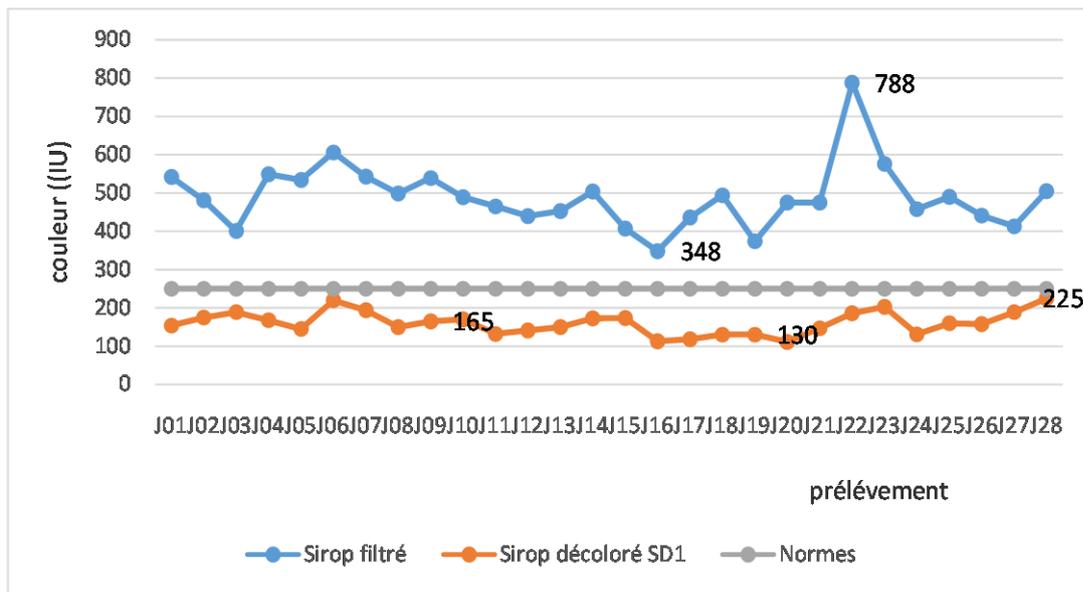


Figure 06 : Evolution de la couleur du SF et du SD1

D'après le graphe illustré ci-dessus, on remarque que la coloration du SF n'est pas stable, nos résultats varient entre 348 et 788UI. La variation de la couleur du sirop filtré est probablement liée à :

- ✓ la qualité de la matière première (couleur de sucre roux) ;
- ✓ une coloration élevée du sucre A (provenant de la section bas-produits), réinjecté dans le fondoir ;
- ✓ Une instabilité de processus de raffinage, et principalement lors de l'épuration calco-carbonique et de la filtration.

Concernant le sirop décoloré 1(SD1), Les résultats obtenus sur les 28 prélèvements étudiés montrent qu'il y'a une variabilité de la couleur du SD1, nos résultats varient entre 111 UI et 225 UI sans dépasser la limite maximale qui est de 250 UI.

Du 1^{er} jusqu'au 9^{ème} prélèvement, on remarque que la coloration du SD1 est peu élevée. Elle varie entre 145 et 165 UI. Ceci est dû à la coloration élevée du SF, et au temps de séjour du sirop dans les colonnes qui est court.

Du 10^{ème} au 18^{ème} prélèvement, on remarque une diminution et une stabilité de la couleur du SD1 aux alentours de 130 UI. Cette diminution peut être expliquée par l'augmentation du temps de séjour du sirop dans les colonnes (réduction de débit) et la diminution de la couleur du SF durant cette période.

Au delà du 19^{ème} prélèvement, la coloration du SD1 croît progressivement pour atteindre une valeur maximale de 225 UI. Cette croissance dans la couleur est probablement dû à l'élévation de la couleur du SF et à l'épuisement des résines

Si on doit comparer entre les deux courbes (SF) et (SD1), on peut déduire que les variations du sirop décoloré 1(SD1) présentent une moyenne de couleur de 158,5UI qui est conforme à la norme et cela malgré la forte coloration du sirop filtré (SF) (capacité de décoloration maximale). La courbe du (SD1) reflète celle du (SF) en terme d'acheminement sauf à quelques variations dues aux différents facteurs cités au dessus, mais en termes de valeurs de couleur, elles diffèrent, ceci montre le rôle de la décoloration dans l'abaissement de la couleur.

I.2. Evolution de la couleur de SF et de SD2

D'après la figure 7, on remarque que la courbe représentant les valeurs de mesure de la couleur du SD2 suit la même allure que celle du SD1 (figure 4). Nos résultats varient entre 121 UI et 223 UI et sont toujours au dessous de la limite maximale qui est de 250 UI.

Du 1^{er} jusqu'au 10^{ème} prélèvement, on remarque que la coloration du SD2 est relativement élevée. Elle varie entre 163 et 184 UI. Ceci pourrait s'expliquer par la coloration élevée du SF, et par le débit élevé du sirop filtré entrant dans les colonnes.

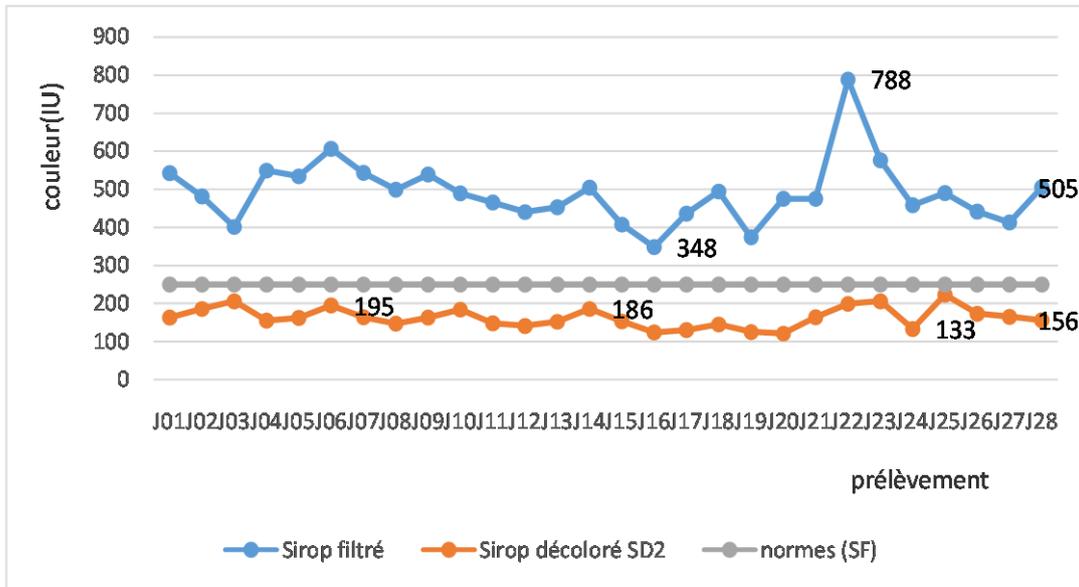


Figure 7 : Evolution de la couleur du SF et du SD2

Du 11^{ème} au 20^{ème} prélèvement, on note une diminution et une légère stabilité de la couleur du SD2 aux alentours de 121 UI. Cette réduction peut être expliquée par l’augmentation du temps de séjour du sirop dans les colonnes (réduction de débit), l’entrée de nouvelles colonnes en production, ainsi que la diminution de la couleur du SF durant cette période.

Au delà du 21^{ème} prélèvement, la coloration du SD2 croit progressivement pour se stabiliser aux environ de 155 UI à partir du 27^{ème} prélèvement. Cette stabilisation de la couleur du SD2, malgré les valeurs élevées du SF est expliquée par l’entrée de la colonne A (régénérée) en production au moment où la colonne qui fonctionne en phase de prédécoloration n’est pas trop chargée en impuretés, vu que le SF entrant précédemment dans les colonnes est moins coloré .

I.3. Taux de décoloration des SD1 et SD2

Le taux de décoloration (TD) est calculé à partir de la formule suivante :

$$TD (\%) = \frac{\text{Couleur du SF (UI)} - \text{couleur du SD (UI)}}{\text{Couleur du SF (UI)}} \times 100$$

La figure 8 représente l'évolution des taux de décoloration des sirops SD1 et SD2

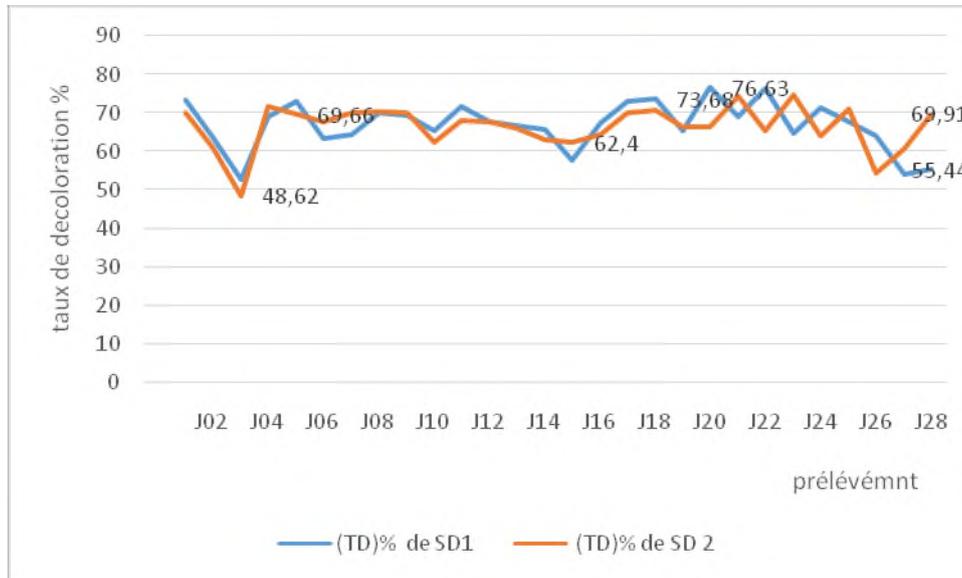


Figure 8 : Evolution du taux de décoloration des deux sirops (SD1) et (SD2)

D'après le graphe illustré sur la figure 6, nous constatons une instabilité dans le taux de décoloration TD1. Elles sont comprises entre 65.87 et 76.44 %, avec quelques valeurs faibles du (TD) par rapport au taux estimé qui est d'environ 80 % ce qui caractérise la mise en fonction d'une résine qui à tendances à s'épuiser rapidement

Concernant le taux de décoloration TD2, nos résultats présentent des valeurs qui varient entre 61,13% et 74,41% et qui sont au dessous de la limite inferieur. Ces larges variations dans le taux de décoloration pour les deux sirops sont probablement dues :

- A la variation du débit du sirop filtré entrant dans les colonnes de décoloration (les valeurs qui sont au dessous de la limite minimale pour les deux taux TD1 et TD2 sont observées durant la période allant du 1^{ier} au 15^{ème} prélèvement dont le débit était élevé);
- Aux pertes de charge (colmatage des résines par des matières en suspension, mauvaise filtration du sirop en amont des colonnes ou de l'eau de régénération ou de la saumure) ;
- A l'entrée de nouvelles colonnes en production d'un temps à l'autre (une fois régénérée et mise en production, la colonne fournit un maximum de son rendement).

II. Evolution du pH du SF, du SD1 et du SD2

L'un des paramètres influençant le procédé de décoloration (cycle de production de la colonne) est le pH, son suivi s'avère donc indispensable. Le pH du sirop destiné à la décoloration devrait être compris entre 8 et 8,5. A l'issue de cette opération, le pH du sirop traité ne devrait pas être inférieur à 7. La figure 9 représente l'évolution du pH du SF, SD1 et du SD2.

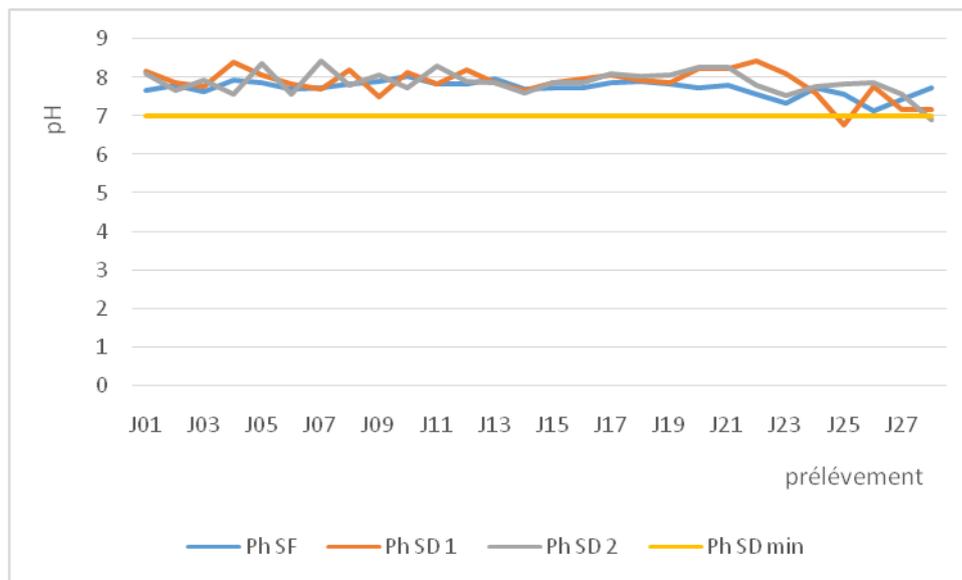


Figure 9 : Evolution du pH du SF, du SD1 et du SD2

D'après le graphique, nous remarquons une certaine variabilité dans les valeurs du pH du sirop filtré destiné à la décoloration, nos résultats varient entre 7,13 et 8,04 avec une moyenne de 7,58, qui est conforme à la norme industrielle, ceci est expliqué par l'élimination de la chaux.

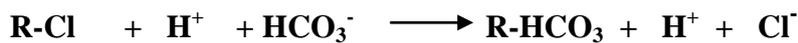
Le pH du SD1 et du SD2 sont similaires du point de vue de la variation du pH mais en termes de valeurs celle de SD2 sont plus élevée que SD1.

L'élévation brusque du pH du SD1 se produit lors de l'entrée d'une nouvelle colonne en production (remplacement de la colonne épuisée), ceci est dû au contact du sirop filtré entrant dans la colonne avec les molécules de la soude (NaOH), qui reste sous forme de traces dans la colonne après régénération de la résine par la saumure basique.

La diminution du pH dans les colonnes (pH du sirop décoloré) est expliquée par l'épuisement des résines (chargement en colorants) qui, à un moment donné, quand le pH se

rapproche de 7, on doit lancer la régénération de l'une des deux colonnes fonctionnelles (colonne qui fonctionne en phase de décoloration primaire).

D'après **Dechow (1989)**, la diminution du pH du sirop décoloré est causée par les molécules d'acide carbonique (H_2CO_3), présentes dans le sirop provenant de la carbonatation. Dans les colonnes, ces molécules s'ionisent en libérant des protons (H^+). Les HCO_3^- sont fixés par la résine (grande affinité), alors que les protons H^+ libérés provoquent la diminution du pH dans le milieu. Ce phénomène est expliqué par la réaction suivante :



La variation dans les valeurs du pH du SD2 pourrait être expliquée par les mêmes raisons citées dans le cas précédent (cas de SD1).

D'après les résultats du suivi du pH des deux sirops, on constate qu'il y'a une maîtrise concernant ce paramètre, ce qui participe au bon déroulement du procédé de décoloration.

III. Conformité du sucre blanc de Cevital

III.1. Résultats de mesure de la polarisation

La figure 10 représente les résultats de mesure de la polarisation.

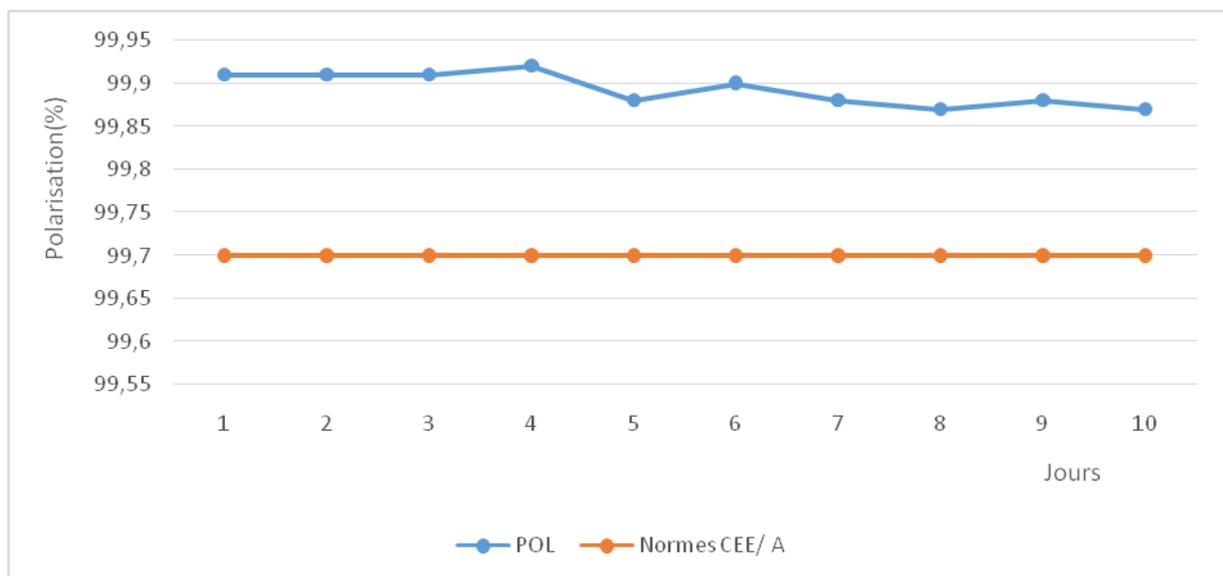


Figure 10 : Polarisation du sucre blanc.

D'après la figure 8, les valeurs de la polarisation du sucre blanc, dont la moyenne est de 99,88%, sont au dessus des deux normes CEE et A. Ce qui nous amène a dire que du point de vue de la polarisation, le sucre blanc de Cevital est conforme aux normes CEE et A.

III.2. Résultats de mesure de la teneur en sucres réducteurs (invertis)

La figure 11 représente les résultats de mesure de la teneur en sucres invertis.

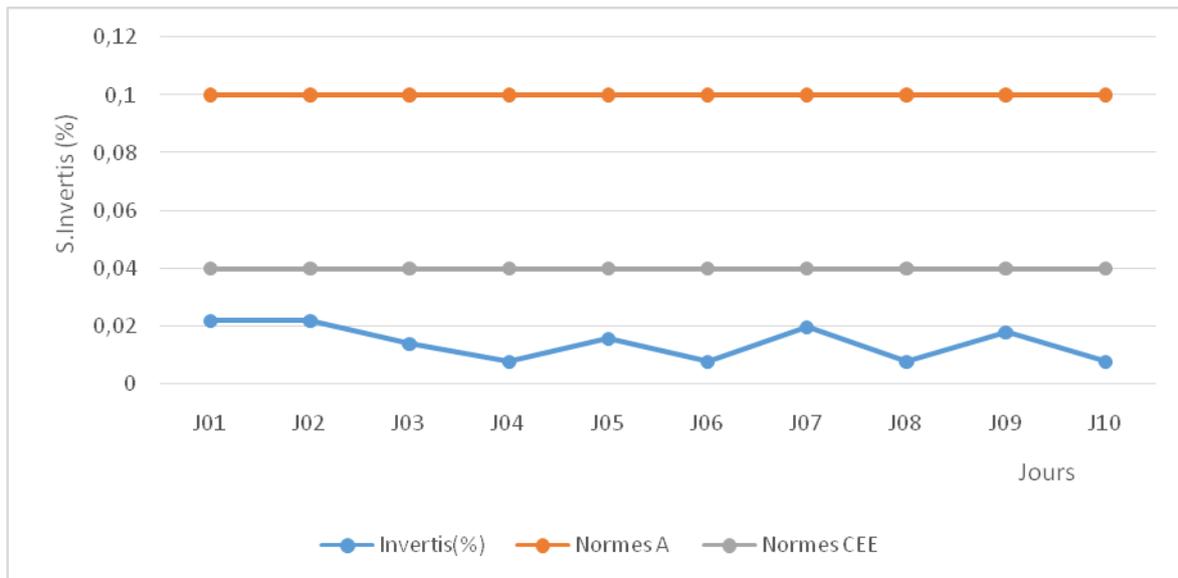


Figure 11 : Teneur en sucres réducteurs du sucre blanc.

D'après la figure 11, les valeurs de la teneur en sucres réducteurs du sucre blanc varient entre 0,008 et 0,022%. Ces valeurs sont au dessous de la valeur maximale exigée par les deux normes A et CEE et qui est de 0,04%. Cela confirme que la teneur en sucres réducteurs du sucre blanc répond aux deux normes A et CEE.

III.3. Résultats de mesure de la teneur en cendres conductimétriques

La figure 12 représente les résultats de mesure de la teneur en cendres conductimétriques.

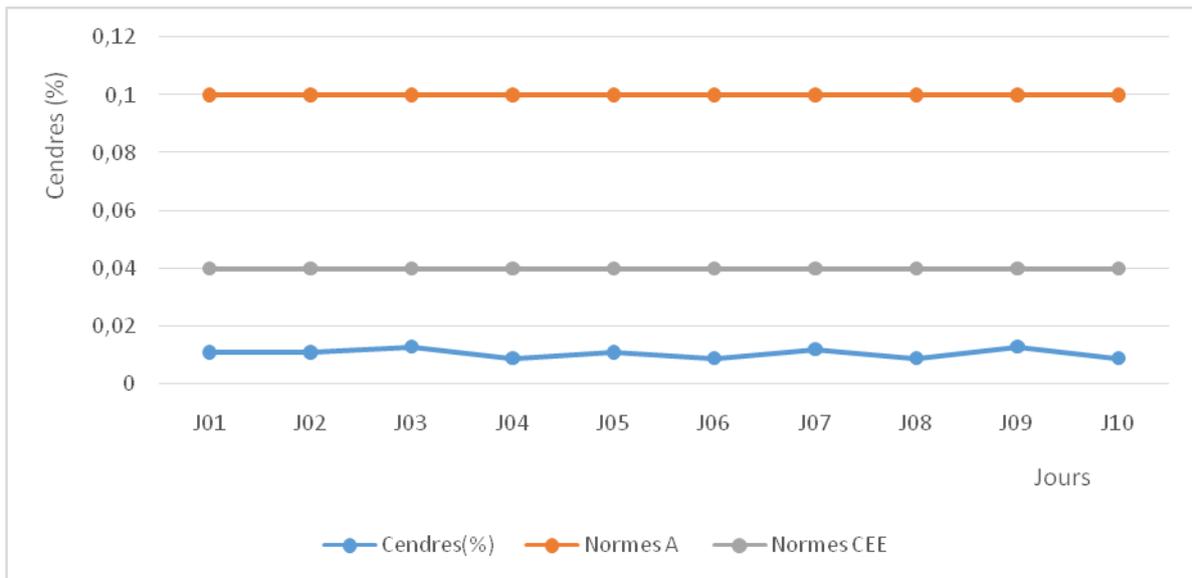


Figure 12 : Teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc.

Le graphe montre que, les résultats de mesure de la teneur en cendres conductimétriques sont au dessous de la valeur maximale préconisée par les deux normes CEE et A. Cela nous permet de dire que de point de vue de la teneur en cendres conductimétriques, le sucre blanc produit au niveau de Cevital est conforme aux deux normes CEE et A.

III.4. Résultats de mesure de l'humidité

La figure 13 représente les résultats de mesure de l'humidité.

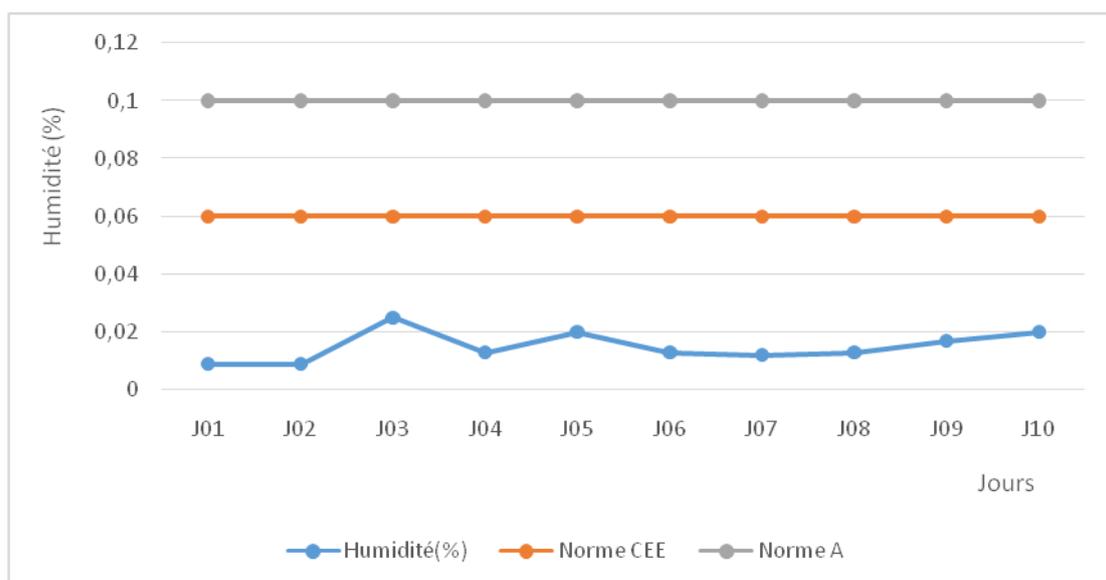


Figure 13 : Humidité du sucre blanc.

La figure 13 montre que les résultats de l'humidité du sucre blanc sont largement au dessous des valeurs représentant les deux normes A et CEE. Ceci nous mène à conclure que l'humidité du sucre blanc de Cevital est conforme à la norme algérienne (A) ainsi qu'à la norme CEE

III.5. Résultats de mesure de la couleur

La figure 14 représente les résultats de mesure de la couleur

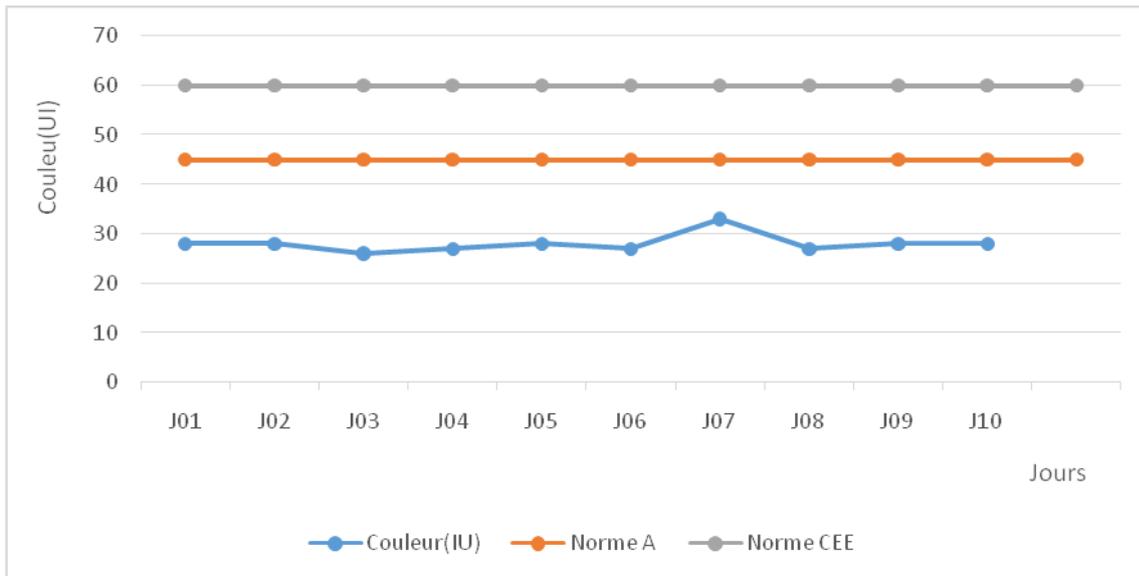


Figure 14 : Couleur du sucre blanc.

Le graphe ci-dessus montre que les résultats d'analyse de la couleur du sucre blanc sont au dessous des valeurs représentant les deux normes CEE (Max 45 UI) et A (Max 60 UI), ce qui certifie la conformité du sucre blanc de Cevital.

Conclusion

La technologie sucrière de canne, compte parmi les industries agroalimentaires les plus anciennement connues et les plus répandues dans le monde ; elle est confrontée à une concurrence de plus en plus féroce, et la qualité est devenue un enjeu stratégique entre les différents secteurs Agro-alimentaires.

Dans le cadre de cette étude nous avons pris en considération toute la chaîne de raffinage et précisément l'étape de décoloration qui fait appel à la résine échangeuse d'ions afin de suivre l'évolution de la couleur du sucre roux de canne, ainsi que la couleur du produit fini, à savoir le sucre blanc.

Au terme de travail réalisé au niveau de la raffinerie de sucre « CEVITAL », nous a permis de faire les constatations suivantes :

- Le sirop de sucre produit au niveau du complexe CEVITAL est de bonne qualité, du point de vue physico-chimique au vu de la conformité des différents paramètres (le taux de décoloration, le Ph, la couleur) avec les normes règlementaire.
- Diminution de plus de 50 % de la couleur, et ce grâce à la décoloration sur résine.
- sucre blanc « CEVITAL » et de bonne qualité et répond ou normes algériennes et international.

En fin, la décoloration qui consiste à décolorer le sirop filtré, préalablement affiné, carbonaté, présente un rôle très important dans la prévoyance de la qualité du sucre blanc.

Perspectives

- Etudes plus approfondie de chaque section intervenant dans la décoloration.
- Optimisation des paramètres de raffinage au niveau de chaque section.
- Travaillé sur d'autres résine pour essayer d'amélioré la qualité du produits finis.

Références bibliographiques

- Ait amar A. (1989)**. 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.
- Anonyme 1, (2007)**. L'aventure de sucre (www.aefe.fr).
- 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), SaintNorbert-d'Arthabaska, novembre, 41p
- Audar,R.Boulot,B.Gelie,P.sadikalay,S .(2018)**.Espace et mouvement,transformation de l'espace: le sucre de canne (26 pages) . AVH, 6ème symposium. Reims .
- Asadi M. (2007)**. Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. USA. 884p. pp. 45 – 62
- BELHAMRI R. (2005)**. extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières :Etude de leur composition, de leurs propriétés physicochimiques et de leur effet sur le process sucrier), TH. doct. : Chimie Physique Industrielle. UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE – ARDENNE. 233p
- Bento M. et Sa S (1998)**.Study of HMW compounds in sugar liquors from carbonatation and ion-exchange resins, using gpcchromatography with an evaporative light scattering detector. Sugarprocessingresearchconference, Georgia, p 247.

- 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. (p272) .

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

- Cortes A. (2007)**. Direct white sugar production: optimization and chemical regeneration of fixed-bed activated carbon adsorbers. Biological and Agricultural Engineering. Master of Science, pp 6-8, 13-20

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

- DECLOUX, Martine, (2003)**. Procédés de transformation en sucrerie. In .Techniques de l'ingénieur.

- 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.). (p 258 – 269).Ed. TEC et DOC Lavoisier.

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

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

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

- Ellis B. (2004)**. Modeling of cane sugar colorant removal in packed-bed ion exchange columns and an investigation into pretreatment methods. Chemical engineering. Baton rouge, Louisiana state university. Master of Science : 249p.

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

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

Kelly F and Brown D, 1978. Thermal decomposition and color formation in aqueous sucrose solutions. Sugar Tech (p 48).Reviews.

krouh. (1994).Caramelisation in food and beverages. Food Chemistry, 51:373-379.

Marsad A., Lewandowski R., Heyd B. et Decloux M. (2003).Colorants in the sugar industry : Laboratory preparation and spectrometric analysis. International sugar journal 105(1254), pp240-299

Marsad A. (2001). Colorants en sucrerie:Determination de leurs masses molaires et leurs caractéristique spectrométriques en vue d'une meilleure évaluation de leur rétention par filtration tangentielle. Thèse de doctorat, Génie des procédés, L'ENSIA, Massy

Mathlouthi M et Belhamri R. (2004). Sucrose crystal growth and shape: Effect of impurities on sucrose crystal shape and growth. Laboratoire de Chimie Physique Industrielle, Faculté des Sciences, Université de Reims, 12p.

Mathlouthi, (2007). Dossier CEDUS. Les propriétés physiques et chimiques du saccharose (p 15-16-17-18-19-20).

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

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.

Rafik M., Mas A., ElharfiA etSchue F.(1997). « Décoloration de solution sucrée par ultrafiltration sur une membrane a base de poly (organocyclophosphazene) page J. 490-679

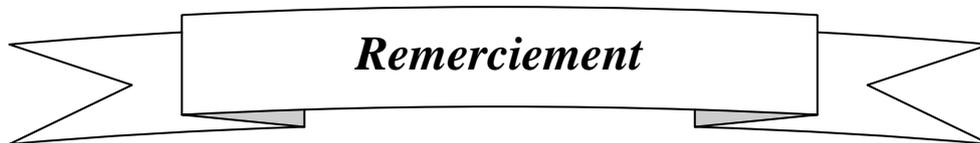
Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B. (2007). Science des aliments. Lavoisier, Tec et Doc, 449p.

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

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.

-Smith P and Paton N. H, 1985. Sugar cane flavonoids. Sugar Technology Reviews (p142). solution. New York: Marcel Dekker.

Theoleyre M.A., Cartier S. et Decloux M, 1999. Couplage de la décoloration et de la nanofiltration des éluant de régénération en sucrerie de canne (2- 13p). Association AVH, 6ème Symposium, Reims.



Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Dieu, le Généreux qui nous a donné la force et le courage de poursuivre et de continuer nos études après avoir soutenu ya 16 ans et d'avoir eu le diplôme Ingénieur d'états en « Sciences Alimentaires » et aussi de nous avoir donné la force afin d'accomplir ce travail.

Nous profonde gratitude est exprimée à notre promotrice Mme Tafinine née Mouhoubi Zina, qui nous à fait l'honneur de diriger ce travail et, sa constante disponibilité, ses conseils et sa gentillesse. Nous tenons également à remercier les membres du jury en l'occurrence Mme Boulekbache qui à accepté de présidé le Jury et Madame Issaadi, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons a remercié aussi les enseignants de l'université de Bejaia plus précisément le département de Sciences Alimentaires. nous tenons à exprimer toute nous gratitudes et nous respects: Mr Itibrout Mohamed responsable section décoloration à CEVITAL, pour sa disponibilité avec une extrême bienveillance.

ABSTRACT

The refining of brown sugar is a new technology introduced in our country by the CEVITAL industrial complex. The production of white sugar is based on principles physicochemicals of sucrose crystallization. It is absolutely necessary to characterize the effects of the manufacturing parameters throughout the crystallization process and thus to control the quality of the finished product intended for the consumer.

The first goal of refining sugar is the elimination of color among others impurities, in order to produce a sugar of good color and having a good homogeneity-crystallographic.

In general, the dyes contained in cane sugar are macromolecules with weak acid behavior. In order to remove them, the CEVITAL complex uses a bleaching line, the operation of which is governed by ion exchange resins.

The study made it possible to highlight the crucial role of the conduct of a good discoloration and its direct impact on the final character of the finished product.

Keywords: Saccharose, Sugar technology, Impact of discoloration and Sugar quality.

Résumé

Le raffinage du sucre roux est une nouvelle technologie introduite dans notre pays par le complexe industriel CEVITAL. La production du sucre blanc repose sur des principes physicochimiques de cristallisation du saccharose. Il est absolument nécessaire de caractériser les effets des paramètres de fabrication tout au long du processus de cristallisation et ainsi de contrôler la qualité du produit fini destiné au consommateur. Le premier objectif du raffinage du sucre est l'élimination de la couleur parmi les autres impuretés, et ce afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique.

De façon générale, les colorants contenus dans le sucre de canne sont des macromolécules ayant un comportement d'acides faibles. Afin de les éliminer le complexe CEVITAL utilise une ligne de décoloration, dont le fonctionnement est régit par des résines échangeuses d'ions.

L'étude a permis de mettre en évidence le rôle capital de la conduite d'une bonne décoloration et son impact direct sur le caractère final du produit fini.

Mots clés : *Saccharose, Technologie sucrière, Impact de la décoloration et la Qualité du sucre.*