



Université Abderrahmane Mira – Bejaia
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences alimentaires



Mémoire de fin d'études

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master 2

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Thème



Le sucre en Algérie

Réalisé par :

M^r. CHEKERKER Islam et M^{lle} KERKOUR Sandra

Devant le jury composé de :

M^{me} FELLA.S Présidente

M^{elle} MEKHOKHE.A Promotrice

M^{elle} ISSAADI.O Examinatrice

Promotion :2019/2020

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le savoir et la faculté de pouvoir poursuivre nos études et achever ce travail.

Nous remercions particulièrement M^{elle} MEKHOKHE.A notre promotrice, pour l'intérêt qu'elle a accordé à la thématique proposée, pour ses précieux conseils qui nous ont été d'une grande utilité.

On tient à exprimer toute notre reconnaissance à M^{me}FELLA. S enseignante à l'université de Bejaia d'avoir accepté de présider le jury ainsi que M^{elle}ISSAADI.O enseignante à l'université de Bejaiapour avoir eu l'aimable gentillesse d'examiner notre travail.

Nous souhaitons remercier vivement toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide tout au long de ce travail, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, notamment la Faculté des sciences de la nature et de la vie.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À des personnes chères à mes yeux et sans eux rien n'aurait été possible qui sont évidemment mes parents, pour tout le soutien, l'amour et les sacrifices qu'ils ont dû accomplir dans l'espoir de m'offrir un avenir plein de promesses.

Mes frères et sœurs qui sont pour moi des exemples d'humilité, de volonté mais surtout de travail, qui m'ont toujours poussé dans le bon sens afin d'être une personne meilleure.

Evidemment à mes amis avec qui j'ai grandit partagé une bonne partie de ma vie les bons comme les mauvais moments, qui ont su me donner la motivation nécessaire pour l'accomplissement de mes études. Je pense à l'équipe Ait Mendil : Lyes, Billal, Debari, Youyou, Rayan, Islem, Walid, sans oublier Babi, Nazim et tant d'autres.

À toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin,

Un grand merci.

Islam

Dédicace

À mes chers parents pour leur immense soutien, leur grand amour, leurs sacrifices et leurs prières.

À ma chère sœur Nessrine

Mon cher frère Mouhand lamine

A tous mes Amis

A tous ceux qui m'ont aidé durant mes études, je leur dédie ce modeste travail

Merci ! Je vous aime

Sandra

Liste des abréviations

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

Kg : kilogramme

Mt : Millions de tonnes

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

PMA : Pays les moins Avancé socio-économiquement

SPA : Société Par Actions

SNFS : Syndicat National des Fabricants de Sucre

Liste des Tableaux

Tableau I : Composition moyenne de la betterave sucrière	09
Tableau II : La production mondiale du sucre.....	27
Tableau III : la production de sucre blanc en Algérie en 2007 et les projets en cours	
En tonne /an	31

Liste des figures

Figure 01 : Photo de la canne à sucre	06
Figure 02 : Composition chimique de la canne à sucre.....	07
Figure 03 : Photo de la betterave sucrière.....	08
Figure 04 : Approvisionnement des betteraves.....	10
Figure 05 : Equipement et principe de découpage de la betterave à sucre.....	12
Figure 06 : schéma de l'extraction contre courant en sucrerie betteravière.....	13
Figure 07 : Cellule de la betterave à sucre avant et après le traitement thermique.....	13
Figure 08 : processus de fabrication de sucre de canne brut en sucrerie ou en usine....	15
Figure 09 : Principaux producteurs de sucre.....	25
Figure 10 : Production de sucre par type de culture.....	27
Figure 11 : Demande de sucre par habitant dans les principaux pays et régions	28

Table des matières

Liste des Abréviations

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Introduction générale..... 1

I : généralités sur le sucre

I.1. Types de sucre..... 2

I.1.1 Sucre brut 2

I.1.2 Sucre blanc ou raffiné..... 2

I.1.3 Sucre cristallisé (sucre cristal) 3

I.1.4 Sucre en poudre..... 3

I.1.5 Sucre en morceaux..... 3

I.1.6 Sucre glace..... 3

I.1.7 Sucre roux 3

I.1.8 Turbinado 4

I.1.9 Sucre liquide (sirop de sucre)..... 4

I.1.10 Sucre inverti (ou interverti)..... 4

I.1.11 Sirop de glucose..... 4

I.2 Source de sucre..... 4

I.2.1 Canne à sucre 5

I.2.1.1 Composition chimique..... 6

I.2.2 Betterave sucrière..... 8

I.2.2.2 Composition chimique 8

II. Transformation du sucre et Co- produits

II.1 Technologie sucrière 10

II.1.1 Etapes de transformation spécifiques à la betterave sucrière..... 10

II.1.1.1 Réception et prétraitements..... 10

II.1.1.2 Déchargement et stockage..... 11

II.1.1.3 Lavage et découpage.....	11
II.1.1.4 Découpage en cossettes.....	11
II. 1. 1.5 Extraction par diffusion de sucre.....	12
II.1.1.6 Produits de la première opération.....	14
II.1. 2 Etapes de transformation spécifiques au sucre de canne.....	14
II.1.2.1 Réception et lavage.....	14
II.1.2.2 Découpage et le broyage.....	14
II.1.2.3 Extraction.....	15
II.1.2.4 Produits de la première opération.....	15
II.1.3 Etapes communes aux deux produits.....	16
II.1.3.1 Epuration et filtration.....	16
II.1.3.2 Evaporation.....	17
II.1.3.3 Cristallisation.....	17
II.1.3.4 produits de l'opération (cristallisation).....	18
II.1.4 Raffinage du sucre.....	18
II.1.4. 1 Affinage et fonte.....	18
II.1.4.2 Epuration.....	19
II.1.4.3 Décoloration.....	19
II.1.4.4 Concentration.....	19
II.1.4.5 Cristallisation.....	19
II.2 Procédé de fabrication de quelques types de sucres produits en Algérie	20
II.2.1 Sucre liquide.....	20
II.2.1.1 Production à partir de sucre raffiné.....	20
II.2.1.2 Production à partir de la liqueur de sucre brut affiné.....	20
II.3. Co-produits de l'industrie sucrière.....	21
II.3.1 Pulpe.....	21
II.3.2 Mélasse.....	22
II.3.3 Bagasse.....	22
II.3.4 Vinasse.....	22

II.3.5 Déchets organiques..... 23

III. Marché du sucre

III.1 Marché mondial du sucre.....24

III.1.1 Production..... 24

III.1.2 Consommation mondiale du sucre..... 27

III.1.3 Comparaison des coûts de production du sucre de Canne et de Betterave .28

III.2 Production de sucre en Algérie29

III.2.1 Consommation du sucre en Algérie29

III.2.2 Raffinerie en Algérie30

III.2.3. Production du sucre dans les raffineries31

III.2.4. Coûts de production et compétitivité de l'Algérie sur la scène mondiale ..32

Conclusion..... 33

Introduction générale

Le sucre est aujourd'hui un article de consommation de première nécessité. Ce nutriment de la famille des glucides est indispensable au bon fonctionnement de notre organisme. La vulgarisation de la consommation de cette denrée a eu lieu grâce à la découverte de la betterave sucrière au XVII^{ème} siècle (**Ouerfelli, 2008**). Appelée aussi saccharose, c'est une substance extraite du jus de la canne à sucre ou de la betterave sucrière par divers procédés chimiques (**Kleiner, 2007**).

Le sucre joue un rôle majeur dans l'économie mondiale. Il fait vivre dix-huit millions de familles d'agriculteurs et pas moins de 1,8 millions de travailleurs tirent leurs revenus de l'industrie du sucre. Il est ainsi devenu l'une des matières premières naturelles dont l'importance économique est primordiale.

L'industrie sucrière compte parmi les industries agroalimentaires les plus connues et les plus répandues dans le monde. Elle est en disposition de vivre une profonde mutation, le passage du stade artisanal à celui de la production totalement rationalisée et automatisée, une telle évolution entraîne une adaptation profonde des matières premières (**la filière de sucre en Algérie, 2014**).

L'Algérie, à cet égard, est totalement dépendante du marché extérieur, puisqu'elle importe pratiquement la totalité de ses besoins (**la filière de sucre en Algérie, 2014**).

Existe-t-il des sources naturelles de cette substance, dont l'industrie est devenue si importante ? Quelles sont les techniques de fabrications et leurs coproduits, subsiste-t-il des raffineries de sucre en Algérie et sont-elles rentables économiquement et financièrement ?

Il est donc intéressant de connaître, d'une part d'où vient le sucre que nous consommons et son processus technologique ainsi que d'avoir un aperçu chiffré de ce marché relativement complexe.

I. Généralités sur le sucre

Le sucre du table est une substance commercialement importante en raison de sa polyvalence alimentaire et de sa variété de produits industriels. Il joue un rôle unique dans divers aspects de la chimie humaine, de la biologie, de la nutrition, de la physiologie et de la médecine clinique (**Ward Pigman, 1948 ; Salunkhe et Desai, 1988**).

Du point de vue chimique, les sucres sont communément appelées «glucides», ce sont des substances organiques comportant des fonctions carbonylées formés d'une ou de plusieurs unités de poly hydroxy-aldéhyde ou cétones et des fonctions alcool (**Ward Pigman, 1948 ; Cui, 2005 ; Frieder et al., 2010 La filière sucre en Algérie, 2014**)

Les glucides sont formés en premiers au cours de la photosynthèse à partir du CO₂ et de l'H₂O. Ils sont présents à l'état naturel dans tous les fruits et légumes. Le glucose et le Fructose sont liés dans la plante pour former le saccharose, que l'on appelle communément «Sucre ou sucrose» (**Cui, 2005 ; La filière sucre en Algérie, 2014**).

I.1. Types de sucre

Les sucres peuvent avoir une panoplie de caractéristique, peuvent varier de couleur, de saveur, de goût et de grosseur des cristaux. Chaque caractéristique permet au sucre d'avoir des fonctions précises dans les aliments, en plus de leur donner un goût sucré. Il existe plusieurs types de sucres (26 en tout) :

I.1.1 Sucre brut

C'est un produit intermédiaire dans la production de sucre de canne. C'est un produit granulé grossier, produit à la fin du processus de broyage après évaporation du sirop de sucre de canne clarifié (**Payne, 1982 ; Flourich, 2018**).

I.1.2 Sucre blanc ou raffiné

De betterave ou de canne, il contient au moins 99,7% de saccharose pur (généralement plus de 99.9%) ; il a une humidité inférieure à 0,06%, une teneur en sucre inverti inférieure à 0,04. Il est commercialisé dans le monde entier sous différentes formes à savoir granulé, cube, en poudre etc. (**Baikow, 1982 ; Seguí et al., 2015**).

I.1.3 Sucre cristallisé (sucre cristal)

Issu directement de la concentration et cristallisation du sirop, ses cristaux sont plus au moins fins. Il est utilisé surtout pour les confitures, les pâtes de fruits et les décors de pâtisserie (Vergne et al., 2002).

I.1.4 Sucre en poudre

Ce sucre (de canne ou betterave) cristallisé broyé, tamisé est conditionné en paquets de 500g ou 1 kg. Dans certains pays 3% d'amidon de maïs est ajoutée pour prévenir l'agglomération. Très exploité pour la préparation des desserts, pâtisseries, glaces et entremets, et pour sucrer, laitages, boissons, crêpes etc. (Vergne et al., 2002 ; Colonna et al., 2006).

I.1.5 Sucre en morceaux

Il est obtenu par moulage du sucre cristallisé (blanc ou roux), provenant de la canne ou de la betterave, humidifié à chaud puis sécher pour souder les cristaux. Il convient pour sucrer toutes les boissons chaudes, ainsi que pour préparer le sirop de sucre ou le caramel (Vergne et al., 2002 ; Colonna et al., 2006).

I.1.6 Sucre glace

Il s'agit d'un sucre (provenant de la canne ou betterave) cristallisé blanc broyé, très fin, additionné d'amidon (3% maximum). Il se présente sous la forme d'une poudre blanche impalpable et sert pour la pâtisserie (décoration, glaçage), le sucrage (gaufres, crêpes), et les recettes sans cuisson (Vergne et al., 2002).

I.1.7 Sucre roux

Il se compose de 85 à 98% de saccharose et de certaines impuretés, qui lui donnent sa couleur plus ou moins accentuée et sa saveur caractéristique. C'est soit du sucre brut issu de la canne (sucre de canne roux appelé cassonade), soit du sucre de betterave ayant subi au moins deux cycles de cuisson (vergeoise), ou obtenu par cristallisation (sucre roux appelé Candi) soit du sucre blanc coloré avec du caramel (Colonna et al., 2006 ; Flourich, 2018)

I.1.8 Turbinado

C'est un sucre brut partiellement raffiné à partir duquel une partie du film de la mélasse a été éliminée. Sa couleur varie de doré à brun avec de gros cristaux et une saveur douce de canne (Colonna et al., 2006 ; Kent et al., 2017 ; Flourich, 2018) .

I.1.9 Sucre liquide (sirop de sucre)

C'est une solution de sucre soluble dans l'eau, de saveur douce, provenant de la canne ou de la betterave. Elle est claire contenant un sucre hautement raffiné. Contient au moins 62% de matières sèches (dont moins de 3% de sucre inverti), destinée aux industries alimentaires (Delgado et Casanova, 2001 ; Colona et al., 2006 ; Asadi, 2007).

I.1.10 Sucre inverti (ou interverti)

Obtenu par hydrolyse (partielle ou totale) du saccharose en milieu aqueux par voie acide par l'action de la chaleur en présence d'un catalyseur (acide tartrique ou citrique) ou enzymatique par l'action d'une enzyme spécifique : l'invertase. Très utilisé pour inhiber la recristallisation des solutions de sucre. Plus soluble que le saccharose, de viscosité élevée et très hygroscopique, il est utile pour réguler l'activité de l'eau de certaines confiseries (Grabkowski, 2001 ; Colona et al., 2006 ; Asadi, 2007).

I.1.11 Sirop de glucose

Solution aqueuse purifiée et concentrée de saccharide nutritif obtenu à partir de l'amidon et/ou de l'inuline. Le sirop de glucose présente une teneur en équivalent dextrose non inférieure à 20,0% m/m (exprimée sous forme de D-glucose sur la base du poids sec) et une teneur en solides totaux non inférieure à 70,0% m/m (Baker et al., 1997 ; CODEX STAN, 1999 ; Hull, 2010).

d'autres sucres commercialisés sont retrouvés sous le nom de dextrose anhydre, monohydraté, en poudre, lactose et fructose (CODEX STAN, 1999).

I.2 Source de sucre

Le sucre est produit dans toutes les plantes contenant de la chlorophylle. On le trouve dans presque tous les fruits et légumes et dans une panoplie d'arbres à l'instar dattier, érable, palmier, saule, mélèze, frêne etc. il est trouvé également dans les racines, les feuilles et les

tiges des plantes (canne, betterave, carotte, petits pois, patate douce, etc.), dans les fleurs (dahlia, lupin, etc.), dans les Sécrétions d'animaux (miel, lait, etc.)

(Hajós-Novák, 2009 ; Flourish, 2018).

Il existe une plante aromatique, la stevia, connue en Amérique. La richesse de ses feuilles en substances bioactives à l'instar des glycosides diterpènes au goût sucré, parmi lesquels le stévioloside et rebaudioside sont à l'origine d'une grande considération industrielle **(Carakostas et al., 2008 ; Abou-Arab et al., 2010).**

Si quelques-unes de ces sources sont exploitées à savoir le sucre d'érable au Canada, sucre de coco et de palme en Thaïlande, sirop de maïs aux USA, de datte au Pakistan, la betterave et la canne constituent les deux principales sources mondiales de sucre **(FAO, 1994 ; Hajós-Novák, 2009)**.

I.2.1 Canne à sucre

La canne à sucre est une plante cultivée principalement pour la production du sucre extrait des tiges (ou chaumes), appartenant au genre *Saccharum* (famille des Poaceae ou graminées, sous-famille des Panicoideae), Historiquement quatre espèces de cannes ont été domestiquées, principalement *Saccharum officinarum*, mais les cultivars modernes forment un ensemble d'hybrides complexes issus principalement de croisements entre *Saccharum officinarum* et *Saccharum spontaneum*, avec des contributions de *Saccharum robustum*, *Saccharum sinense*, *Saccharum barberi*, et de plusieurs genres apparentés tels que *Miscanthus*, *Narenga* et *Erianthus* **(D'Hont et al., 2002 ; Soopramien, 2002 ; Boreslien, 2009).**

Originaire de Nouvelle Guinée, la canne à sucre produit du saccharose et de nombreux produits exploités dans le secteur de la cosmétique et de la pharmaceutique **(Kumar Mukherjee, 1957 ; Rondeau, 2002 ; Uppal et al., 2008).**

C'est une grande graminée herbacée à port de roseau, d'une hauteur allant de 2,5 à 6 m. Les tiges peuvent atteindre entre 2,5 à 6 m, selon les variétés. Leur écorce épaisse et lisse va du jaune au violet. Les feuilles sont alternes (Figure 1), réparties en deux files opposées. L'inflorescence est une panicule terminale de cinquante centimètres à un mètre de long. En

culture, la canne est généralement coupée avant floraison (**KumarMukherjee, 1957 ; Duke, 1983 ; Godshall et Legendre, 2003**).



Figure 1: Canne à sucre (**Wiswanathan et al., 2017**).

I.2.1.1 Composition chimique

La canne à sucre est constituée de deux éléments principaux ; la fibre et le jus. La fibre est le ligneux qui représente l'ensemble des insolubles de la canne (figure 2). En contrepartie le jus est constitué essentiellement d'eau et des impuretés (**Canilha et al., 2012**).

Généralités sur le sucre

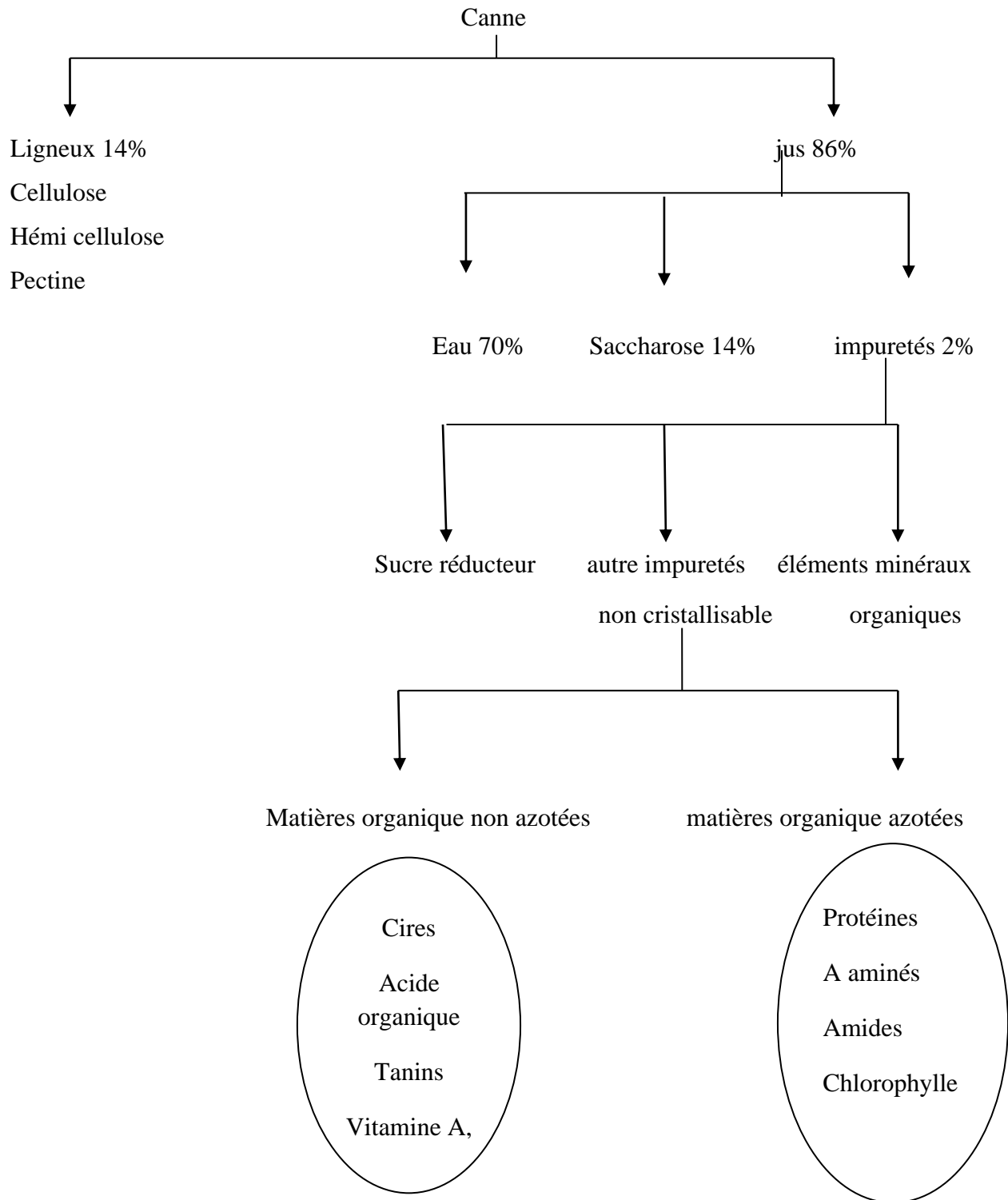


Figure 2 : Composition chimique de la canne à sucre (Canilha et al., 2012).

I.2.2 Betterave sucrière

La betterave sucrière (*Beta vulgaris*), est une plante généralement cultivée pour sa racine charnue exploitée principalement pour la production du sucre. Elle est bisannuelle de la famille des chénopodiacées. Elle peut mesurer environ un mètre de haut. La partie aérienne est formée de feuilles larges, ovales et allongées (Figure3), organisées en corolle. C'est la racine pivotante, d'une vingtaine de centimètres de long et généralement de couleur blanche pour cette variété, qui renferme les réserves en sucre (Elliott et Weston, 1993 ;Clark, 2003)



Figure 3 : Betterave sucrière (*Beta vulgaris*)(Zicari et al., 2019).

I.2.2.2 Composition chimique

Le sucre est réparti inégalement dans la racine. De façon générale, des différences d'environ 5,5 % et de 11 % pour le contenu en sucre et la pureté respectivement, peuvent être remarquées selon différentes sections de la racine. Des protéines, pectines, minéraux (potassium et sodium), acides organiques, etc. constituent les composants non-sucrés. Tel qu'indiqué au Tableau I.

(Arzate, 2005 ; Asadi, 2007 ; Zicari et al., 2019).

Généralités sur le sucre

Tableau I : Composition moyenne de la betterave sucrière (Source : Pennington et Baker, 1990).

Composant	Teneur (%)
Eau	75.9
Non-sucrés	2.6
Sucre	16.0
Pulpe	5.5
Totale	100.0

Elle croît dans les climats modérément froids, mais elle peut s'adapter aux climats très froids et plus chauds. En Europe, elle croît presque partout, de la Turquie aux pays nordiques (Suède, Danemark et Finlande). Contrairement à la betterave sucrière, la canne à sucre est uniquement cultivée dans les régions tropicales. Seulement quelques pays au monde (Etats-Unis, Espagne, Iran, Egypte, Maroc et Pakistan) disposent des conditions favorables pour les deux cultures (Van Der Poel et al., 1998 ;Asadi, 2007).

II. Transformation du sucre et Co- produits

II. 1 Technologie sucrière

L'objectif des sucreries est de démarrer d'une matière première la plus pure possible, 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**).

II.1.1 Etapes de transformation spécifiques de la betterave sucrière

Afin de conserver leur richesse en sucre, les betteraves doivent être transformées rapidement, car une fois extraites du sol leur teneur en sucre diminue rapidement. C'est pour cette raison que les sucreries sont implantées à proximité des zones de culture, dans un rayon de 30 km en moyenne. Dès leur récolte, les betteraves passent à travers différentes étapes avant de se rendre à la sucrerie (**Arzate, 2005 ; Zicari et al., 2019**).

II.1.1.1 Réception et prétraitements

Une série de machines automatiques effeuillent, décollent, arrachent, alignent et chargent les betteraves dans les camions ou dans les wagons de train qui les transportent à la sucrerie (figure 4)



Figure 4 : Approvisionnement des betteraves (**Arzate, 2005**).

Une fois les betteraves arrivées à l'usine, plusieurs échantillons y sont prélevés pour évaluer la masse de terre qui adhère aux racines, ce qui est appelé tare terre (Généralement 0,5% à 2%) (McGinnis, 1971 ; Arzate, 2005 ; La filière sucre en Algérie, 2014).

II.1.1.2 Déchargement et stockage

Le déchargement de la betterave s'effectue généralement par deux méthodes ; par déchargement hydraulique (humide) ou par un déchargement à sec.

Elles sont par la suite stockées dans des silos réservés à cet effet pendant une durée moyenne de deux jours. Pendant cette période, le métabolisme respiratoire de la plante continue de se faire, il faut donc qu'elle soit la plus courte possible afin d'éviter une trop grande déperdition en sucre. (Asadi, 2005 ; La filière sucre en Algérie, 2014 ; Zicari et al., 2019)

II.1.1.3 Lavage et découpage

La première opération de transformation consiste à laver les betteraves. Elles sont acheminées par bande transporteuse ou par un convoyeur à vis vers des lavoirs pour les débarrasser de toutes impuretés à l'instar la terre, de l'herbe, des graviers ainsi que des autres corps étrangers (le mélange obtenu, herbes, radicules et feuilles est généralement mélangé avec les pulpes qui sortent du diffuseur et envoyé vers les presses). Le matériel utilisé à cet effet est en principe constitué d'un trommel, d'un épierreur et d'un tapis balistique. (Asadi, 2005 ; La filière sucre en Algérie, 2014 ; Zicari et al., 2019).

II.1.1.4 Découpage en cossettes

Les racines lavées sont envoyées dans des coupe-racines (Figure 5) dont les couteaux entraînés par un disque de grand diamètre les découpent en fines lanières assez rigides appelées « cossettes » Elles sont de forme faîtière (une longueur de 5 à 6 cm et une épaisseur de 0,9 à 1.3mm). L'objectif de cette étape est d'accélérer les phénomènes de transfert de matière lors de l'étape d'extraction (Van der Poel et al., 1998 ; Asadi, 2005 ; La filière sucre en Algérie, 2014).

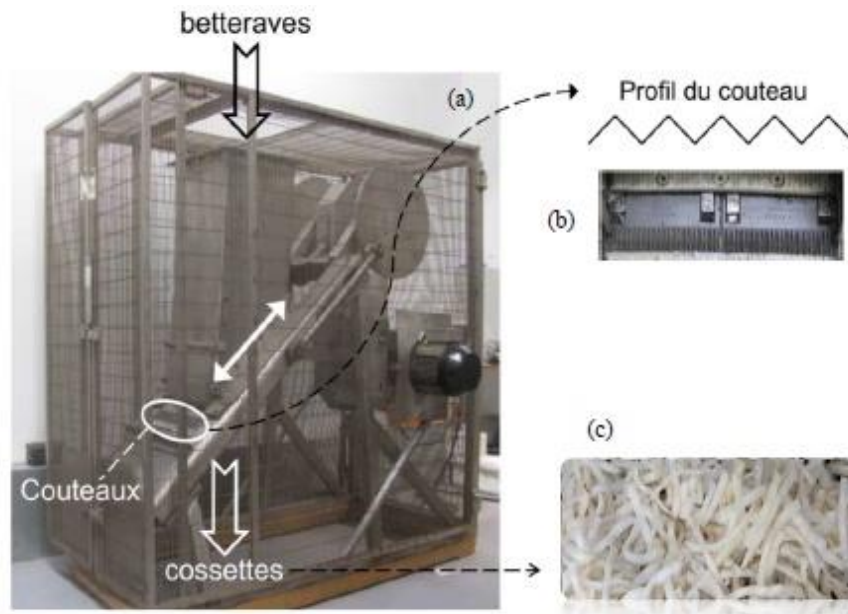


Figure 5: Equipement et principe de découpage de la betterave à sucre: (a) coupe racines, (b) couteau industriel, (c) cossettes de betterave à sucre (Almohammed, 2017).

II. 1. 1. 6 Extraction par diffusion de sucre

Le but de cette étape est d'extraire le saccharose contenu dans les cellules de betterave tout en limitant le transfert d'impuretés (non-sucre) dans le jus extrait. Le mécanisme de l'extraction est lié à la structure de la cellule végétale (Decloux, 2002 ; Asadi, 2007).

Industriellement, les cossettes fraîches subissent tout d'abord un échaudage rapide de quelques minutes à haute température (90-95 °C) afin de perméabiliser l'ectoplasme des cellules. Les cossettes échaudées sont ensuite introduites dans le diffuseur où elles circulent à contre courant de l'eau chaude à 70-75 °C (Figure 6).

Le phénomène de diffusion est basé sur la migration des molécules de saccharose d'une zone à concentration élevée (milieu intracellulaire) (Figure 7) vers le solvant d'extraction à faible concentration. Les cossettes entrent en tête du diffuseur et se déplacent en cédant le saccharose au solvant d'extraction (l'eau chaude) qui circule dans le sens inverse. Le temps de diffusion varie de 60 à 90 min en fonction de la température de diffusion et du type de diffuseur. (Arzate, 2005 ; Asadi, 2007 ; Lipnizki, 2010 ; Zicari *et al.*, 2019).

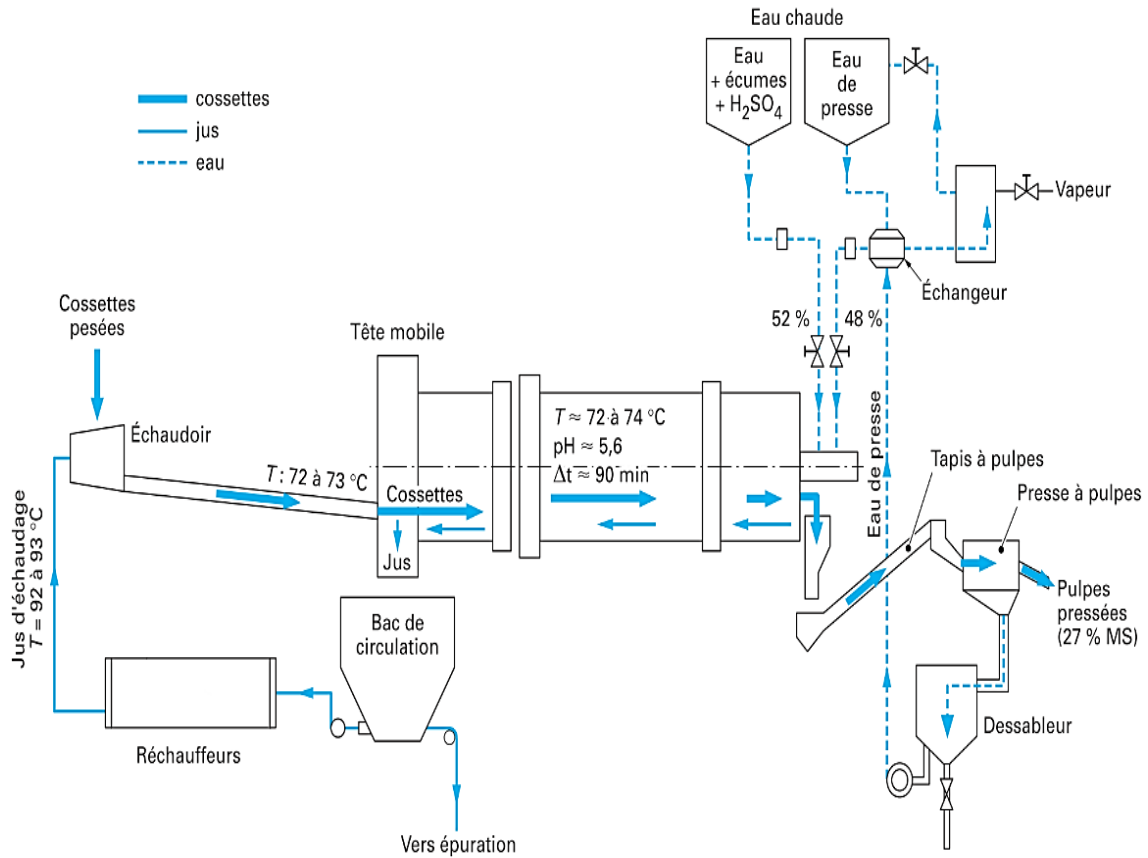


Figure 6: Schéma de l'extraction en sucrerie betteravière (Decloux, 2002).

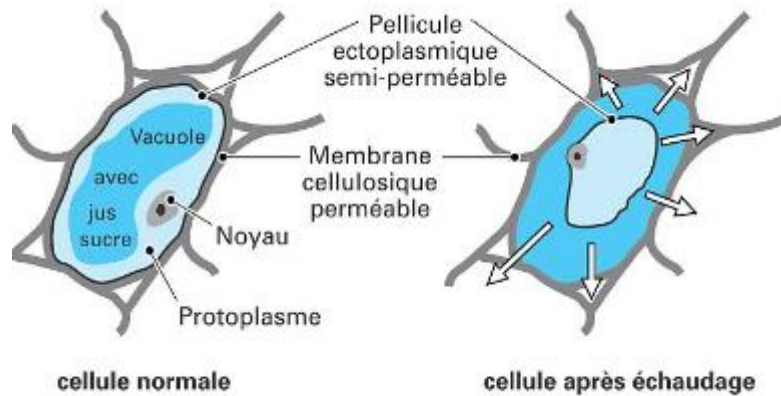


Figure 7 : Cellule de la betterave à sucre avant et après le traitement thermique (Decloux, 2002)

II.1.1.7 Produits de la première opération

A la sortie du diffuseur, on obtient :

- Un jus brut de diffusion, avec un aspect noir-grisâtre et opalescent, il est légèrement acide ($\text{pH} \approx 5,5-6$) et il contient environ 84 % d'eau, 14,5 % de saccharose et 1,5 % de non-sucre ;
- Les cossettes épuisées, appelées pulpes, avec une faible teneur en saccharose de l'ordre de 0,2-0,3 % et une humidité de 88-90 %. Les pulpes humides sont ensuite surpressées, séchées et utilisées en alimentation animale ;
- Certaines de ces impuretés peuvent être à l'état colloïdal tel que les protéines, les pectines et les saponines. Pour des raisons économiques, les eaux de presse sont réchauffées jusqu'à 90 °C et réinjectées dans le diffuseur (**Huberlant, 1984; Van der Poel et al., 1998 ; Arzate, 2005; Asadi, 2007**).

II. 1. 2 Etapes de transformation spécifiques au sucre de canne

La canne doit être fraîchement récoltée et lavée pour éviter sa décomposition. En effet, la qualité finale du produit peut être affectée si des contraintes de stockage ne sont pas respectées. La décomposition de la canne se caractérise visuellement par l'apparition d'une couleur terne et noirâtre (**Godshall et Legendre, 2003 ; Arzate, 2005 ; Clark et Godshall, 1988**).

II.1.2.1 Réception et lavage

Lors de la réception des cannes, les chargements sont pesés puis contrôlés pour leur richesse saccharine (**Clark et Godshall, 1988 ; Godshall et Legendre, 2003**). Pour le lavage, il est facultatif. Cette étape contribue à réduire la contamination du jus par les impuretés, la paille et autres matériaux (**Godshall et Legendre, 2003 ; Arzate, 2005 ; Colonna et al., 2006**).

II.1. 2.2 Découpage et le broyage

Une fois les cannes arrivées à l'usine, elles doivent être traitées immédiatement (maximum : une demi-journée après la coupe). En effet, plus le temps entre la récolte et le traitement est long, plus le rendement en sucre est faible. Les cannes sont coupées en tronçons à l'aide de coupe-cannes (défibreurs). Ils 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 (La filière sucre en Algérie, 2014 ; Colonna *et al.*, 2006 ; Sahu, 2018).

II.1. 2.3 Extraction

Lors de l'extraction, les morceaux de cannes passent par une série de trois moulins cylindriques successifs, montés en triangle, tournant lentement (4 à 6 tr /min). Du premier moulin, sort ce que l'on appelle le « vesou ». Ils subissent deux broyages dans chaque moulin. Le jus est récupéré, il est envoyé aux divers stades du traitement (jus de première pression) ou au contraire recirculé dans les moulins « jus mélangé » (Panda, 2000 ; Arzate, 2005 ; Colonna *et al.*, 2006).

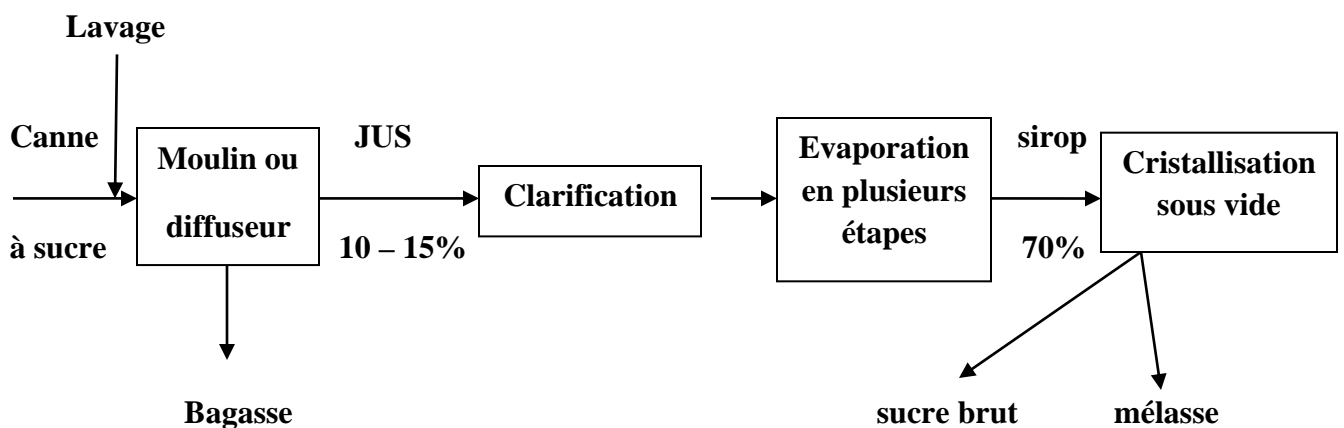


Figure 8: Processus de fabrication de sucre de canne brut en sucrerie ou en usine. (Clarke, 1988)

II.1.2.4 Produits de la première opération

Les moulins permettent d'extraire 92 à 96% du saccharose contenu dans la canne. Il est obtenu après extraction :

- Jus (vesou): De couleur brune assez trouble avec une composition, différente à celle du jus de la betterave. Il est notamment riche en sucres réducteurs et en composants phénoliques qui favorisent le développement des couleurs foncées (Paturau, 1989 ; Arzate, 2005).
- Bagasse : Résidu ou sous-produit fibreux résultant de la première opération (extraction du jus de canne à sucre). Il est essentiellement constitué de cellulose et

d'hémicellulose, peut être utilisé comme combustible au niveau de l'entreprise elle-même ou dans des centrales qu'elle alimente en biomasse (c'est le cas par exemple des centrales bagasse / charbon). Elle peut également être destinée à une autre industrie de transformation comme celle de la trituration par exemple (**Paturau, 1989 ; La filière sucre en Algérie, 2014 ; Rabelo et al., 2015**).

II.1.3 Etapes communes aux deux produits

II.1.3.1 Epuration et filtration

Le but principal de l'épuration est de séparer les composants non-sucrés du jus (ou vesou) par précipitation ou tamisage, ensuite par chauffage, puis par sédimentation ou filtration. Ainsi, il est usuel d'épurer le jus par chaulage (ajout de la chaux – CaO) et carbonatations successives (ajout d'anhydride carbonique) (**Arzate, 2005 ; La filière sucre en Algérie, 2014 ; Cooper, 2006**).

Le processus dit d'épuration ou de purification se fait généralement par chaulage simple (Défécation) dans le cas de la canne à sucre ou de chaulage et carbonatation dans le cas de la betterave sucrière.

Le jus est par la suite chauffé (80- 85°C) dans des réchauffeurs afin de favoriser l'insolubilisations du flocculat, et mis en présence d'un barbotage à l'anhydride carbonique. Celui –ci provoque la formation de carbonates de chaux, qui en se déposant entrainera les impuretés. Pour éviter le redissolution des impuretés, une certaine alcalinité est laissée au jus (pH=11) (**Paturau, 1989 ; Arzate, 2005 ; Cooper, 2006**).

Dans un clarificateur, le jus décante et les impuretés noires ou « boues » se déposent au fond. Les boues récupérées au fond du décanteur sont mélangées avec des adjuvants de filtration et sont filtrées (filtres rotatifs sous vide). Le jus obtenu est renvoyé en épuration, tandis que la boue (ou écumes) devient un sous-produit (**Hugot, 1987 ; Arzate, 2005 ; Cooper, 2006**).

II.1.3.2 Evaporation

Le jus épuré passe ensuite dans une série d'évaporateurs, pour la concentration et l'élimination d'une partie de l'eau contenu dans le jus. A la sortie des caisses, le jus concentré est appelé sirop.

Le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression réduite (évaporation à simple effet), qui sont en nombre de 5 (125 à 130 °C) et sous vide pour le dernier (85 °C) pour éviter la caramélisation du sucre. Un sirop jaune paille très dense sort de l'évaporateur et est éventuellement entreposé pour être cristallisé plus tard. Ce sirop contient environ 60% à 70% de saccharose et 1 % d'impuretés dissoutes (**Arzate, 2005 ; Colonna et al., 2006 ; Cooper, 2006**).

II.1.3.3 Cristallisation

La cristallisation permet la transformation du sucre de l'état liquide (le sirop récupéré après évaporation) qui contient encore des impuretés à l'état solide ou granulé avec une pureté élevée (**Arzate, 2005 ; Cooper, 2006**).

Elle est généralement réalisée en trois «jets », chaque jet est constitué lui-même de trois étapes principales ; cuisson, malaxage et essorage.

Une alimentation du premier jet s'effectue par la liqueur standard (solution qui résulte du mélange de différents produits). Cette liqueur va subir en premier lieu une cuisson ce qui va induire la formation de cristaux. Pour déclencher la cristallisation, on introduit du sucre en poudre (très fins cristaux bien calibrés), c'est ce qu'on appelle l'ensemencement. Les noyaux de cristaux se forment spontanément, les cristaux se développent jusqu'à ce qu'ils aient atteint la taille désirée. Des cristaux en suspension dans un sirop sont alors obtenus, c'est la masse cuite et le sirop prend le nom du sirop-mère, ou l'eau-mère (**Clarke, 1988 ; Arzate, 2005 ; Colonna et al., 2006**).

La masse cuite sera refroidie lentement dans des malaxeurs puis centrifugée dans desessoreuses pour en séparer les cristaux de l'eau mère, ou ce qu'on appelle l'égout pauvre. La surface des cristaux est par la suite lavée par pulvérisation d'eau, on parle de clairçage (**Clarke, 1988 ; Clarke, 2003 ; Arzate, 2005**).

A partir du premier jet, un sucre humide est obtenu et sera séché, refroidi et tamisé puis acheminé vers une unité de stockage ou conditionné dans des ateliers spécialisés avant expédition. Un égout pauvre est également et subira une deuxième cuisson puis une troisième.

Le sucre du deuxième jet est ajouté à celui obtenu du premier jet et peuvent être directement commercialisés. En ce qui concerne le troisième jet, c'est un jet d'épuisement où l'on obtient un sucre roux qui est recyclé et une eau-mère, appelée mélasse, dans laquelle sont concentrées toutes les impuretés introduites dans l'atelier de cristallisation (Clarke, 2003 ; Arzate, 2005 ; Colonna et al., 2006).

II.1.4.4 Produits de l'opération (cristallisation)

- Sucre humide du premier, deuxième et troisième jet ;
- Mélasse : Représente environ 3% à 6% de la quantité de matière première utilisée. Se présente sous la forme d'un sirop visqueux très épais, avec une odeur très prononcée. Elle contient des quantités variables de saccharose (généralement entre 40% et 50%), du sucre inverti et des composants inorganiques non-sucrés. Elle peut être utilisée dans l'alimentation animale ou humaine quand elle subit une transformation. Dans certaines régions, elle peut remplacer la confiture ou le sucre dans des préparations. Elle peut également entrer dans l'industrie de la distillerie (Arzate, 2005 ; la filière sucre en Algérie, 2014).

II. 1. 5 Raffinage du sucre

C'est une industrie complémentaire à la sucrerie, raffinerie, elle traite les sucres bruts. Le sucre brut subit plusieurs étapes de transformation pour aboutir à un produit final qui est le sucre blanc à haute pureté (Clarke, 1989;Colonna et al., 2006 ; La filière sucre en Algérie, 2014).

II.1. 5. 1 Affinage et fonte

Le sucre brut est déchargé et entreposé en piles. Il est conduit par la suite à une station dite « Station d'affinage ». L'affinage consiste à éliminer les couches d'impuretés présentes à la surface des cristaux du sucre brut. Le sucre est déversé dans un malaxeur et mélangé par un brassage à un sirop chaud légèrement sous-saturé (favorise la dissolution superficielle des cristaux) (Clarke, 1989 ; Donovan, 2003 ; Colonna et al., 2006).

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 pour donner « un sirop de fonte ».

Le sirop de fonte obtenu est acheminé vers des séparateurs (tamiseuses) afin de débarrasser le sirop de fonte des déchets grossiers qui sont recueillis dans un bac à déchets (**Clarke, 1989 ; Donovan, 2003**).

II.5.2 Epuraton

L'épuration permet d'éliminer les impuretés incluses dans le système cristallin de sucre affiné, tout en ajoutant certains produits à la fonte pour agglomérer le floculant formé et faciliter la filtration. Le sucre affiné est dissous dans de l'eau chaude. Le sirop trouble formé est alcalinisé par addition de lait de chaux. Les impuretés sont retirées par flottaison et filtration (**Donovan, 2003 ; Arzate, 2005**).

II.5.3 Décoloration

Cette opération permet l'élimination des matières colorantes restantes, par adsorption sur résines anioniques fortement basiques. La décoloration du sirop se fait en deux étapes. Le sirop passe d'abord dans des citernes remplies de « noir animal » (particules calcinées d'os de bœuf). Par la suite, le sirop passe par des colonnes de résines complétant ainsi la décoloration. Le sirop est presque aussi limpide que l'eau (**Donovan, 2003 ; Arzate, 2005**).

II.5.4 Concentration

Avant de cristalliser le sirop, il est concentré dans un évaporateur, les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour les besoins de chauffage durant le process. Le sirop initialement a environ 58% de brix et se retrouve à la sortie du concentrateur à 72° brix (**Donovan, 2003**).

II.5.5 Cristallisation

Lorsque le sirop est concentré jusqu'à une certaine viscosité, le sirop concentré est introduit dans des cuites pour sa cristallisation. Cette dernière se fait dans des chaudières à cuire pouvant produire jusqu'à 50 tonnes de sucre à la fois. L'introduction d'une semence (cristaux fins), permet d'amorcer la cristallisation par introduction progressive de sirop (**Theoleyre, 1999 ; Donovan, 2003**). À partir de cette étape le sucre suit les mêmes opérations décrites précédemment (Voir page 17).

II.2 Procédé de fabrication de quelques types de sucres produits en Algérie

II.2.1 Sucre liquide

Le saccharose liquide est produit soit par la dissolution du sucre raffiné, soit par décoloration de la liqueur de sucre brut purifiée, dans le dernier cas, une diminution de la teneur en cendres est recommandée. Il est principalement utilisé dans la production de lait condensé et de crème glacée (**Delgado et de Armas Casanova, 2001 ; Rousset, 2010**)

II. 2.1.1 Production à partir de sucre raffiné

D'après **Delgado et de Armas Casanova (2001)**, en général la production suit les étapes suivantes :

- Dissolution du granulé raffiné dans une eau de meilleure de qualité ;
- Chauffage de la solution à une température entre 70 et 80 °C afin de dissoudre les cristaux et de stériliser la solution formée ;
- Ajustement automatique des solides solubles à un taux de 65,0 à 67,5 ° Brix ;
- Refroidissement de la solution liquide de saccharose à température ambiante ;
- Un traitement avec du charbon actif suivi d'une filtration peut être appliqué dans le traitement de la liqueur (décoloration) si nécessaire.

II.2.1.2 Production à partir de la liqueur de sucre brut affiné

Le sucre liquide peut également être produit à partir de la liqueur de sucre brut affiné après :

- Décoloration de la liqueur par du charbon actif ou du charbon d'os (le noir animal) suivi d'un traitement avec une résine anionique basique forte (si nécessaire) ;
- Concentration par évaporation sous vide à une température ne dépassant pas 60 °C ;
- Refroidissement à température ambiante ;
- Les résines étaient initialement exploitées pour améliorer la décoloration avec du charbon ou du charbon d'os, une décoloration complète peut être également obtenue par un traitement avec des résines échangeuses d'ions ;
- Une étape de désionisation peut cependant être nécessaire si la teneur en cendres est très élevée (**Delgado et de Armas Casanova ; 2001**)

En Algérie, le sucre liquide saccharose produit par l'unité sucre liquide de CEVITAL SPA(Agroalimentaire) est fabriqué à partir du sirop décoloré issu de la raffinerie de sucre,

après déminéralisation, polishing sur charbon actif, pasteurisation filtration stérilisante et concentration (figure en annexe V).

II.3 Coproduits de l'industrie sucrière

L'industrie de la transformation du sucre sert non seulement le régime alimentaire, mais le produit secondaire joue également un rôle important dans la production d'énergie, les médicaments et les produits chimiques. les Co-produits principalement existant ; mélasse, bagasse (Moletta, 2009 ; Moraes et al., 2015 ; Sahu, 2018), pulpe, déchets organiques à l'instar les boues ou écumes (Patuarau, 1998 ; Dotaniya et al., 2016) et la vinasse (Santos et al., 2020).

Un schéma montrant les principaux coproduits de la canne à sucre et betterave sucrière est illustré en annexe (figure en annexe I)

II.3.1 Pulpe

Elle résulte de l'extraction par diffusion du jus sucré des cossettes de betteraves à sucre. Ce sont les « cossettes épuisées », correspondant principalement aux fibres constitutives de la racine de betterave riches en vitamines, protéines et minéraux, elles contiennent également du sucre résiduel. Cette composition en fait d'elle un aliment de choix pour les animaux, notamment pour les ruminants qui les consomment fraîches ou déshydratées.

Elles connaissent aujourd'hui de nouveaux débouchés industriels : agent d'opacification des pâtes à papier, isolants à base de fibres naturelles pour la construction, filtration des effluents industriels (Delgado et de Armas Casanova ; 2001 ; Arzate, 2005 ; Asadi, 2007).

II.3.2 Mélasse

La mélasse désigne le principal sous-produit de préparation du sucre cristallisé à partir de la betterave sucrière, canne à sucre ou de raffinerie. Elle se présente sous forme d'un résidu sirupeux, pâteux visqueux, de coloration brun noirâtre, incristallisable (Solomon, 2011 ; Santos et al., 2020).

Les principaux constituants de la mélasse sont le saccharose (30–35%), le glucose et le fructose (10–25%), les composés non sucrés (2–3%), l'eau et contenu minéral. Les sucres fermentescibles totaux dans la mélasse sont de 45 à 55%. La composition varie en fonction

de la variété, le type de sol, et nature de nutriments appliqués (Solomon, 2011 ; Sardar *et al.*, 2013 ; Sahu, 2018).

Elle est généralement mélangée ou simplement épandue sur le fourrage, outre le fait qu'elles accroissent l'appétibilité, les mélasses se substituent à d'autres glucides plus coûteux. Leurs propriétés laxatives constituent, dans de nombreux cas, un avantage supplémentaire. On ne dépasse pas les doses suivantes dans les aliments secs : bovin : 15%, Ovins: 8%, porcs : 15% et volaille : 5% (Clarke, 2003 ; Arzate, 2005 ; Nikodinovic-Runic *et al.*, 2013).

II.3.3 Bagasse

La bagasse est un résidu pulpeux sec et de nature fibreuse, du stade initial de l'industrie de la canne à sucre après l'extraction du jus. Il contient près de 45 à 50% d'eau, 2 à 5% de sucre dissous et 40 à 45% de fibres (Molleta, 2009 ; Sahu, 2018 ; Santos *et al.*, 2020).

Les principaux composants de la bagasse sont la cellulose (36,0%), les pentosanes (26,0%), la lignine (20,0%) et les cendres (2,2%). Près de 30 à 33% du poids de la canne à sucre / betterave est utilisé comme combustible dans les chaudières pour produire de l'électricité (Stanmore *et al.*, 2010), de l'éthanol (Benjamin, *et al.*, 2014), de l'adsorbant etc.(Salih *et al.*, 2016).

Dans la littérature, un auteur a suggéré quatre alternatives d'utilisation de la bagasse; le compostage pour le convertir en fumier organique; combustion pour la production de vapeur; digestion pour la production de méthane et intrant pour la production de pâte et papier (Saxena *et al.*, 2009).

II.3.4 Vinsasse

Les vinasses sont des coproduits issus de l'industrie sucrière, obtenus lors de la production de sucre et d'alcool à partir de la betterave et canne à sucre. Après cristallisation et extraction du sucre, les sirops sucrés sont dilués et entrent en fermentation sous l'action de levures. La distillation permet de séparer les alcools de la vinsasse qui est ensuite concentrée (Christofolletti *et al.*, 2013 ; Santos *et al.*, 2020)

II.3.5 Déchets organiques

Les déchets organiques, à l'instar les boues de presse ou le gâteau de filtration, sont générés en tant que sous-produit des industries de la canne à sucre. Les impuretés précipitées contenues dans le jus de canne, après élimination par filtration, forment un gâteau de teneur en humidité variable appelé boues filtrantes. Ce gâteau contient en grande partie des anions de matière organique colloïdale qui précipitent lors de la clarification, ainsi que certains non-sucres occlus dans ces précipités.

Riches en sels minéraux et particulièrement en calcium, elles sont valorisées en agriculture comme engrais organique (**Dotaniya et al. 2016 ; Santos et al., 2020**).

III. Marché du sucre

III. 1 Marché mondial

Historiquement, l'approvisionnement et la demande du sucre dans le monde sont caractérisés par un déséquilibre au niveau de l'approvisionnement et de la demande qui se reflète par des prix très volatils dans les marchés mondiaux. Depuis plusieurs décennies, la production mondiale de sucre est supérieure à la consommation, ce qui se traduit par des prix plus faibles et des stocks plus élevés. Il y a aussi eu de courtes périodes où on a eu un déficit, habituellement parce qu'on a eu des problèmes avec les cultures dans les principaux pays producteurs, ce qui cause une forte hausse des prix à court terme, suivie par une baisse aussi marquée(OCDE/FAO, 2019).

III.1.1 Production

Le sucre est produit par plus de 111 pays différents, dont les deux tiers pour la canne à sucre et un tiers pour la betterave. Toutes les parties de la plante sont exploitées et donnent une vaste gamme de produits, allant des produits alimentaires (sucre) ou des aliments pour animaux jusqu'aux bioproduits destinés à l'industrie (produits pharmaceutiques, plastiques, textiles et produits chimiques) en passant par l'éthanol (FOOD OUTLOOK/FAO, 2019 ; OCDE/FAO, 2019).

A l'échelle internationale le sucre s'élève selon FAO (2019) à environ 179,4 millions de tonnes chaque année, dont les trois quarts proviennent de la canne. Le Brésil, l'Inde, l'UE, la Chine et Thaïlande(Figure 9), sont les cinq premiers producteurs mondiaux, représentent les 2/3 de la production mondiale et sont les clés de l'évolution du bilan mondial de ces années (SNFS, 2017 ; FOOD OUTLOOK/ FAO, 2019).

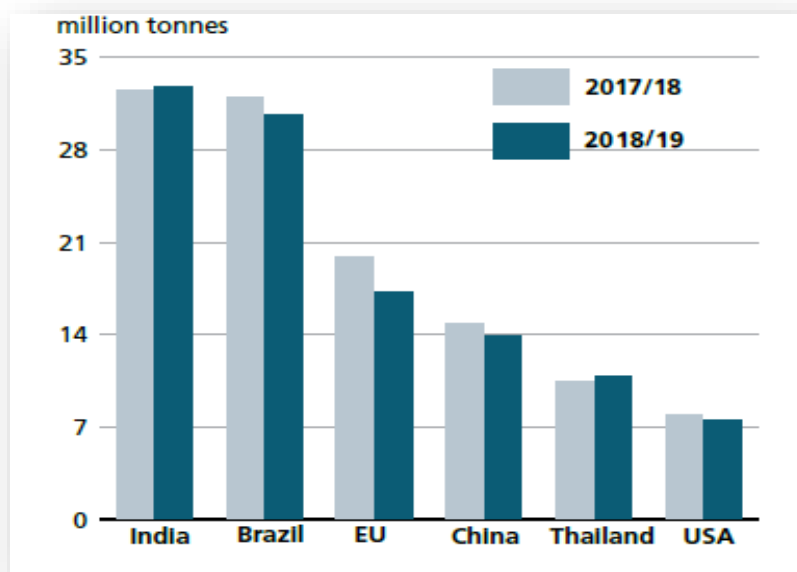


Figure 9 : Principaux producteurs de sucre (FOOD OUTLOOK/FAO, 2019)

La production mondiale de sucre devrait marquer le pas, avec un taux de croissance annuel de 1.5 % sur la période de projection, contre 1.7 % durant la décennie précédente. L'Asie et l'Amérique latine-Caraïbes seront les premières régions productrices. La part de l'Asie dans la production mondiale devrait passer de 39 % durant la période de référence à 42 % en 2028 (OCDE/FAO 2019).

Marché du sucre

Tableau II : La production mondiale du sucre. source : F.O. Licht – World Sugar Balances octobre 2018.

	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Inde	30616	27372	22126	35054	37500
Brésil	34706	40511	42378	32295	31957
UE	19176	15103	17520	21094	19021
Thaïlande	11579	10025	10299	15027	14500
Chine	11474	9459	10096	11207	11650
Etas uni	7836	8153	8131	8399	8465
Pakistan	5630	5560	7697	7172	6635
Russie	4929	5765	6743	7029	6318
Mexique	6180	6314	6411	6155	6150
Australie	5254	4978	4778	4969	4999
10premiers producteurs	137380	133240	135908	148400	147194
%Production mondiale	76.0	76.5	75.7	76.9	76.6

La culture sucrière devrait se développer dans de nombreuses régions du monde, étant donné les possibilités de permutation entre sucre et éthanol qu'elle offre aux sucreries, selon la rémunération respective de ces deux productions. La canne à sucre représente environ 86 % des cultures sucrières et la betterave à sucre, le reste.

Le Brésil conservera son titre de premier producteur de sucre et d'éthanol issu de la canne à sucre : en 2028, il produira en effet 37 % de la canne à sucre cultivée dans le monde (Figure 10), 18 % du sucre et 88 % de l'éthanol de canne à sucre produits dans le monde (contre 19 % et 91 % respectivement, durant la période de référence) (OCDE/FAO, 2019).

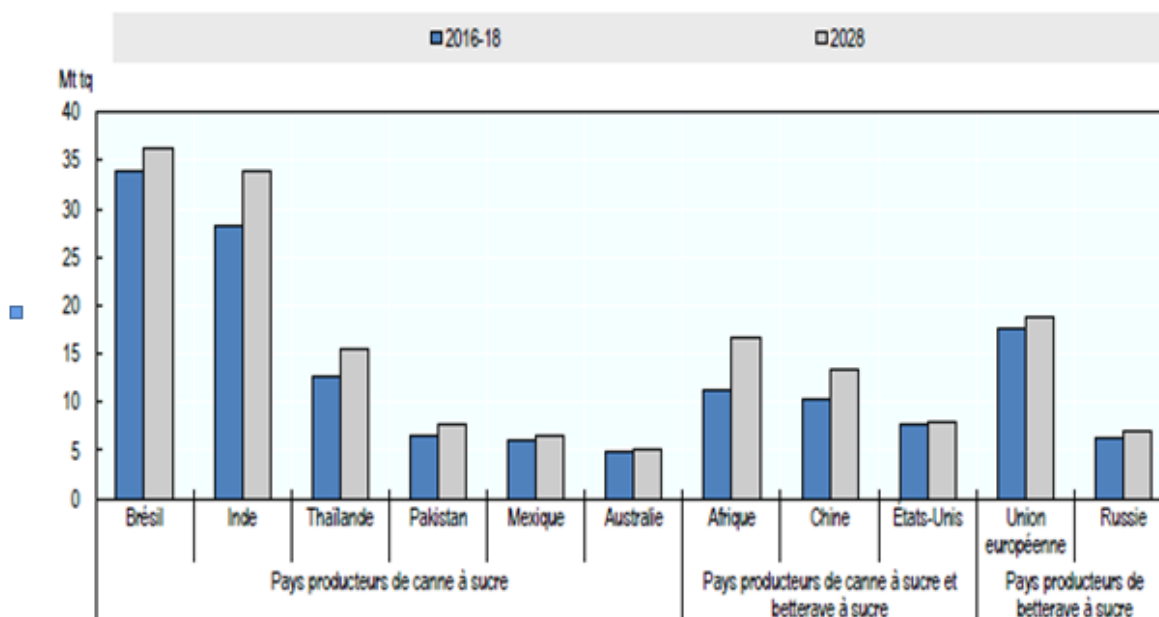


Figure 10 : Production de sucre par type de culture (OCDE/FAO 2019)

III.1.2 Consommation mondiale du sucre

Le sucre a toujours été un produit stratégique de par son importance dans la sécurité et dans les habitudes alimentaire du pays (ISO, 2019).

La consommation mondiale de sucre s'élevait à 172,6 en 2018/2019 et devrait augmenter à environ 177,8 millions de tonnes métriques d'ici 2020/2021. Avec l'augmentation du commerce mondial, une meilleure technologie agricole, entre autres raisons, le sucre est moins cher et plus largement disponible que jamais (OCDE /FAO, 2019).

Selon OCDE /FAO (2019), ces dix prochaines années la consommation mondiale de sucre devrait être tirée surtout par les pays en développement avec un taux de 98% de la demande supplémentaire. L'Asie, l'Inde, Indonésie et le Pakistan devraient connaître la plus haute de consommation de sucre(Figure10).

En chine est dans PMA d'Asie la consommation est très faible 10kg/habitant par an et sa progression annuelle reste identique à celle de ces dix dernières années de raison que les habitants compte tenu du peu de goût pour les produits sucrés.

En Afrique la consommation mondial de sucre est d'un taux 27% ou la consommation est faible par rapport à d'autre régions, l'Egypte et plusieurs pays d'Afrique subsaharienne

sont connue par une forte consommation du sucre 11Kg par an comme dans les PMA d'Afrique et Nigéria. (OCDE /FAO 2019).

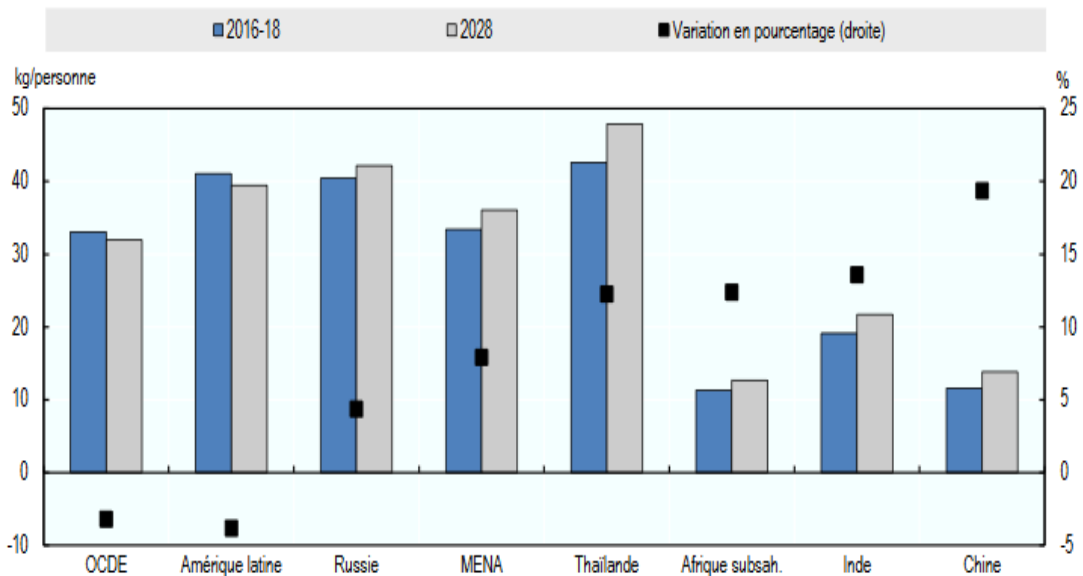


Figure 11 : Demande de sucre par habitant dans les principaux pays et régions (OCDE/FAO 2019).

III.1.3 Comparaison des coûts de production du sucre de canne et de betterave

Une des grandes spécificités du sucre est d'être produite à partir de deux plantes différentes, aussi bien en ce qui concerne leurs lieux que leurs modes de culture.

Au niveau des coûts de production, la canne à sucre est plus compétitive que la betterave. Son coût devient représentatif environ les six dixièmes de celui de sa concurrente. Ce sont principalement les coûts de culture qui conduisent à cette différence car les coûts de production de la canne sont environ deux fois inférieurs à ceux de la betterave. Plusieurs facteurs jouent un rôle déterminant dans ce processus à l'instar des coûts faibles de l'énergie de la transformation de la canne à sucre; ainsi que le niveau élevé de saccharose extrait (La filière sucre en Algérie, 2014).

III.2 Production du sucre en Algérie

L'Algérie importe la quasi-totalité de sa consommation de sucre. Pourtant, il n'en pas toujours été ainsi. La structure de la filière sucre, après l'indépendance est passée par trois étapes

- ✓ Production de sucre blanc à partir de la transformation de la betterave à sucres ;
- ✓ Production de sucre blanc à partir de la transformation de la betterave à sucre et du traitement de sucre roux d'importation ;
- ✓ Production de sucre blanc à partir du traitement de sucre roux d'importation (raffinage) (**La filière sucre en Algérie, 2014 ; Belaid, 2016**).

Aujourd'hui Il n'existe aucune production locale de sucre en Algérie à 100%. En effet, l'absence de canne à sucre ou de betterave, l'Algérie fait recours, systématiquement, aux importations du sucre brut pour une valeur moyenne de 570,78 millions de dollars annuellement.

Les besoins croissants de la consommation de cette denrée, qui sont estimés à plus d'un million de tonnes par an, sont loin d'être satisfaits par la production locale (L'Algérie a importé pour 570,78 millions de dollars de sucre en 8 mois, 2016). Le sucre roux est vendu aux raffineries qui procèdent à son traitement : redissolution, épuration par le même procédé, recristallisation, séparation, par essorage dans des centrifugeuses, de la phase solide qui est du sucre blanc, de la phase liquide qui est une forme de sirop dite « égout » et qui reviendra à l'épuration (**La filière sucre en Algérie, 2014**).

III.2.1 Consommation de sucre en Algérie

Les dernières statistiques indiquent que l'Algérie occupe la cinquième place parmi les destinations qui en consomment plus que ses besoins. L'excès et le non-contrôle peuvent être dus à la mauvaise santé des consommateurs coïncidant avec la propagation terrible du diabète ces dernières années en l'absence d'une culture de consommation (**Benbouali, 2017**).

D'après le Centre national de l'informatique et des statistiques des douanes (CNIS), la consommation par rapport à 2012, estimée à 343,67 millions de dollars, a enregistré une hausse de 36,47% en 2017.

D'après les statistiques de 2017, La consommation moyenne de sucre en Algérie est de l'ordre de 40 kg par habitant et par an au lieu de 25,5kg. Actuellement, la consommation de sucre serait de 1,3 millions de tonnes/ an. L'évolution des prix à la consommation en rythme annuel de l'Algérie a été de 2,2% jusqu'à octobre 2019, d'après l'Office national des statistiques (ONS, 2019).

Le besoin futur pour le pays serait de l'ordre de 2 millions de tonnes/ an. Grâce à la création de la Grande Raffinerie Oranaise de Sucre (à Oran), le besoin national en termes de sucre raffiné serait de l'ordre de 2,5 millions de tonnes/ an. Cette forte consommation peut être expliquée par:

- L'augmentation de la population;
- Le soutien des prix;
- Les habitudes alimentaires;
- La contrebande de sucre aux frontières (Benbouali, 2017).

III.2.2 Raffineries en Algérie

L'industrie sucrière Algérienne se limite aujourd'hui à deux entreprises complètement déconnectées de l'agriculture locale. D'un côté, une entreprise privée «Cevital» en pleine croissance et qui ambitionne de couvrir la totalité de la demande locale et d'exporter sur le marché mondial. De l'autre, une entreprise publique «Enasucré» qui rencontre des grandes difficultés pour se maintenir sur le marché. Ces deux entreprises interviennent dans un environnement où le rôle de l'état est considérablement affaibli (Achabou, 2008).

Au lendemain de l'indépendance, certaines mesures ont été préconisées afin de limiter la dépendance alimentaire vis-à-vis des marchés extérieurs. Le sucre est considéré comme un aliment essentiel entrant dans la composition calorique de la ration alimentaire de base, n'a pas échappé à cette optique: donc l'installation d'une industrie sucrière est une nécessité. (La filière sucre en Algérie, 2014)

C'est ainsi que dès 1966 une première sucrerie a été installée dans la région d'EL-Khemis, suivie par la mise en place d'une culture betteravière a été confrontée à des difficultés (qualité médiocre et la non adaptation de la betterave, insuffisance des pluies et moyens d'irrigation...) compte tenu de ces difficultés, l'activité sucrière a été délaissée au profit de raffinage à partir du sucre roux d'importation. Les raffineries du sucre en Algérie:

Marché du sucre

En Algérie il existe 3 raffineries publiques et une raffinerie privée

➤ **Public** : (ENASUCRE) (entreprise nationale du sucre) a été fondée en décembre 1982

-Raffinerie de GUELMA.

-Raffinerie de KHEMIS MALYANA

-Raffinerie de MOSTAGANEM.

➤ **Privé** : CEVITAL (**La filière sucre en Algérie, 2014**).

III.2.3 Production de sucre dans les Raffineries

Le tableau ci-dessous représente la quantité produite de sucre conditionné et de mélasse de sucre en tonnes dans les industries algériennes donnée par le secteur public national de productions trimestrielles.

Tableau III : la production de sucre blanc en Algérie en 2007 et les projets en cours en tonnes/an

Groupe	Production 2007 (t/an)	Projets en cours (t/an)	Somme (t/an)
Cévital	686200 à 730000	1095000 219000 de sucre liquide	1781200 à 1825000 219000
Enasucré	En Privatisation	0	0
	-	365000 à 438000	265000 à 438000
Prolipos	109500	255500	365000
Total	796700 à 839500	Environ 2 Mt/an	2.7 à 2.8 Mt/an
Chiffres de l'état	640000	-	>1 Mt/an

D'après le tableau il existe une différence entre Cévital et ENA.SUCRE qui est due à la technologie utilisée et le capital investi.

Le groupe public Enasucré, a déjà cédé sa filiale de Guelma (300 t /j) à la société agroalimentaire Prolipos (famille Bareche) (**la filière sucre en Algérie, 2014**).

III.2.4 Coûts de production et compétitivité de l'Algérie sur la scène mondiale

L'Algérie est très bien placée pour raffiner du sucre car ses industries peuvent être plus compétitives que celles des autres pays ». Les points éminents pour une production Algérienne de sucre blanc à des prix compétitifs au plan mondial sont :

Pour des raisons de logistiques et de manutentions, il est moins coûteux de faire traverser l'Atlantique à du sucre roux et de le raffiner ensuite.

L'Algérie est située à un endroit stratégique sur la Méditerranée, et elle dispose d'une source d'énergie, le gaz, en quantité très importante et très bon marché, pour le raffinage du sucre. « L'énergie est un élément primordial dans le prix de revient du sucre blanc, puisqu'elle représente le tiers du coût du raffinage. Le prix du gaz est nettement moins élevé que celui du pétrole utilisé par la plupart de nos concurrents ».

Le coût de la main d'œuvre en Algérie se situe entre 250 et 300 euros par mois, alors que pour nos concurrents, il est souvent de plus de 500 euros mensuels » (**la filière sucre en Algérie, 2014**).

Conclusion

Le travail présent a été consacré à l'étude de la provenance du sucre, son extraction, son raffinage ainsi qu'au marché tant sur le plan national qu'international.

Il ressort de cette revue bibliographique que ; le sucre que nous consommons provient principalement de deux plantes saccharifères, à savoir la canne à sucre et la betterave sucrière qui sont dotées d'un rendement très intéressant pour la production au niveau industriel.

Le sucre est l'un des produits alimentaires de bases, il occupe la quatrième position des importations dont la consommation est estimée environ 1 million de tonnes par an mais il est important de la réduire au minimum car il a une incidence néfaste pour l'organisme.

Cette substance est extraite grâce à un enchaînement de transformations physiques et d'opérations chimiques au cours de traitements dit « raffinage », et dont il en résulte une panoplie de co-produits à l'instar la pulpe, mélasse, bagasse, vinasse et déchets organiques qui sont valorisés dans d'autres domaines tel que : l'alimentation animal, production d'éthanol etc.

La filière sucre en Algérie est réduite au raffinage du sucre roux importé (E.NA Sucre et CEVITAL) et au conditionnement du sucre blanc (Sfisef). Il existe plusieurs raffineries de sucre implantées sur le territoire national tel que : ENASUCRE, PROLIPOS et CEVITAL.

Actuellement, avec l'extension de la raffinerie de sucre du groupe CEVITAL l'Algérie aura une place dans le marché international et deviendra un pays exportateur. Il a adopté des stratégies de développement semblables à celles appliquées par les grandes firmes multinationales, à savoir la diversification et la concentration.

En perspective il y a lieu de :

- Proposer la réintroduction de la culture de plantes saccharifères, notamment la betterave sucrière au niveau national afin de réduire les coups de transport de la matière première pour être plus indépendants en ce qui concerne l'importation et ainsi être moins sensibles au prix des marchés internationaux pour rentabiliser encore plus les raffineries et cela sera plus profitable à l'économie du pays.

Références Bibliographiques

A

- Arzate, A. 2005 a.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.
- Arzate, A.2005b. Extraction du sucre de betterave. Saint-Norbert, Québec: centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture.
- Almohammed, F. 2017. Application des électro technologies pour une valorisation optimisée de la betterave à sucre dans un concept de bio raffinerie (Doctoral dissertation, Compiègne.Pp213.
- Achabou,M.A. 2008. L'environnement institutionnel dans la decision strategique de l'entreprise emergente :cas de l'industrie sucriere algerienne. Pierre Viala, France, centre international d'Etudes Supérieures en sciences Agronomiques, France.Pp 287.

B

- Belaid,D. 2016.La culture de la betterave à sucre et la production de sucre en Algérie.Ingénieur Agronome. Collection dossiers agronomiques.
- Benali, A. 2017. Une hausse de 22% de la facture des importations de sucre en 2016.Consulté le 19 Août, 2020, sur algerie-eco: <https://www.algerie-eco.com>
- Benbouali, S. 2017. La production Algérienne. Algérie: Le marché des Industries Agroalimentaires en Algérie.

- Benjamin T. Julius, Kristen A. Leach, Thu M. Tran, Rachel A. Mertz, David M. Braun. 2014. Sugar Transporters in Plants: New Insights and Discoveries. *Plant and Cell Physiology*, Volume 58, Issue 9, 1442-1460, <https://doi.org/10.1093/pcp/pcx090>

C

- Christofolletti, C. A., Escher, J. P., Correia, J. E., Marinho, J. F. U., & Fontanetti, C. S. 2013. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. *Waste Management*, 33(12), 2752-2761.
- Clarke, M. A. 1988. Sugarcane processing: raw and refined sugar manufacture. *Chemistry and Processing of Sugarbeet and Sugarcane*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1988 — Printed in the Netherlands.
- Clarke, M. A., et Godshall, M. A. 1988. Determination of dextran in raw cane sugar by Roberts copper method: collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71(2), 276-279.
- Clarke, M.A. 2003. Sugarbeet. *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Copyright 1993, Academic Press. Sugar Processing Research Institute Incorporated, New Orleans, LA, USA. M. F. G. Cleary, Holly Sugar Corporation, Colorado Springs, CO, USA. 5651-5656.
- CODEX STAN 212-1999. Standard for sugar. S1 CXS 212-1999 Adopted in 1999. Amended in 2001, 2019.
- Colonna, W. J., Samaraweera, U., Clarke, M. A., Cleary, M., Godshall, M. A., White, J. S., & Updated by Staff. 2006. Sugar. *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*.

- Cooper, J. M. (2006). Sucrose. In *Optimising sweet taste in foods* (pp. 135-152). Woodhead Publishing.
- Cui, S. 2005. Physicochemical properties and structural characterization by 2 dimensional NMR spectroscopy of wheat β -D-glucan — comparison with other cereal β -D-glucans. *Carbohydrate Polymers*, 41, 249–258. .
- C. Carakostas^{a,*}, L.L. Curry^b, A.C. Boileau^b, D.J.2008. Brusickc Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, anaturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages.
- Canilha, Anuj K Chandel, Thais Milessi, Wagner Freitas. Bioconversion of Sugarcane Biomass into Ethanol: An Overview about Composition, Pretreatment Methods, Detoxification of Hydrolysates, Enzymatic Saccharification, and Ethanol Fermentation... Article in *Journal of Biomedicine and Biotechnology* · November 2012
- Cândida, R. Carvalhoda, A. Carlos, C. Vaz Rossel, E. 2015. Sugarcane Agricultural Production, Bioenergy and Ethanol, Pages 365-381

D

- Decloux, M. 2003. Procédés de transformation en sucrerie (partie 2). Filière de production: Produits; origine végétale (Réf. Internet ti700). *Techniques de l'Ingénieur*
- Delgado Antonio Valdes, Carlos de Armas Casanova. 2001. Sugar Processing and By-products of the Sugar Industry. Food and Agriculture Organization of the United Nations – . PP 143

- D'Hont A, Hoarau J.-Y. , Grivet. L, Offmann .B, Raboin L.-M., Diorflar J.-P., J. Payet.J, Hellmann.M, Glaszmann J.-C. 2002. Genetic dissection of a modern sugarcane cultivar (*Saccharum*spp.).II. Detection of QTLs for yield components.volume 105, pages1027–1037.
- Donovan, M. 2003. SUGAR| Refining of Sugarbeet and Sugarcane.5659-566.
- Dotaniya, M. L. Datta, S. C. Biswas, D. R. Dotaniya, C. K. Meena, B. L. Rajendiran1, S. Regar, K. L. 2016. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. ManjuLata Int J RecyclOrgWasteAgric. 5:185–194 .DOI 10.1007/s40093-016-0132-8
- Duke, J. A., 1983. Handbook of Energy Crops. New CROPS web site, Purdue University .Web http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html

E

- Esmat Abou-Arab, A. Azza Abou-ArabA. and Ferial Abu-Salem, M.2010. Physico-chemical assessment of natural sweeteners steviosides produced from *Stevia rebaudiana* plant. Department of Food Technology, National Research Centre, Dokki, Cairo, Egypt.
- Elliott M.C., Weston G.D. 1993..Biology and physiology of the sugar-beet plant .The SugarBeet. Crop pp 37-66.

F

- FAO. 1994.Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea
- FOOD OUTLOOK/FAO.2020. BIANNUAL REPORT ON GLOBAL FOOD MARKETS

G

- Grabowski M., Klemes J., Urbaniec K., Vaccari G., Zhu X. X., 2001, Minimum energy consumption in sugar production by cooling crystallization of concentrate draw juice, *Applied Thermal Engineering*.
- Godshall, M. Legendre, B. Eggleston, G. 2003. "SUGAR| Sugarcane." 5645-5651.
- Graef, F. Schütte, G. Winke, B. Teichmann, H and Mertens Scale, M. 2010. Implications for Environmental Risk Assessment and Monitoring of the Cultivation of Genetically Modified Herbicide-Resistant Sugar Beet: A Review Published on 18 September.

H

- Hajós-Novák, M. 2009. Cultivated plants primarily as food sources. Vol. II – *Sugar Bearing Crops*
- Huberlant, J., 1984. Manuel de sucrerie, 4ème édition. Raffinerie Tirlemontoise S.A., Tienen.
- Hugot, E., La sucrerie de cannes, 1987, 3ème édition, Paris, Technique & Documentation – Lavoisier, 1018 p.
- Hull, 2010. *Glucose Syrups: Technology and Applications*.

J

- Julius, B. T., Leach, K. A., Tran, T. M., Mertz, R. A., & Braun, D. M. 2017. Sugar transporters in plants: new insights and discoveries. *Plant and Cell Physiology*, 58(9), 1442-1460

K

- Kent,D .Chen, Y, Bermingham, M.Dehghan-Manshadi, A .2017.Manufacturing of biocompatible poroustitaniums caffolds using a novels pherical sugar pellet space holder. *Materials Letters* .Volume 195, Pages 92-95.
- KumarMukherjee . Origin and Distribution of Saccharum This article was published in the *Botanical Gazette* (1876-1991), which is continued by *International Journal of Plant Sciences* (1992-present).

L

- La filière sucre en Algérie, 3 janvier 2014 .10270 mots (42 pages).
- Lipnizki, F. (2010). Basic aspects and applications of membrane processes in agro-food and bulkbiotech industry.165-194

M

- McGinnis, R. A. 1971. Analysis of sugar content. *Beet-Sugar Technology*, 78.
- Moletta, R.2009.Le traitement des déchets .Ed Tec & Doc Lavoisier.ISBN-13 : 978-2743011086. p**685**
- Moraes, J.M.Triolo, V.P.Lecona, M.Zaiat, S.G.Sommer. 2015.Biogas production with in the bioethanol production chain: Use of co-substrates for anaerobic digestion of sugarbeet vinasse Author links open overlay panel.*Bioresource Technology* Volume 190, Pages 227-234

N

- Nikodinovic-Runic, MaciejGuzik, Shane T.Kenny, RameshBabu, AlanWerker, Kevin E.O Connor.*Advances in Applied Microbiology*.Volume 84, 2013, Pages 139-200. Chapter Four - Carbon-RichWastes as Feed stocks for Biodegradabl Polymer (Polyhydroxyalkanoate) Production Using Bacteria.

O

- **OCDE/FAO.** Perspectives agricoles 2019-2028.CHAPITRE SPÉCIAL :AMÉRIQUE LATINEstatistique économique2019. Consulté le 19 Août, 2020, sur <http://www.ons.dz/>
- Office for National Statistic, 2019. RPI: Aveprice - Sugar: Granulated, per Kg

P

- Panda,H. 2000. “The Complete Book on Sugarcane Processing and By products of Molasses (with analysis of sugar, syrup and molasses)”, Asia Pacific Business Press Inc. KamlaNagar, New Delhi(India) p.138
- Paturau, J. M. 1989. By-products of the cane sugar industry. An introduction to their industrialutilization. Elsevier Science Publishers BV.
- Payne. J.H., (1982). Unit Operations in Cane Sugar Production.
- Pennington, Neil L.,Baker, Charles W,(1990).Sugar: User's Guide To Sucrose“*The Complete Book on Sugarcane Processing and By products of Molasses (with analysis of sugar, syrup and molasses)*”, Asia Pacific Business Press Inc. KamlaNagar, New Delhi (India) p.138

R

- Rondeau, P. 2002. Canne et énergie renouvelable : Contribution à la réduction d'émission de gaz à effet de serre, Rencontres internationales pluridisciplinaires, Perspectives de développement de la canne en milieu insulaire,Stella Matutina, Ile de La Réunion, 9p.

- Rousset, F. 2010. Liquid Sugars Produced in Sugar Refineries: Advantages of Large Central Units Serving the Sustainable and Competitive Needs of the Food Industry. In *Sustainability of the Sugar and Sugar– Ethanol Industries* (pp. 269-281). American Chemical Society

S

- Salihi, N. J., Ajeena, I. M., & Al-Kashwan, T. A. J. 2016. The Duration of Type 2 Diabetes Mellitus as a Risk Factor For The Occurrence of Peripheral Neuropathy. *Medical Journal of Babylon*, 13(3), 570-574
- Sardar S, Ilyas SU, Malik SR, Javaid K 2013. Compost fertilizer production from sugar pressmud (SPM). *Intl J MicrobRes* 1(2):20–27
- Santos, F., Eichler, P., Machado, G., De Mattia, J., & De Souza, G. 2020. By-products of the sugarcane industry. In *Sugarcane Biorefinery, Technology and Perspectives* (pp. 21-48). Academic Press.
- Saxena, R. C., Adhikari, D. K., & Goyal, H. B. 2009. Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(1), 167-178.
- Seguí, L., Calabuig-Jiménez, L., Betoret, N., & Fito, P. 2015. Physicochemical and antioxidant properties of non-refined sugarcane alternatives to white sugar. *International journal of food science & technology*, 50(12), 2579-2588.
- Solomon, S. 2011. Sugarcane By-Products Based Industries in India. *Sugar Tech.* 13(4):408–416. DOI 10.1007/s12355-011-0114-0
- Stanmore, B. R. 2010. Generation of Energy from Sugarcane Bagasse by Thermal Treatment. *Waste and Biomass Valorization*. volume 1, pages 77–89.

- Satinder, U. Gupta, R. Dhillon, R. 2008. Potentiel of sugarcane bagasse for production of furfural and its derivatives. *Sugar Technologies*. 10(4): 298-301, 2008
- Syndicat National des Fabricants de Sucre. 2017. LE RAPPORT D'ACTIVITÉ.

T

- Theoleyre, M. A. (1999). Production of sugarjuices and decoloration coupled with eluate treatments. *Boissons Bios Conditionnement (France)*.

U

- Uppal Satinder , R. Gupta, Ranjit Dhillon. Potentiel of sugarcane bagasse for production of furfural and its derivatives. *Sugar Technologies*. 10(4): 298-301, 2008

V

- Van der Poel, P. W. ; Schiweck, H. ; Schwartz, T., 1998. Sugar technology. Beet and cane sugar manufacture. Verlag Dr. Albert Martens KG, Berlin, 1005 p.
- Viswanathan R ,Prasanth CN, Krishna N, Malathi P .Unraveling the Genetic Complexities in Gene Set of Sugarcane Red Rot Pathogen *Colletotrichum falcatum* Through Transcriptomic Approach

W

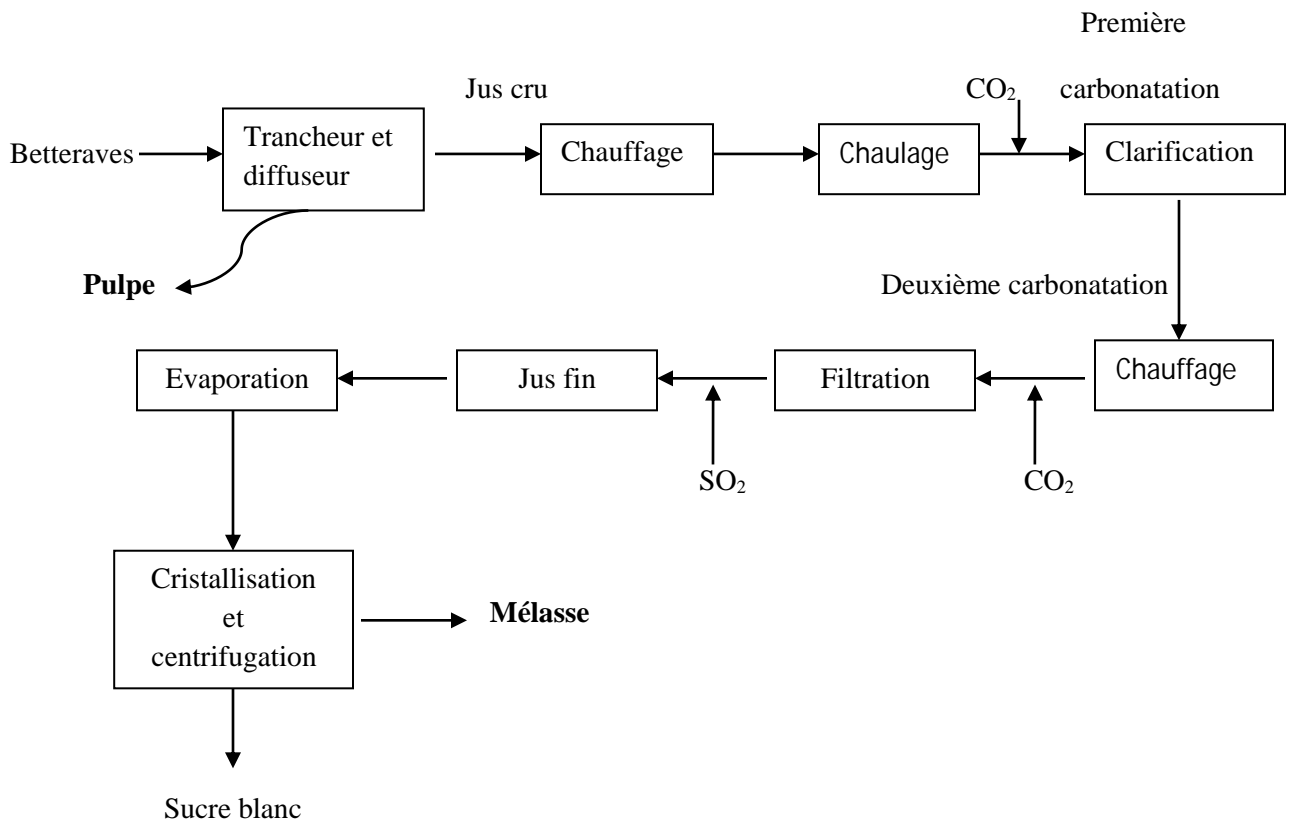
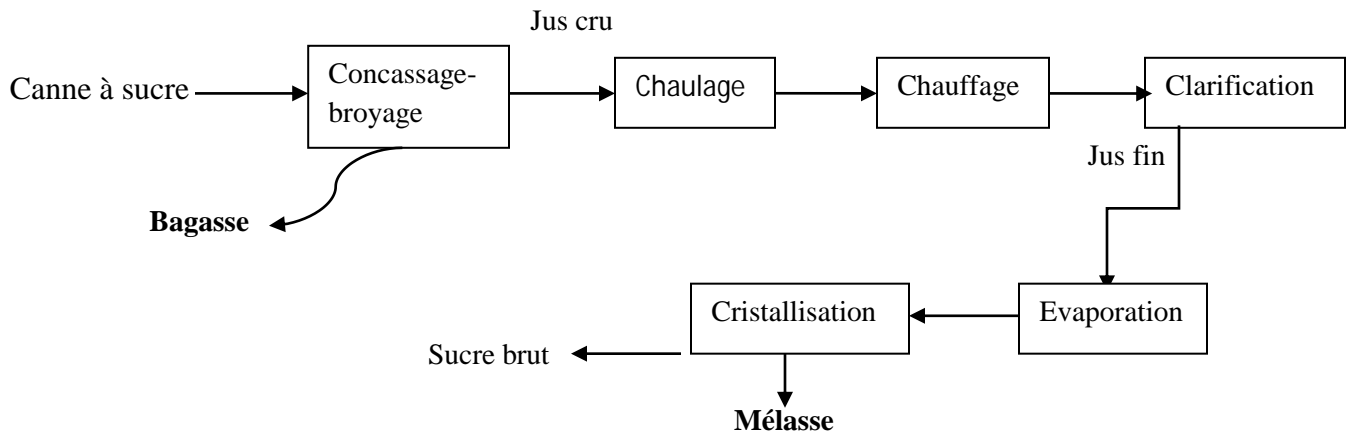
- William Ward, Pigman, 1948. "Chemistry of the Carbohydrates". Annual Review of Biochemistry.

Z

- Zicari, S., Zhang, R., & Kaffka, S. 2019. Sugar Beet. Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products, 331-351.

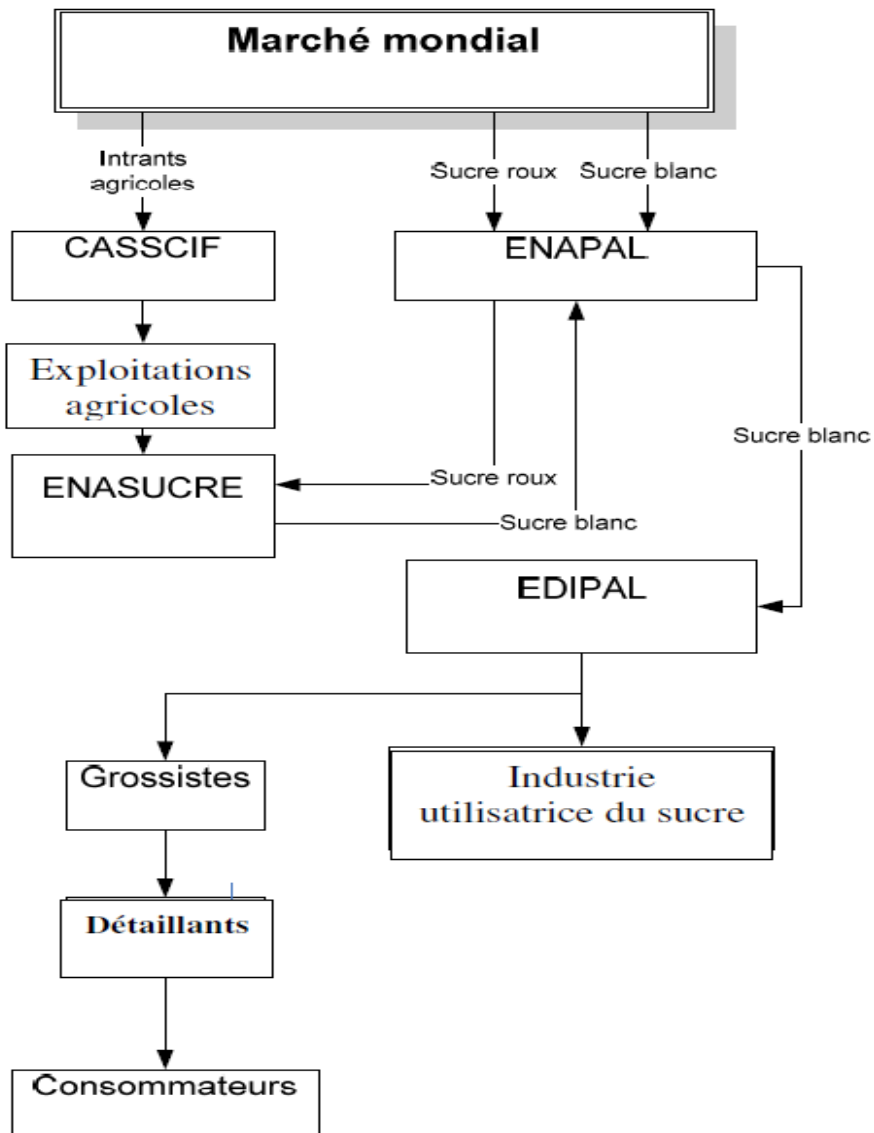
Annexes

Annexe I



Process de fabrication du sucre et co-produits (Rajindar Singh, 2006)

Annexe II



Filière algérienne du sucre de 1965 à 1982 (Benyoucef, 2011)

Annexes

Annexe III

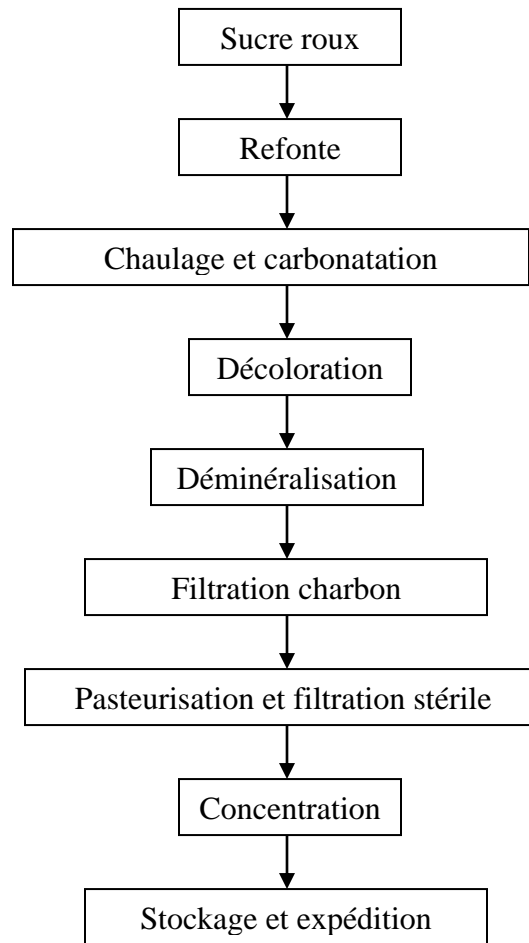


Schéma de fabrication du sucre liquide au niveau du complexe Cevital.

Résumé :

Le sucre figure parmi les denrées alimentaires majeures sur le plan du commerce international car l'industrie sucrière est en plein essor notamment grâce à l'évolution technologique.

Cette revue bibliographique a été réalisée afin d'avoir une idée global sur cet aliment qui est consommé au quotidien. Arborer ses principales sources naturelles, son processus de fabrication et enfin à l'évolution du marchénational et international.

Motsclés : Sucre ; industrie sucrière ; marché national; marché international.

Abstract :

Sugar is one of the major foodstuffs in international trade because the sugar industry is booming, notably thanks to technological developments.

This bibliographical review was carried out in order to have a general idea of this food which is consumed daily. Showcase its main natural sources, its manufacturing process and finally to the evolution of the national and international market.

Keywords: Sugar ; Sugarindustry ; national market ; international market.