

Université Mohamed Khider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département : Chimie Industrielle



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم: الكيمياء الصناعية

Mémoire présentée en vue de l'obtention  
du diplôme de Master en : Génie des Procédés

Option : Génie Chimique

**Titre:**

**Synthèse du bioéthanol par extraction du sucre  
à partir des types de matières végétales.**

Présentée par :  
GUERAR Amira

**Devant le jury composé de :**

**Président :** ADJEL Fatima  
**Encadreur :** ALMI Sana  
**Examineur :** LIAIDI Djemoui

Promotion Juin 2017



# *Remerciements*

*Mes sincères remerciements s'adressent à mon promoteur M.SANA ALMI , pour son aide et sa disponibilité tout au long de ce travail.*

*Mes remerciements sont aussi destinés aux membres du jury d'avoir accepté de lire et d'évaluer ce travail.*

*Je tiens également à remercier tous les enseignants de la faculté des Sciences technologie, en particulier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à ma formation.*

*Je remercie vivement tous ceux et celles qui ont participé discrètement à l'accomplissement de ce mémoire.*

*Enfin, je souhaite dédier ce mémoire à ma famille, et mon mari . Rien n'aurait été possible sans leur soutien, confiance et générosité.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à:*

*Ma très chère maman, et mon très cher papa*

*Mon mari Bader Eddine*

*Ma sœur Bouthiena*

*Mon frère Saif Eddine ,mon petit frère Ibrahim Khalil*

*Tous la famille Guerar ,Alouane ,Houimli*

*Tous mes amies Maroua, Hind, Nesrine,Afaf*

*Qui m'ont toujours soutenue et encouragée, qui m'ont accompagnée dans chaque pas de ma vie, et qui ont toujours été là pour moi surtout dans les moments difficiles.*

# *Liste de figure*

## LISTE DES FIGURES

Les figures	Titres	Pages
<b>CHAPITRE I</b>		
<b>Figure I.1</b>	Configuration de glucose, fructose et saccharose présentés sous forme linéaire et sous forme cyclique.	6
<b>Figure I 2</b>	Structure chimique du sucre.	7
<b>Figure I. 3</b>	La partie principale de la betterave sucrière.	9
<b>Figure I. 4</b>	Betterave à sucre en fin de la première année de croissance.	11
<b>Figure I. 5</b>	Coupe transversale de la racine de betterave à sucre.	12
<b>Figure I.6</b>	Structure de la cellule du parenchyme de betterave sucrière.	13
<b>Figure I. 7</b>	Schéma représentatif composition moyenne de la betterave sucrière.	14
<b>Figure I. 8</b>	Composition chimique de la betterave à sucre.	15
<b>Figure I. 9</b>	Réception des betteraves.	16
<b>Figure I.10</b>	Lavage de betterave par lavoir à contre-courant.	16
<b>Figure I.11</b>	L'épuration des jus sucre par diffusion.	17
<b>FigureI.12</b>	L'évaporateur.	18
<b>Figure I.13</b>	Atelier de cristallisation.	19
<b>Figure I.14</b>	Altier de séchage.	20
<b>CHAPITRE II</b>		

<b>Figure II. 1</b>	Les procédés de fabrication du bioéthanol et du biodiesel.	24
<b>Figure II. 2</b>	Les procédés de fabrication du bioéthanol et du biogaz.	25
<b>Figure II.3</b>	Production de bioéthanol à travers le monde entre 1980et2008.	28
<b>Figure II.4</b>	Différentes étapes du procédé de production du bioéthanol.	28
<b>Figure II.5</b>	Procédé de distillation.	30
<b>Figure II.6</b>	Le bioéthanol de la production à l'utilisation.	31
<b>Figure II.7</b>	Utilisation potentielle du bioéthanol.	31
<b>Figure II. 8</b>	Cycle de vie du bioéthanol carburant.	33
<b>Figure II.9</b>	Schéma de procédé de production d'éthanol et de traitement des coproduits.	34
<b>Figure II.10</b>	Synthèse de bioéthanol à partir l'extraction du sucre d'un type végétal.	34
<b>Figure II.11</b>	Processus de production de bioéthanol.	36
<b>Figure II.12</b>	Rendement en biocarburant pour la production de bioéthanol(en vert) et de biodiesel (en rouge) en fonction des plantes utilisées.	37
<b>CHAPITRE III</b>		
<b>Figure III.1</b>	Betterave rouge.	39
<b>Figure III. 2</b>	Chicorée ( <i>Cichorium intybus</i> L)	39
<b>Figure III.3</b>	La carotte ( <i>Daucus carotta</i> subsp. <i>sati vus</i> )	40
<b>Figure III. 4</b>	Tige des dattes avant broyage.	41
<b>Figures III.5</b>	Lamelles des tiges de dattes.	41

<b>Figure III.6</b>	Les principales étapes d'obtention d'un mout sucrée, lavage, découpage et diffusion betterave rouge.	43
<b>Figure III.7</b>	Solution de la betterave initiale.	44
<b>Figure III.8</b>	Filtration de la solution de la betterave.	44
<b>Figure III.9</b>	Traitement à chaux et au CO <sub>2</sub> avant la filtration.	45
<b>Figure III.10</b>	Solution de betterave concentrée.	45
<b>Figure III.11</b>	L'apparition des cristaux du sucre.	46
<b>Figure III.12</b>	Utilisation de liqueur de Fehling.	47
<b>Figure III.13</b>	La fermentation du jus de la betterave	47
<b>Figure III.14</b>	Montage de la distillation.	48
<b>Figure III.15</b>	Le test de la formation de l'éthanol.	49
<b>Figure III.16</b>	La réaction d'inversion du saccharose en glucose et fructose.	51
<b>Figure III.17</b>	Test du sucre.	52
<b>Figure III.18</b>	Réaction d'oxydoréduction entre le groupement aldéhyde et la liqueur de Fehling.	52
<b>Figure III.19</b>	Résultat test de bioéthanol.	54





# *Liste de tableaux*

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Les tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>CHAPITRE I</b>		
<b>Tableau I. 1</b>	Production de betterave à sucre dans le monde.	10
<b>CHAPITRE II</b>		
<b>Tableau II.1</b>	Récapitulatif des biocarburants de première génération.	23
<b>Tableau II.2</b>	L'avantage et inconvénient de biocarburant.	25
<b>Tableau II.3</b>	Comparaison des avantages et inconvénients de l'utilisation du bioéthanol en tant que carburant.	31
<b>CHAPITRE III</b>		
<b>Tableau III.1</b>	Résultat de l'extraction de sucre à partir de différents types de matière végétale.	51

# *Sommaire*

---

**SOMMAIRE**

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction générale.....1

**Chapitre I : Les grandes procèdes de la fabrication du sucre.**

I. Histoire brève de la production du sucre.....3

I.1. Le Sucre.....4

I.2.Utilisation du sucre.....4

I.2.1.Sucre et alimentation (nutrition) .....4

I.2.2.Fonctionnalités du sucre.....5

I.3.Structure du sucre .....5

I.3.1.Configuration et nomenclature du saccharose .....5

I.4.La structure chimique du sucre .....6

I.5. Production du sucre.....7

I.5.1. Formation du saccharose dans les plantes.....7

I.5.2. Betterave sucrière.....8

I.6. Les variétés de sucres.....8

II-Matières premières .....9

II-1-Evolution de betterave.....9

II-1-1- Récolte de la Betterave .....9

II-1-2-Condition de culture d'une betterave sucrière.....10

II.1.3. Morphologie de la betterave à sucre .....11

II.1.4. Composition chimique de la betterave à sucre.....	14
III. L'industrie sucre de betterave .....	16
1).Réception de la betterave.....	16
2). Lavage.....	17
3). Diffusion.....	18
4).Épuration.....	18
5).Évaporation.....	19
6). Cristallisation.....	20
7). Séchage, stockage et conditionnement.....	21

**Chapitre II : Synthèse de bioéthanol à partir l'extraction de la betterave sucrière**

I. Biocarburants .....	22
I.1.Présentation et définition .....	22
I.2.Les Différent filières de production .....	22
I.2.1.1ère génération .....	22
I.2.2. 2ème génération .....	24
I.3.Avantages et inconvénients.....	25
II. Définition de l'éthanol.....	25
II.2.L'utilisation de l'éthanol.....	26
III. Le bioéthanol.....	27
III.1.Définition de bioéthanol .....	27
III.3.Utilisation du bioéthanol.....	29
III.4.Avantages et inconvénients du bioéthanol.....	30
III.5.Biodiesel .....	32
III.6.Cycle de vie du bioéthanol carburant.....	32
-Schéma du procédé industriel .....	33

III.7.Fabrication le bioéthanol.....	34
1 <sup>ère</sup> étape: Obtention d'une matière sucrée.....	35
-Pour les plantes amylacées.....	35
- Pour les plantes sucrières.....	35
2 <sup>ème</sup> étape: Fermentation du moût sucré.....	35
3 <sup>ème</sup> étape: Purification .....	36
III.8.Des rendements différents selon les plantes .....	37

### Chapitre III : Etude expérimentale de la fabrication

III.1.La partie première.....	38
III.1.1.Matières première végétale .....	38
1) .Betterave rouge.....	38
2).Chicorée.....	39
3).Carotte.....	40
4). Régime d'un palmier dattier.....	40
III.1.2.Les produits utilisés .....	41
1). La chaux .....	41
2). Préparation de la liqueur de Fehling.....	41
3). Acide sulfurique .....	42
4). Permanganate de potassium .....	42
III.1.3.Procédure d'extraction du sucre .....	43
1). lavage, découpage et diffusion.....	43
2). chaulage, carbonatation et filtration.....	44
3). d'évaporation et de centrifugation.....	45
III.1.4.Procédure de la synthèse du bioéthanol .....	46
1. 1 <sup>ère</sup> partie .....	46

2. 2 <sup>ème</sup> partie.....	47
a). La fermentation .....	47
b). La distillation .....	48
III.2.Partie deuxième .....	49
III.2.1.Résultat et discussion.....	49
1). L'extraction du sucre.....	49
2).Production du bioéthanol.....	51
a). Teste de la présence du sucre.....	51
b). Formation du bioéthanol .....	52
Conclusion générale.....	55

Résumé



# *Introduction générale*

## **Introduction**

Le sucre nom précis du sucre que l'on extrait des betteraves sucrières est le saccharose, de formule  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Ce sucre est stocké dans les racines de cette plante.[1]

Le sucre que l'on extrait de la betterave, de la canne et de quelques autres plantes, « la saccharose » ou sucre de canne, au point de vue chimique, un hydrate de carbone.

Les sucres en général ou hydrates de carbone sont très répandus. [2]

On extrait le sucre des betteraves sucrières depuis 1812. Avant le sucre était extrait de la canne à sucre. Mais, la France a été coupée de ses ressources en sucre de canne des Antilles par la marine Britannique en 1806. Le français Benjamin Delessert présenta alors à Napoléon I<sup>er</sup> du sucre obtenu à partir de betteraves sucrières. Sa production a été encouragée par l'empereur. Le sucre de betterave a alors remplacé le sucre de canne. [1]

dans les plantes, dont ils forment les principaux constituants; ils sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, ces deux derniers se trouvant dans les mêmes proportions que dans l'eau ;ils ont par conséquent pour formule : $C^xH^{2n}O^n$  [3].

Les betteraves sucrières (betterave à sucre) sont les organes de stockage de Beta vulgarise, utilisées pour la production du sucre. Toutes les betteraves sucrières connues aujourd'hui au monde prennent leur origine de la betterave dite Silésienne blanche, cultivée à la fin de XVIII<sup>e</sup> siècle par F. C. Achard.

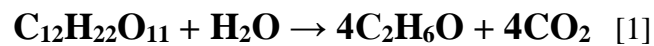
La betterave à sucre croît dans les climats modérément froids, mais elle peut s'adapter aux climats très froids et plus chauds. En Europe, elle croît presque partout, de la Turquie aux pays nordiques (Suède, Danemark et Finlande). Contrairement à la betterave sucrière, la canne à sucre est uniquement 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.

Il y a environ 50 pays producteurs de betterave à sucre. L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture donne les 10 pays principaux producteurs de betteraves au monde. [2]

A partir d'un jus sucré extrait des betteraves sucrières, on peut fabriquer du bioéthanol. C'est un alcool d'origine naturelle qui est utilisé comme biocarburant, pour remplacer l'essence. La France a autorisé de mélanger l'alcool à l'essence en janvier 2007.

La fermentation alcoolique permet de transformer le jus sucré grâce à des levures en éthanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) et en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

L'équation de la réaction de fermentation s'écrit :



Ce mémoire est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre (Les grands fabricants de sucre), le deuxième chapitre (Notion sur le biocarburant et le bioéthanol), le troisième chapitre (étude expérimentale de la fabrication)

# *Bibliographie*

- [1] Beaurain noémie, boulet lucille, creutzer gautier, huet wilayne et rousseau, estelle, encadrés par m. boulanger julien, professeur de sciences physiques au collège henri matisse de bohain en vermandois.
- [2] Kseniia LOGINOVA (SEREDA),2011, Mise en oeuvre de champs électriques pulsés pour la conception d'un procédé de diffusion à froid à partir de betteraves à sucre et d'autres tubercules alimentaires (étude multi-échelle), Université de Technologie de Compiègne Institut de Chimie Biocolloïdale de l'Académie des Sciences d'Ukraine.
- [3] Journal général de la littérature de France, onzième cahier ,1815.

# *CHAPITRE I :*

## *Les grandes procédés de la production du sucre*

## **I. Histoire brève de la production du sucre**

La culture du sucre a commencé en Inde vers 2000 avant J. C. L'origine du mot « sucre » est sarkara ou sakkara, qui ont donné tous les noms du sucre existants aujourd'hui dans les langues différentes. Vers l'an 600 la canne à sucre et la culture de la production du sucre se sont étendues de l'Inde à la Perse, où la technologie a été améliorée et d'où elle a atteint la Syrie, Palestine, Egypte et la région méditerranéenne (du Maroc à l'Espagne). Les Croisés ont répandu en Europe l'habitude de consommer du sucre. Après la découverte de l'Amérique vers 1500, la technologie de fabrication du sucre de canne a été introduite dans les Antilles et les Caraïbes, qui sont devenues peu de temps après la principale source mondiale du sucre. [1]

Dès 1600, l'agronome français, Olivier de Serres, remarque que la "betterave", arrivée d'Italie depuis peu, donne en cuisant un jus « semblable au sirop de sucre » [2]. La recherche scientifique systématisée sur betterave sucrière a commencé en 1747 par Andreas Sigismund Marggraf, un chimiste allemand. Il a trouvé le « sucre véritable », parfaitement identique à celui que l'on connaît de la canne à sucre, dans la betterave blanche. La betterave blanche, issue de la betterave sauvage (*Beta vulgaris* L), contenait de 0,5 à 1,6% de sucre. Aucune utilisation n'a été faite de cette découverte jusqu'en 1799 quand indépendamment I. Ya. Bindheim en Russie (Moscou) et F. C. Achard en Allemagne (élève de Marggraf) ont reçu les premiers kilos du sucre à partir de betteraves.

La première usine sucrière a été établie à Cunern (Silésie) en 1801 par F. C. Achard et bientôt à Alyabievo (Russie) en 1802 par Ya. S. Esipov. Ces deux usines ont été créées indépendamment et exploitaient des technologies différentes. F. C. Achard utilisait de l'acide sulfurique pour la purification du jus et le rendement en sucre était de 5%. Ya. S. Espion épurait le jus par la chaux avec un rendement en sucre d'environ 9%. [3]

Les résultats étaient assez satisfaisants, mais la nouvelle industrie n'aurait jamais pu résister à la concurrence du sucre de canne sans les guerres de Napoléon et le blocus continental, qui a coupé l'Europe de produits coloniaux.

En France, Benjamin Delessert a construit une petite usine sucrière à Passy, où en 1811 il a réussi à obtenir des cristaux de sucre de bonne qualité. Dans la même année Napoléon a signé un décret afin de céder 70 000 acres de terre pour la culture de la betterave et la construction de six stations expérimentales pour la production du sucre. Un an plus tard, il y avait en France 40 usines et la production globale atteignait 1400 tonnes.

A la fin de XIX siècle le volume de sucre produit à partir de betterave a dépassé celui de la canne à sucre.

## **I.1. Le Sucre**

Le sucre est une substance blanche, cristallisée et à la saveur douce. Il est utilisé en cuisine, comme ingrédient dans différents produits alimentaires et comme matière première pour la production des produits non-alimentaires (éthanol).

Par K senia LOGINOVA (SEREDA) Mise en œuvre de champs électriques pulsés pour la conception d'un procédé de diffusion à froid à partir de betteraves à sucre et d'autres tubercules alimentaires (étude multi-échelle) [4].

## **I.2.Utilisation du sucre**

### **I.2.1.Sucre et alimentation (nutrition)**

Le sucre appartient au groupe des macronutriments glucidiques, dont il est la forme d'énergie la moins chère et la plus facilement assimilable. Le corps humain utilise le sucre comme tous les autres glucides – comme un combustible pour obtention de la chaleur et de l'adénosine triphosphate (ATP), la molécule principale du système énergétique pour tous les organismes. Essentiellement tous les glucides sont hydrolysés par les enzymes dans l'intestin grêle en glucose, fructose et galactose. Le saccharose, en contenant une unité de glucose et de fructose par molécule, se décompose avec formation de quantités équivalentes de ces deux monosaccharides – « sucre inverti » [5].

Puis le sucre inverti est transporté au foie. Dans le foie le fructose est transformé en son isomère – glucose (dit « Blood Sugar »), pour être utilisé ensuite dans le sang comme source d'énergie. L'oxydation de glucose produit les quantités considérables de l'énergie : [6]

Cette réaction est une réaction exothermique, qui libère 2800 kJ/mol (669 kcal/mol) d'énergie.

En ce qui concerne l'influence sur la santé, la consommation du sucre, mise à part son effet sur les dents, n'est pas considérée comme dangereuse pour la santé [7].



**I.2.2.Fonctionnalités du sucre**

Les gens aiment le sucre pour son saveur sucrée. Mais la douceur est seulement une des fonctionnalités du sucre. Parmi les autres fonctionnalités du sucre on trouve :

- Améliore le goût des produits alimentaires.
- Améliore l'odeur des produits alimentaires.
- Améliore la date limite de consommation des produits alimentaires.
- Améliore la propriété conservatrice des produits alimentaires.
- Améliore l'arrière-goût des produits alimentaires.
- Améliore la vitesse de réchauffement des produits alimentaires dans le four à micro-ondes.
- Diminue le point de congélation des produits congelés, tels que les glaces.
- Augmente l'activité de la fermentation des levures et la levée des viennoiseries.
- Augmente le point d'ébullition, en permettant de cuisiner plus vite à température plus haute.

**I.3.Structure du sucre**

La molécule du saccharose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) se compose de 12 atomes de carbone, 22 d'hydrogène et 11 d'oxygène. En pourcentage, la molécule contient 51,5% d'oxygène, 42,0% du carbone et 6,5% d'hydrogène. La masse molaire du saccharose est 342,303 g/mol.

Les glucides (du latin saccharum qui signifie sucre) est le nom scientifique pour les sucres. Le glucose, le fructose et le saccharose sont les saccharides les plus connus.

**I.3.1.Configuration et nomenclature du saccharose**

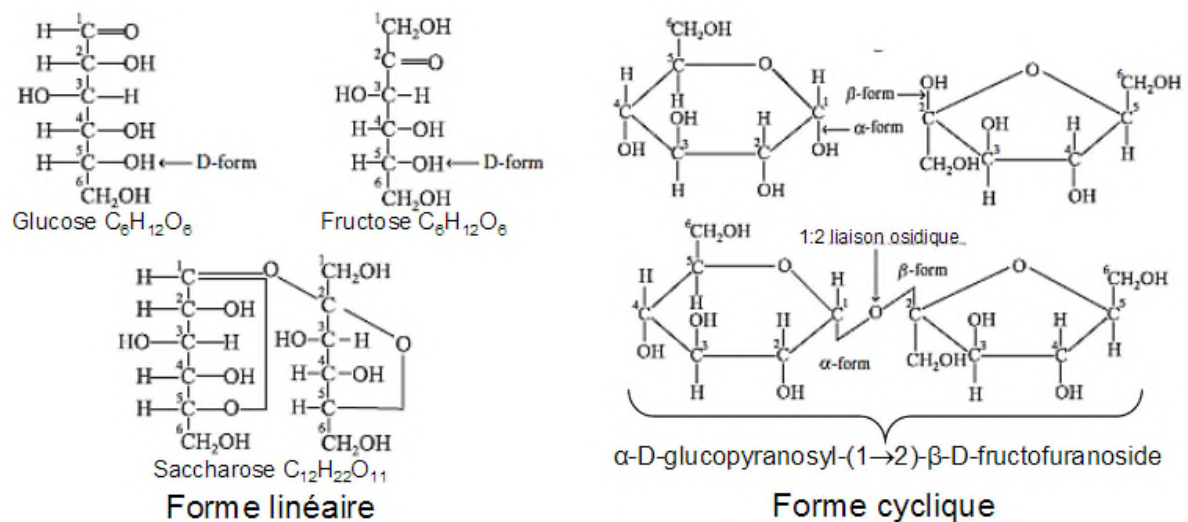
Le saccharose est un disaccharide (diholoside), formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose. La liaison osidique lie le groupe fonctionnel de la molécule du glucose (le groupe aldéhyde) avec le groupe fonctionnel de la molécule du fructose (le groupe cétone).

Dans la chimie des sucres la configuration des sucres est représentée sous deux formes :

- La forme linéaire (Fischer).
- La forme cyclique (Haworth).

La (Figure I.1) montre le glucose, le fructose et le saccharose dessinés en utilisant les deux formes.

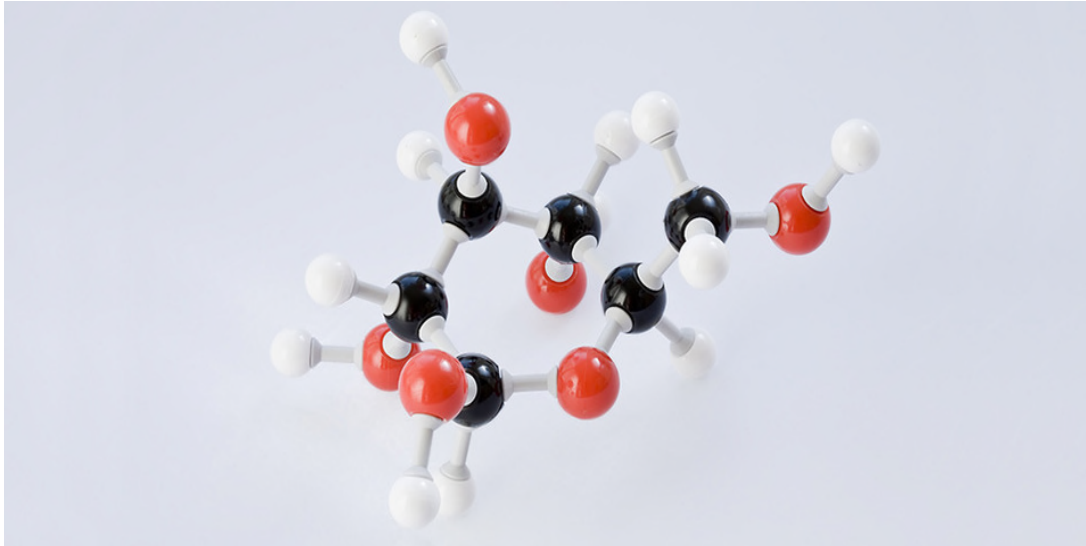
Dans la nomenclature, le nom officiel du saccharose est le  $\beta$ -D-(-)-fructofuranosyl-(2 $\rightarrow$ 1)- $\alpha$ -D-(+)-glucopyranoside (ou  $\alpha$ -D glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-fructofuranoside), parce qu'il se compose du cycle de  $\alpha$ -D-(+)-glucopyranose et du cycle de  $\beta$ -D-(-)-fructofuranose liés par une liaison osidique entre carbone 1 (C-1) de glucose et carbone 2 (C-2) de fructose.



**Figure I. 1 :** Configuration de glucose, fructose et saccharose présentés sous forme linéaire et sous forme cyclique [6].

#### I.4.La structure chimique du sucre [8]

- Hydrates de carbone =glucides : sucres
- Hydrate=hydrogène +oxygène
- Formule chimique C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>
- Les sucres simple (-ose) sont les molécules de base pour les sucres plus complexes.



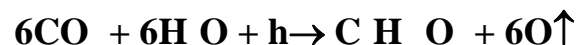
**Figure I.2 :** Structure chimique du sucre [9].

## I.5. Production du sucre

L'obtention industrielle du saccharose par voie chimique n'est pas avantageuse. Comme dans la nature le saccharose se forme dans de nombreuses plantes, il est préférable de l'extraire des tissus végétaux.

### I.5.1. Formation du saccharose dans les plantes

Dans les plantes, le saccharose est formé par la photosynthèse. La photosynthèse est le processus, qui convertit le dioxyde de carbone en matière organique, principalement en sucres, en utilisant la lumière du soleil. C'est un processus biochimique compliqué, qui à l'échelle planétaire contribue à la libération de l'oxygène. L'organe principal de la photosynthèse est la feuille. Schématiquement le premier produit de photosynthèse est un monosaccharide [10].



Puis, en passant des feuilles aux racines, deux monosaccharides forment le saccharose à l'aide de l'enzyme sucrase :



### I.5.2. La Betterave sucrière

Le saccharose est présent dans de nombreux fruits, mais les sources principales de saccharose sont la betterave à sucre et la canne à sucre. La betterave à sucre en contient de 15 à 20% et la canne à sucre de 10 à 17%. Ces deux sources sont utilisées aujourd'hui pour la production industrielle du sucre. [11]

### I.6. Les variétés de sucres

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, aux arômes et aux usages spécifiques :

- **Le sucre blanc cristallisé** : est le plus pur, puisqu'il est constitué à 99,9 % de saccharose. Il est recueilli dans les turbines après concentration sous vide et cristallisation des sirops, au stade final de l'extraction en sucrerie. Il se présente sous la forme de cristaux plus ou moins gros.

- **Le sucre en poudre, ou semoule** : est obtenu après broyage et tamisage du sucre cristallisé blanc. Il se présente en cristaux d'environ 0,4 mm.

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

- **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, les calibres les plus fréquents sont le No. 3 (7 g) et le No. 4 (4,5g).

- **Le sucre en cubes, blanc ou brun** : est issu du concassage de lingots de sucre de canne, eux-mêmes obtenus par ré humidification, moulage et séchage des cristaux de sucre.

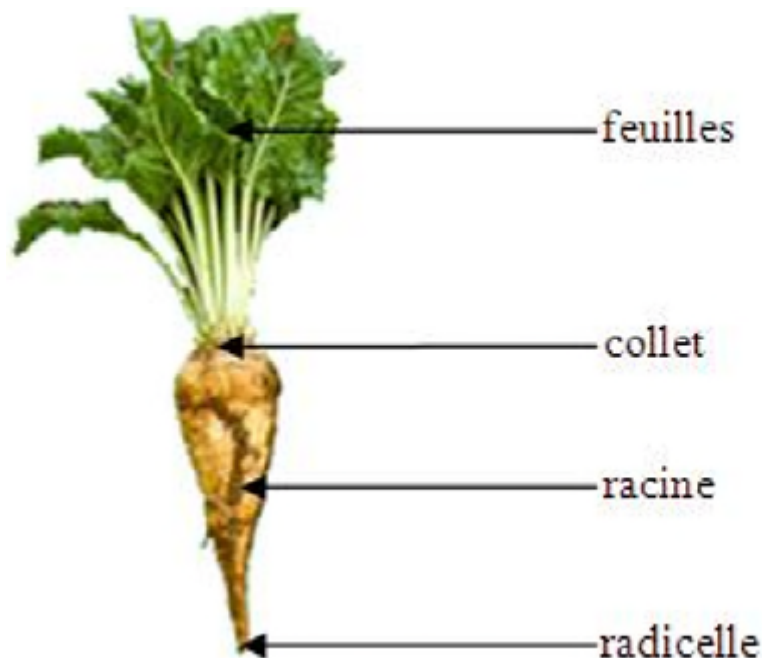
- **Le sucre pour confitures** : est une spécialité élaborée pour les confitures, marmelades et gelées de fruits. C'est un sucre cristallisé auquel sont ajoutés des ingrédients qui facilitent la prise des préparations (pectine naturelle de fruits, acide citrique) [12].

## II-Matières premières

### II-1-Evolution de betterave

#### II-1-1- Récolte de la Betterave

Le sucre (saccharose) est extrait de la betterave sucrière (*Beta vulgaris*) ou de la canne à sucre. Ces plantes possèdent la particularité d'avoir comme glucide de réserve le saccharose, résultant de la synthèse chlorophyllienne et de stocker sous forme de solution aqueuse dans les cellules, sans en modifier la composition. Ces plants accumulent le sucre, au niveau de la racine (Figure I.3) pour la betterave ou de la tige pour la canne. Le nom scientifique de la betterave Chénopodiacées [13].



**Figure I.3:** La partie principale de la betterave sucrière.

La betterave sucrière contient environ : [14]

- 76 % d'eau.
- 15 à 18 % de saccharose.
- 4 à 5 % de pulpe .
- 2 à 3 % d'éléments non sucrés.

#### II-1-2-Condition de culture d'une betterave sucrière

La betterave sucrière est une plante bisannuelle, elle se développe en deux années :

- la première année, phase végétative : développement des feuilles et constitution de la racine charnue, accumulation de réserves en sucre, c'est aussi la phase de culture.
- la deuxième année : montaison et floraison, production de graines.

On récolte la betterave dès la première année car c'est à ce moment que le sucre se forme en grande quantité. Si elle n'est pas récoltée la première année la betterave se sert de son sucre pour évoluer.

La culture de la betterave sucrière nécessite un climat tempéré. Il faut donc une quantité de précipitations de 600 mm/an environ. Les graines ne germent pas en dessous de 5 °C et pendant la phase végétative, une température de 20°C.

La culture de la betterave exige, les agriculteurs la betterave sucrière mi à 2-3 cm de profondeur. Sur une même ligne, les graines sont espacées et les lignes d'au moins 45 cm.

On récolte les betteraves six mois après les semis donc environ à mi-octobre début novembre.

La culture de la betterave sucrière nécessite une terre neutre, riche en azote, phosphore et potassium [1].

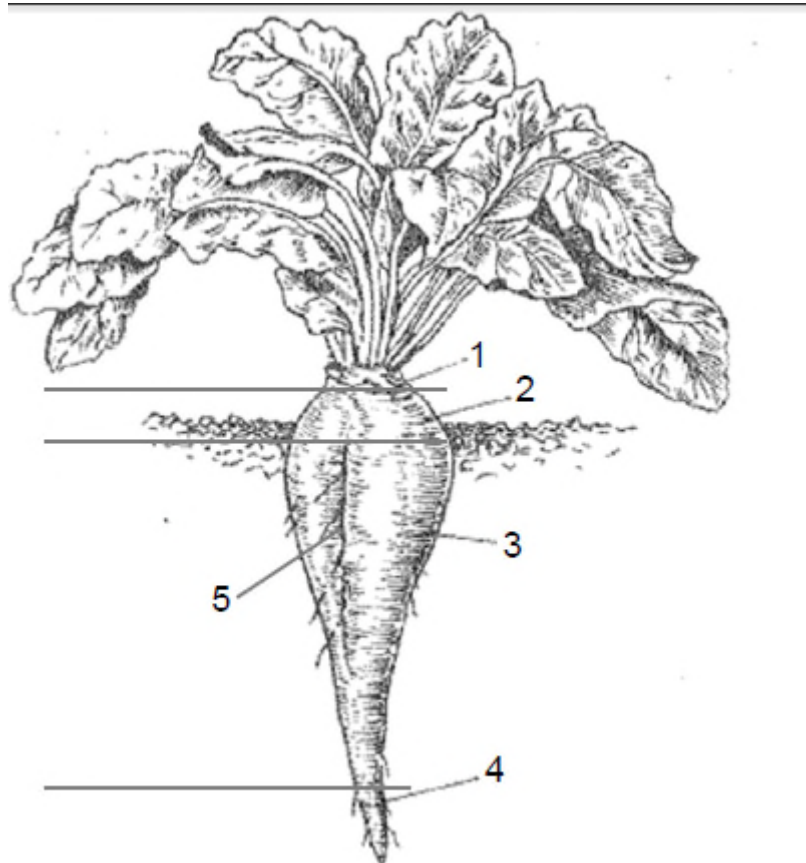
**Tableau I.1** : Production de betterave à sucre dans le monde [8].

N°	Pays	Production de la betterave sucrière, en millions de tonnes (en 2008)
1	France	30,3
2	Fédération de Russie	29,0
3	Etats-Unis	24,4
4	Allemagne	23,0
5	Turquie	15,5
6	Ukraine	13,4
7	Chine	10,0
8	Pologne	8,7
9	Royaume-Uni	7,5
10	Pays-Bas	5,2

### II.1.3. Morphologie de la betterave à sucre

La racine de betterave sucrière se divise en 4 parties : la tête, le collet, la racine principale et la queue (FigI. 4). La tête 1 est une partie au-dessus du sol, sur laquelle les feuilles croissent. Sa hauteur est de 2 à 3 cm. Le collet 2 est une partie haute rétrécie qui est également située au-dessus du sol. Sa hauteur est de 3 à 8 cm. La racine pivotante 3 est la partie la plus importante de la betterave sucrière. Habituellement sa longueur moyenne est de 25 à 27 cm. Les sillons 5, sur lesquels les radicelles croissent, se trouvent des deux côtés de racine. Les radicelles peuvent atteindre une longueur de 2,5 m. Un système de racines aussi puissant assure la viabilité des betteraves pendant la saison sèche. La queue

4 est la partie de la betterave située en-dessous de la racine principale et avec un diamètre inférieur à 10 mm [1].



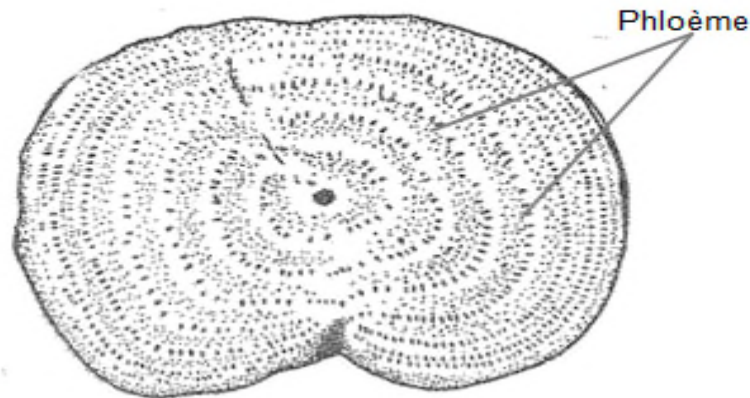
**Figure I.4 :** Betterave à sucre en fin de la première année de croissance : 1 – la tête 2– le collet ; 3 – la racine pivotante ; 4 – la queue ; 5 – le sillon [12].

La racine de betterave sucrière consiste en différents tissus végétaux. Sa surface est protégée par le péri derme qui est formé de cellules robustes et imperméables à l'eau. Puis, on trouve le tissu de l'écorce et le tissu fibreux, au-dessous duquel il y a le tissu principal – le parenchyme. Le parenchyme, formé de cellules arrondies, contient le jus. Verticalement le parenchyme est pénétré par le tissu vasculaire – phloème, qui sert à transporter le sucre des feuilles au parenchyme.

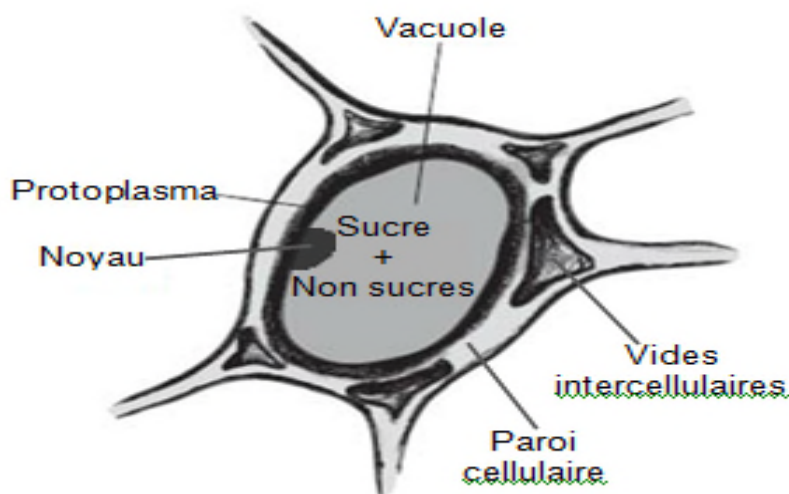
Sur une coupe transversale de betterave (FigI.5) il est bien visible, que le phloème est formé de cercles concentriques (environ 10–12 cercles ou plus). Chaque cercle correspond à un couple des feuilles. Les cercles extérieurs correspondent aux jeunes



feuilles, les cercles intérieurs – aux feuilles les plus anciennes. Plus il y a de cercles, meilleure sera la richesse en sucre de la betterave.



**Figure I.5 :** Coupe transversale de la racine de sucre [12].



**Figure I.6 :** Structure de la cellule betterave à sucre [6].

Les cellules de parenchyme (Fig I. 6) ont une paroi cellulaire poreuse, construite de cellulose, hémicellulose et pectines. A l'intérieur, la paroi cellulaire est contiguë au protoplasma avec noyau. Le protoplasma ou la membrane cellulaire se compose de lipides et protéines et entoure la vacuole, remplie du jus de betterave. Le protoplasma intact laisse passer l'eau, mais il est non perméable au sucre et aux non sucres. Entre les cellules, il y a les vides intercellulaires (méats), remplis de jus ou du gaz.

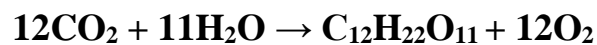
Le saccharose est distribué inégalement dans la racine. Par exemple, dans la tête la concentration de saccharose est 50–60% massiques, dans le collet – 80–85%, dans la racine pivotante – 95–100%, dans la queue – 90–94%. La diminution de la quantité du saccharose est toujours accompagnée par l'augmentation de la quantité des non sucres et donc par une réduction de la pureté du jus. Donc, la quantité de substances non sucrées est plus importante dans les zones les moins riches en saccharose. [13]

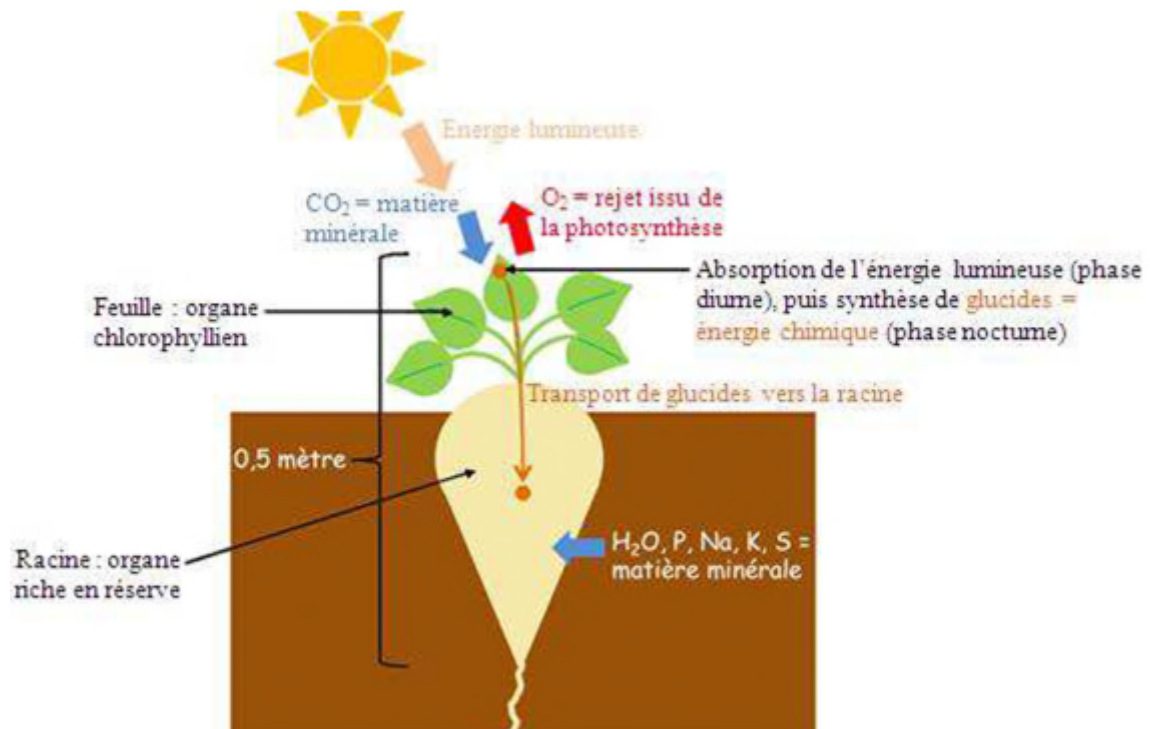
#### II.1.4. Composition chimique de la betterave à sucre

C'est grâce à la photosynthèse qu'une plante, comme la betterave sucrière, peut fabriquer du sucre.

Pour cela, la plante n'a besoin que d'énergie lumineuse et de matières minérales, comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et l'eau (H<sub>2</sub>O). Ces matières minérales se transforment alors en saccharose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) qui est transporté vers la racine et en dioxygène (O<sub>2</sub>) qui est rejeté à l'extérieur par la betterave.

L'équation chimique de la photosynthèse s'écrit : [14]





**Figure I.7:** Schéma représentatif composition moyenne de la betterave sucrière

Dans 100 kg de betterave sucrière, il y a en moyenne 75–76 kg d'eau et 24–25 kg de matières sèches. La composition chimique approximative d'une betterave est présentée sur la (Figure I.8).

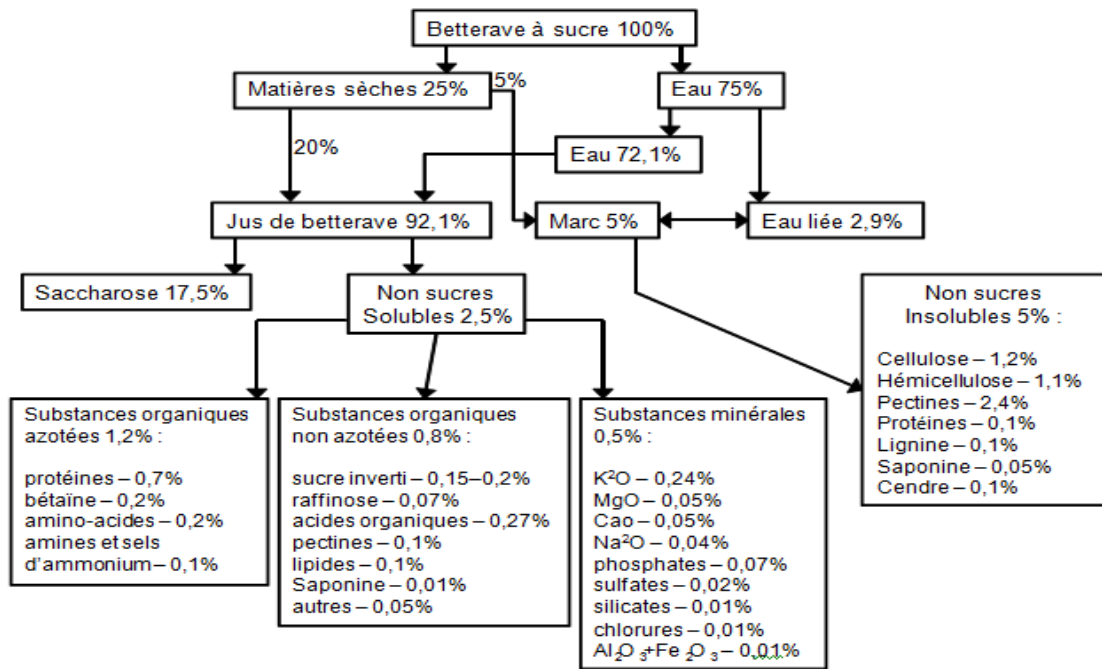


Figure I. 8 : Composition chimique de la betterave à sucre [13].

### III. L'industrie sucre de betterave

Production du sucre peut être divisée en trois étapes principales :

- réception, lavage, découpage des betteraves et diffusion.
- épuration du jus (de pré chaulage à évaporation inclus).
- cristallisation.

Nous allons décrire de façon plus détaillée les procédés de découpage des betteraves, l'extraction du saccharose (par diffusion) et l'épuration du jus obtenu. [4]

Les Différentes étapes de l'extraction du sucre d'une betterave : [14]

#### 1). Réception des betteraves

Les betteraves arrivent du champ par camion. Après la pesée au centre de réception (voir rubrique réception), des échantillons sont prélevés pour mesurer la "tare terre"(terre, pierres ou déchets organiques collés à la racine), le taux de collets (partie supérieure de la racine pauvre en sucre) et la teneur en sucre (mesure saccharimétrique).

Cette étape permet de déterminer le prix auquel sera payée la betterave, qui dépend du poids utile des betteraves livrées à la sucrerie (déduction faite de la tare

Terre et du collet) et de leur teneur en sucre (voir rubrique réception des betteraves).

Les betteraves doivent être travaillées rapidement pour éviter les détériorations. Le stock de betteraves de l'usine garantit une autonomie de 48 heures à l'usine qui fonctionne en flux continu.



**Figure I.9** : Réception des betteraves.

## 2). Lavage

Les betteraves sont acheminées par bande transporteuse ou par voie hydraulique vers le lavoir. Le lavage élimine les impuretés extérieures (terres, pierres, débris végétaux, ...). Les résidus de lavoir (herbes et feuilles) sont valorisés (compost) et les eaux terreuses de lavage sont décantées et recyclées plusieurs fois avant évacuation (voir rubrique eau).



**Figure I.10** : Lavage de betterave par lavoir à contre-courant.

**3). Diffusion**

Sorties du lavoir, les betteraves sont découpées en "cossettes" (fines lanières de 5 à 6 cm de long) dans les coupe-racines. La forme "faîtière" des cossettes est optimisée pour une bonne extraction du sucre dans l'eau.

Les cossettes sont acheminées ensuite vers la diffusion, dans laquelle elles circulent à contre courant avec de l'eau chaude. Au cours de cette opération, les composés solubles de la betterave migrent dans l'eau par le processus de l'osmose. L'eau enrichie, le "jus de diffusion", sort en tête de diffuseur et les cossettes "épuisées" de leur sucre sortent en queue de diffuseur sous forme de pulpes.

En sortie de diffusion, les pulpes contiennent environ 92% d'eau. Une grande partie de cette eau est séparée des pulpes par pressage ou déshydratation et recyclée. Les pulpes "sur pressées" ou déshydratées sont utilisées dans l'alimentation animale.

**4).Épuration**

L'épuration des jus de diffusion a pour objectif d'éliminer une partie des impuretés non solubles qu'ils contiennent. Un traitement à la chaux (chaulage) aboutit à la précipitation des impuretés. Il est suivi par une double carbonatation (ajout de CO<sub>2</sub>) qui sert à précipiter la chaux restant dans le jus. Le filtrat (impuretés et chaux précipitées) est séparé par filtration.

Les sucreries fabriquent elles-mêmes les deux agents de l'épuration : chaux et CO<sub>2</sub> dans un four à chaux dans lequel des pierres calcaires sont calcinées pour fournir de la chaux vive et du CO<sub>2</sub>.

Le filtrat est séché pour donner les écumes, riches en calcaire, qui sont utilisées comme amendement en agriculture.



**Figure I.11:** L'épuration des jus sucre par diffusion.

### 5).Évaporation

Le jus épuré contient encore 85% d'eau. L'évaporation permet de concentrer ce jus épuré jusqu'à obtenir un sirop à une concentration proche de la saturation. L'évaporation a lieu dans un évaporateur à multiple "effets" (plusieurs évaporateurs successifs) dans lesquels la pression est abaissée d'effet en effet afin de réduire le point d'ébullition du jus concentré. Une température plus basse permet d'éviter la cuisson du sucre à un stade consacré à évaporer le jus.

Les quantités d'eau à éliminer sont si importantes qu'elles suffisent aux besoins en eau de l'usine (voir rubrique eau). La vapeur produite est aussi recyclée et permet également de générer l'énergie électrique (cogénération) utile au fonctionnement de l'usine (voir rubrique énergie).



**Figure I.12** :L'évaporateur Industrielle

## 6). Cristallisation

La cristallisation consiste en la séparation du saccharose (sous forme de cristaux) des impuretés (solubles) qui demeurent dans le jus concentré. La cristallisation est réalisée en 2 ou 3 étapes appelés "jets".

Chaque jet est constitué d'une phase de cristallisation proprement dite, de malaxage et de centrifugation. Le jus concentré est chauffé et agité dans de grandes chaudières dites "cuites" fonctionnant sous vide partiel. Sa concentration se poursuit et de très fins cristaux de sucre y sont introduits pour déclencher la cristallisation (grossissement des cristaux). Le mélange sirop – cristaux ("la masse cuite") obtenu passe ensuite dans un malaxeur pour le refroidir tout en poursuivant la cristallisation. Il est enfin centrifugé dans des turbines ou centrifugeuses pour séparer les cristaux des égouts (jus issu de l'égouttage). Les égouts contiennent encore du sucre ainsi que les impuretés qui n'ont pas été éliminées lors de l'épuration.

Les égouts issus du 3ème jet constituent la mélasse, encore riche en sucre mais difficilement extractible. La mélasse est utilisée dans les industries de fermentation (distilleries, levurières, production d'acide citrique, ...) et dans l'alimentation animale. Les



sucreries disposant d'une distillerie annexe ne fonctionnent généralement qu'en 2 jets et acheminent l'égout de 2ème jet directement vers la distillerie.



**Figure I.13** : Atelier de cristallisation

### 7). Séchage, stockage et conditionnement

Le sucre cristallisé blanc est évacué du fond de la turbine et séché puis refroidi. Il est ensuite tamisé, classé et pesé, puis dirigé vers l'atelier d'ensachage ou vers de vastes silos (plusieurs milliers de tonnes) où il est conservé en vrac.



**Figure I.14** : Atelier de séchage.



# *Bibliographie*

***Bibliographie***

- [1] Asadi, m. (2007). beet-sugar handbook. john wiley & sons, inc., hoboken, nj. poel, van der, p. w., schiweck, h., schwartz, t. (1998). sugar technology. beet and cane sugar manufacture. verlag dr. albert bartens kg, berlin.  
manuel de sucrerie. (1984). edité par la raffinerie tirlémontoise s.a., 4ème édition, tienen, belgique.  
sapronov, a. r., zhushman, a. i., loseva, v. a. (1990). general technology of sugar and sugar substances (2nd ed.). vo agropromizdat, moscow (in russian).
- [3] Asadi, m. (2007). beet-sugar handbook. john wiley & sons, inc., hoboken, nj.  
sapronov, a. r., zhushman, a. i., loseva, v. a. (1990). general technology of sugar and sugar substances (2nd ed.). vo agropromizdat, moscow (in russian).
- [4] Thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur de l'UTC 2010, université de technologie Compiègne
- [5] Poel, van der, p. w., schiweck, h., schwartz, t. (1998). sugar technology. beet and cane sugar manufacture. verlag dr. albert bartens kg, berlin.
- [6] Asadi, m. (2007). beet-sugar handbook. john wiley & sons, inc., hoboken, nj.
- [7] Glinsmann, w. h., irausquin, h., park, y. k. (1986). evaluation of health aspects of sugars contained in carbohydrate sweeteners. report of sugars task force. journal of nutrition, 116, s5–s16.
- [10] Asadi, m. (2007). beet-sugar handbook. john wiley & sons, inc., hoboken, nj.  
silin, p. m. (1967). sugar technology (2<sup>nd</sup> ed.). izdatelstvo pischevay promyshlennost, moscow (in russian).
- [11] Asadi, m. (2007). beet-sugar handbook. john wiley & sons, inc., hoboken, nj.  
Poel, van der, p. w., schiweck, h., schwartz, t. (1998). sugar technology. beet and cane sugar manufacture. verlag dr. albert bartens kg, berlin.  
silin, p. m. (1967). sugar technology (2<sup>nd</sup> ed.). izdatelstvo pischevay promyshlennost, moscow (in Russian).

- [12] Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture (le centre acer inc.) extraction et raffinage du sucre de canne par: alfa arzate saint-norbert d'arthabaska, 25 novembre 2005
- [13] Mathlouthi dossier cedus avac la collaboration de l'université de reims prof :mathlouthi,mc barabar rogé.
- [14] Syndicat national des fabricants de sucre,23, avenue d'iéna.

## *CHAPITRE II:*

### **Synthèse de bioéthanol à partir l'extraction de la betterave sucrière**

## I. Biocarburants

### I.1.Présentation et définition

Un carburant est un combustible qui en présence d'oxygène est facilement inflammable. Les carburants les plus utilisés encore aujourd'hui sont les hydrocarbures, comme par exemple le gazole et l'essence. Ils sont issus de ressources fossiles non renouvelables.

Contrairement aux hydrocarbures, les "biocarburants" (appelés aussi "agro carburants" ou "carburant vert") sont des énergies renouvelables. Ils sont produits à partir de matière organique (bois, déchets, alcool,...) provenant de la biomasse.

Les biocarburants sont des essences liquides issus de la transformation des matières végétales agricoles. Pour les réaliser, on utilise surtout les betteraves et le colza (70%) et les céréales comme le blé, le maïs, le tournesol (30%).

N'importe quel aliment ne peut pas être choisi pour réaliser les biocarburants. Il faut que leur bilan énergétique soit nettement positif, c'est-à-dire qu'ils doivent produire plus d'énergie qu'ils n'en ont nécessité pour leur production et leur transformation (ce qui n'est pas toujours le cas) [1].

Les biocarburants sont utilisés de deux manières. La première, actuellement la plus répandue consiste à mélanger le biocarburant à des carburants fossiles comme c'est le cas par exemple pour le biodiesel, utilisé dans des moteurs conçus pour des dérivés du pétrole. On parle alors de substitution partielle. La deuxième, consiste à utiliser le biocarburant pur, des moteurs sont spécialement conçus pour ces biocarburants où aucun mélange n'est nécessaire. On parle de substitution totale [2].

Pour utiliser ces carburants dans les moteurs, deux approches sont possibles :

- adapter le biocarburant aux moteurs actuels.
- adapter le moteur au biocarburant naturel [1].

### I.2.Les Différent filières de production

#### I.2.1.1ère génération

En 2010, environ 2,7% des carburants utilisés dans le transport terrestre, soient 105 millions de tonnes, proviennent de la filière de biocarburants, dont la totalité des biocarburants de

première génération. La caractéristique principale des biocarburants de première génération est qu'ils sont issus de produits alimentaires et que juste une petite partie de la plante est utilisé pour leur production.

On distingue alors deux grandes filières de biocarburants de première génération :

- **La filière sucre:** On cultive des espèces végétales qui sont riches en sucres simples comme la canne ou la betterave à sucre ou qui sont riches en amidon comme le maïs ou le blé. Ensuite par ajout de levures et ainsi par fermentation subséquente on obtient de l'éthanol. Celui-ci est ensuite distillé et mélangé à un certain pourcentage aux carburants conventionnels. La production totale de ce bioéthanol en 2010 s'élève à 86 million de tonnes. 90% de la production de bioéthanol provient des États-Unis et du Brésil.
- **La filière huile:** On cultive des espèces végétales qui sont riches en huiles, comme le colza et le palmier à huile. L'huile est ensuite extraite par pressage à froid et ensuite transformé par transe est réification en biodiesel (diester). La production totale du biodiesel en 2010 s'élève à 19 million de tonnes dont la plus grande part de la production (53%) provient de l'union européenne. Il existe aussi la possibilité d'utiliser l'huile végétale brute comme carburant, sans devoir la transformer. Cependant ceci pose des difficultés techniques au niveau de la construction des moteurs et reste ainsi une solution peu utilisée [3].

**Tableau II.1 :** récapitulatif des biocarburants de première génération [4].

<b>MATIÈRE PREMIÈRE</b>	<b>PLANTES OLÉIFÈRES</b>	Palmier à huile, soja, colza, tournesol
	<b>PLANTES À SUCRES</b>	Canne et betterave à sucre
	<b>PLANTES À AMIDON</b>	Blé, maïs
<b>PROCÉDÉS DE FABRICATION POUR QUELS CARBURANTS ?</b>	<b>FERMENTATION + DISTILLATION</b>	Bioéthanol
	<b>TRANSESTERIFICATION</b>	Biodiesel/Biogazole
	<b>EXTRACTION</b>	Huile végétale carburant
<b>ÉTAT DES LIEUX DE LA TECHNOLOGIE</b>	<b>INDUSTRIALISÉ</b>	En 2010: 86 Mio. t Bioethanol 19 Mio t Biodiesel =2,7% des carburants utilisé



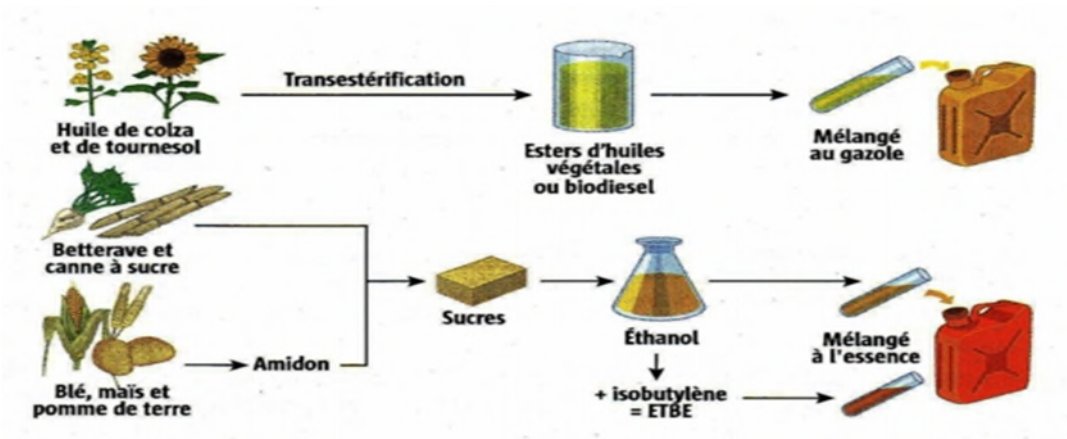


Figure II.1 : Les procédés de fabrication du bioéthanol et du biodiesel [5].

### I.2.2. 2ème génération

Les biocarburants de deuxième génération sont la génération évolutive des biocarburants de première génération et sont actuellement en phase de recherche.

La matière première :

La différence principale avec la première génération est la matière première mobilisée : la plante entière est valorisée. La matière première (la biomasse) provient ici des sous-produits des activités agricoles, forestières, industrielles et urbaines et des nouvelles cultures ligne cellulose dédiées. Elle n'est plus en compétition avec les cultures alimentaires.

Les sous-produits et déchets organiques qui ne peuvent pas être recyclés peuvent être valorisés et utilisés pour la fabrication de ces biocarburants. Les bois, les rémanents forestiers, les résidus de scieries et les surplus de pailles sont utilisés pour la fabrication du bioéthanol et de biogaz. Les déchets verts, les effluents d'élevage, les résidus de laiterie et d'autres déchets d'industries agroalimentaires peuvent permettre la production de biogaz par fermentation.

Les schémas ci-dessous résument les différentes étapes de fabrication des deux biocarburants [6].

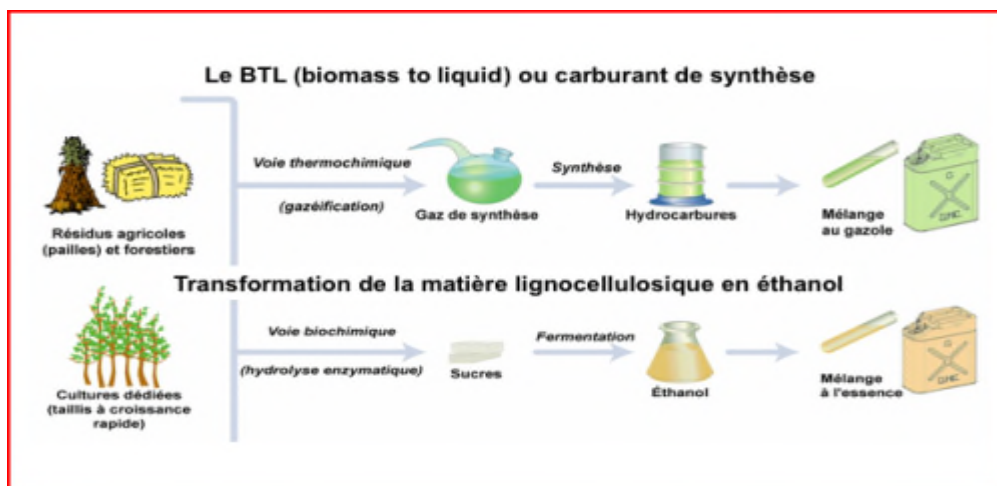


Figure II. 2 : Les procédés de fabrication du bioéthanol et du biogaz [7].

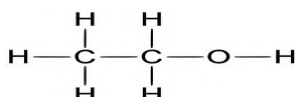
### I.3. Avantages et inconvénients [8]

Tableau II.2 : l'avantage et inconvénient de biocarburant.

Les Biocarburant	
Avantage	Inconvénients
Impact quasi-nul sur l'effet de serre, maintien des activités rurales.	Additif à un carburant, pollution secondaire en cas d'intensification de l'agriculture (énergie).

## II. Définition de l'éthanol

L'éthanol, ou alcool éthylique (ou plus simplement alcool), est un alcool de formule semi-développée CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH. C'est un liquide incolore, volatil, inflammable et miscible à l'eau en toutes proportions. C'est un psychotrope, et l'une des plus anciennes drogues récréatives, sous la forme de boisson alcoolisée. C'est également la drogue dure qui occasionne la plus forte mortalité L'éthanol est utilisé par l'industrie agroalimentaire (pour la production de spiritueux notamment), la parfumerie et la pharmacie galénique (comme solvant) ainsi qu'en biocarburant (bioéthanol). Il est en outre utilisé dans les thermomètres à alcool.



### Formule

L'éthanol est un alcool primaire à deux carbones de formule brute  $C_2H_6O$  et de formule semi-développée  $CH_3CH_2OH$  ou  $CH_3-CH_2-OH$ , indiquant que le carbone du groupe méthyle ( $CH_3-$ ) est attaché au groupement méthylène ( $-CH_2-$ ) lui-même attaché au groupement hydroxyle ( $-OH$ ). C'est un isomère de constitution de l'éther méthylique. L'éthanol est usuellement désigné par l'abréviation « EtOH », le groupement éthyle ( $C_2H_5-$ ) étant communément abrégé « Et » en chimie organique.

### Nom

Éthanol est le nom systématique défini par la nomenclature des composés organiques pour une molécule avec deux atomes de carbone (préfixe éth-) ayant une liaison simple entre eux (suffixe -ane) et attaché à un groupe hydroxyle (suffixe -ol)

### Présence naturelle

L'éthanol est un sous-produit du métabolisme des levures, et est donc présent dans l'habitat de ces organismes. On peut aussi retrouver fréquemment de l'éthanol dans les fruits murs, et dans de nombreuses plantes du fait de l'anaérobiose naturelle durant la germination. De l'éthanol a aussi été détecté dans l'espace, recouvrant sous forme solide des grains de poussière dans les nuages interstellaires

### Production

L'éthanol peut être produit industriellement à partir de la pétrochimie par hydratation de l'éthylène, et par fermentation alcoolique de levures ou de cellulose. Le procédé le plus économique dépend principalement du marché pétrolier. [9]

### II.2.L'utilisation de l'éthanol

Pond à de l'éthanol pur. Plusieurs types de mélange sont commercialisés dont les plus fréquents sont le E5, le E10, le E85 et le E100 (1). Le bioéthanol peut être aussi utilisé sous forme d'ETBE (Ethyle Tertio Butyle Ether), qui est formé par l'éthérification catalytique de l'isobutane avec de l'éthanol. Il contient 45% en masse d'éthanol combiné sous forme chimique. L'ETBE possède les mêmes avantages que l'éthanol en termes d'accroissement d'indice d'octane [10].

Comparé à l'essence, l'éthanol contient près de 40 % moins d'énergie, mais affiche une masse volumique supérieure de 7 %. Utilisé dans un système d'injection volumétrique, l'éthanol générera donc moins de puissance qu'une essence, cette diminution étant proportionnelle au

contenu en éthanol du carburant. Toutefois, l'incorporation de 10 % d'éthanol dans l'essence ne réduit que de 3 % la puissance du moteur et favorise une meilleure combustion d'un même ordre de grandeur [11].

### **III. Le bioéthanol**

#### **III.1. Définition de bioéthanol**

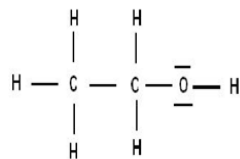
L'éthanol  $\text{CH}_5\text{OH}$  est le produit de la fermentation des sucres. Le bioéthanol est l'éthanol élaboré à partir de la biomasse. Il est obtenu par la fermentation des sucres fermentescibles contenus dans la biomasse en présence d'une levure, *Saccharomyces cerevisiae* qui est l'une des levures utilisées lors de la fermentation des sucres. Le bioéthanol peut être produit à partir:

- De substrats riches en sucrose (canne à sucre, betterave sucrière, etc.), en amidon (maïs, orge, blé, pomme de terre, etc.)
- De substrats cellulosiques tels que les résidus agricoles (la paille ou les cannes de maïs), les résidus forestiers, cultures énergétiques (le panic érigé ou des arbres à courte rotation)

Le bioéthanol contient 35% d'oxygène, ce qui permet une réduction d'émission de matière particulaire. L'utilisation de bioéthanol réduit de 7% la quantité de  $\text{CO}_2$  émise par rapport à l'essence. Par ailleurs, le bioéthanol se caractérise par un indice d'octane très élevé. Un fort indice d'octane indique une résistance élevée à la détonation provoquée par un allumage prématuré assurant une haute performance du moteur, notamment sur le plan de la puissance développée. L'éthanol joue à ce titre le rôle des dérivés du plomb autrefois présents dans l'essence.

Formule brute:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

Formule semi-développée:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$



Voici l'équation bilan de la combustion du bioéthanol: [12]

**Ethanol + Dioxygène → Dioxyde de Carbone + Eau**

La (figure II.3) présente la production du bioéthanol à travers le monde entre 1980 et 2008. De 1991 jusqu'à 2001, la quantité de bioéthanol augmente de 6 milliard litres à 18,5 milliard litres. A partir de 2001 jusqu'à 2007, la production a atteint environ 60 milliards litres par an. Le Brésil était le premier pays producteur de bioéthanol jusqu'en 2005 et à partir de 2006 les Etats Unies d'Amérique ont pris la première place suivis du Brésil, la Chine, l'Inde, la France, l'Allemagne et l'Espagne. En 2008 la production mondiale du bioéthanol a atteint 65,61 milliards litres [13].

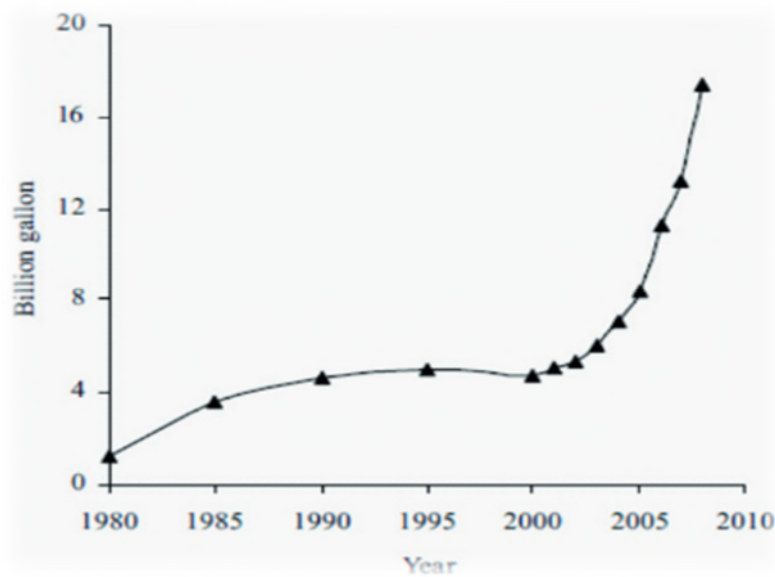


Figure II.3 : Production de bioéthanol à travers le monde entre 1980 et 2008 [14].

Le procédé de production du bioéthanol est constitué de 4 étapes (figure I. 4) quel que soit le substrat utilisé. Le produit final (bioéthanol) issu de la fermentation reste le même, seul le procédé de fabrication diffère selon la matière première à fermenter.

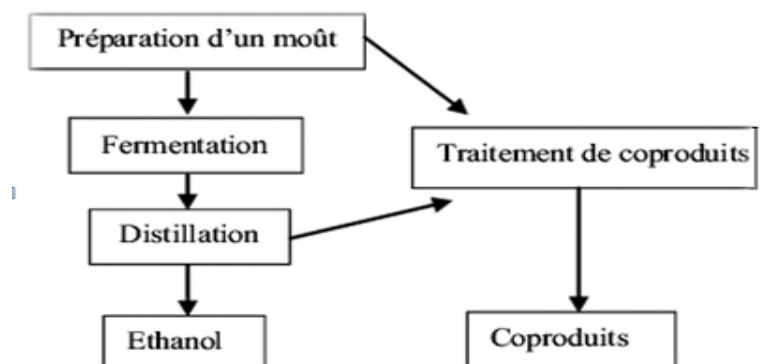


Figure II.4 : Différentes étapes du procédé de production du bioéthanol [14].

Production de bioéthanol à partir de ressources saccharifiées :

Ce type de bioéthanol est appelé de première génération. Deux matières premières agricoles saccharifères sont exploitées : la betterave et la canne à sucre

L'étape spécifique de la préparation du moût est l'extraction du saccharose qui se fait par un pressage, ou un lavage à l'eau chaude suivi d'un pressage. On obtient un jus sucré, très fermentescible en présence de levures [15]. La liqueur fermentée ou bière doit subir une distillation qui consiste en la séparation de l'alcool des vinasses à une température de 78°C [11].

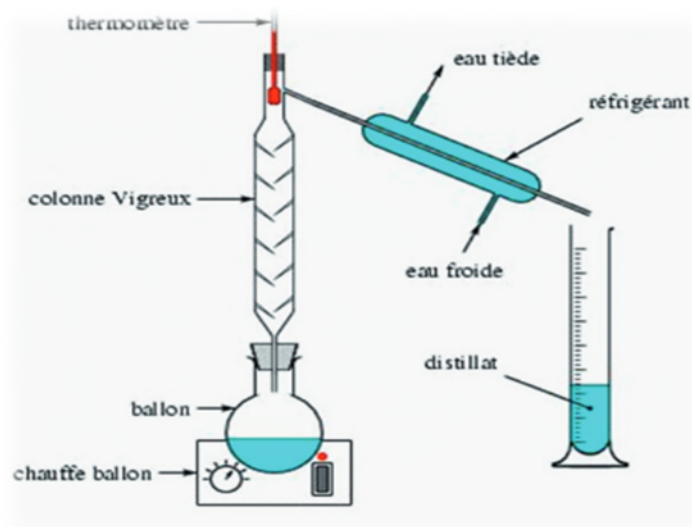


Figure II. 5 : Procédé de distillation.

### III.3.Utilisation du bioéthanol

Le bioéthanol peut être utilisé, sous certaines conditions, comme carburant dans les moteurs à essence, soit de 5 à 20% dans les moteurs à essence sans modification et/ou de 85 à 100% dans des moteurs à essence spécifiquement adaptés. En outre, l'éthanol peut être converti en divers produits de base de l'industrie chimique, tels, l'éthylène et l'éther éthyle tertio butyle (ETBE), conventionnellement, produits à partir du pétrole (figure 6). Il est à signaler que le plastique résulte de la polymérisation de l'éthylène et de l'ETBE mélangé à raison de 15% à l'essence, permet d'augmenter l'indice d'octane du carburant, contrairement à l'éthanol, il ne favorise pas l'évaporation des carburants et n'absorbe pas l'humidité de l'air [16].

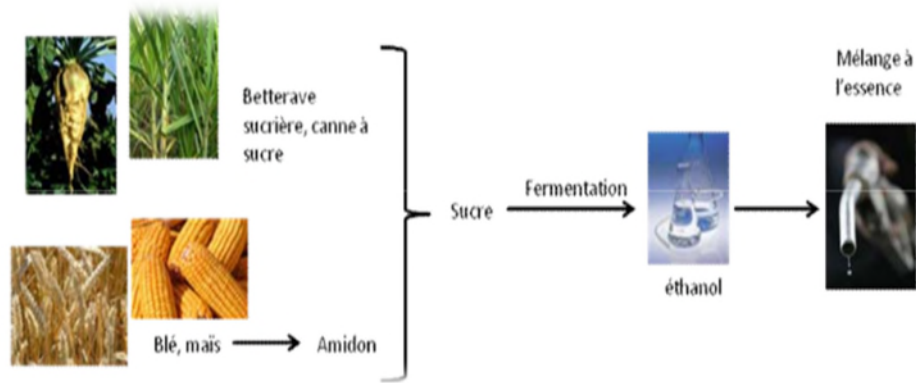


Figure II. 6: Le bioéthanol de la production à l'utilisation [17].

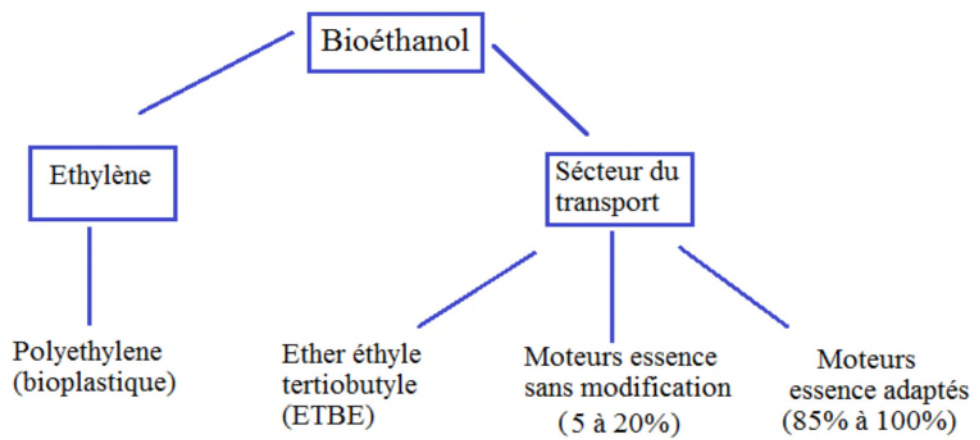


Figure II. 7 : Utilisation potentielle du bioéthanol [18].

### III.4. Avantages et inconvénients du bioéthanol

Tableau II. 3: Comparaison des avantages et inconvénients de l'utilisation du bioéthanol en tant que carburant [17].

Avantages	Inconvénients
Diminution des émissions de dioxyde de carbone et meilleur rendement énergétique des moteurs à explosion	Les véhicules utilisant l'E85 produisent des émissions plus élevées d'oxyde d'azote, d'éthylène et d'acétaldéhyde que les véhicules à essence
Indice d'octane* élevé permettant une meilleur efficacité des moteurs à explosions	Indice de cétane** faible ne permettant pas son utilisation dans les moteurs à combustion interne sans l'ajout d'un accélérateur d'ignition
Diminution des émissions de particules, de soufre, de benzène et de butadiène 1-3	Augmentation des émissions d'hydrocarbures par évaporation nécessitant un réglage de la pression de vapeur du carburant
Risque moins élevé de formation d'ozone que l'essence et le diesel	Emission d'acide acétique en cas de réaction entre le catalyseur et le carburant résiduel à l'échappement
Biodégradable	Corrosion des pièces en contact avec l'éthanol
Utilisation flexible de 0 à 100%	Problèmes de stabilité de phase dans le mélange d'essence en cas de présence d'eau (dé miscibilité).

Comme il est possible de le voir dans le tableau 1, un certain nombre d'inconvénients sont associés à l'utilisation du bioéthanol. Mais les industriels mettent en avant les contributions positives de ce carburant sur la qualité de l'air, la diversification de l'approvisionnement énergétique et le développement de l'économie rurale. Même s'il est vrai que l'éthanol est encore un carburant coûteux à produire, des incitations fiscales existent et les procédés sont encore améliorables. De plus, afin de diminuer les coûts de production du bioéthanol, la valorisation des différents coproduits est recherchée. Le bioéthanol pourrait



donc apporter sa contribution à la diversification énergétique dans le secteur des transports tout en permettant la diminution des émissions de gaz à effet de serre, en l'absence d'effets liés à des changements d'affectation des sols [19].

### **III.5. Biodiesel**

Le Biodiesel est un ester méthylique obtenu par réaction chimique (transestérification) entre un alcool léger et de la matière grasse (Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 2008). Notons qu'il peut être utilisé soit comme carburant de remplacement à 100% (B100) et sans modification majeure de la voiture; soit mélangé aux hydrocarbures traditionnels (avec des concentrations différentes soient 2%, 5% ou encore 20%) (Conseil Québécois du Biodiesel, Indisponible) [20].

### **III.6. Cycle de vie du bioéthanol carburant [21].**

L'étude de cas que vous allez réaliser, porte sur l'Analyse de Cycle de Vie d'un carburant, l'éthanol, obtenu à partir de betteraves comme bio ressources renouvelables.

Étapes du Cycle de Vie du bioéthanol carburant :

Dans cette étude, vous considérez les étapes suivantes du cycle de vie (Figure

- la culture des betteraves
- le transport des betteraves
- la production d'éthanol
- le traitement des coproduits
- le transport de l'éthanol et des coproduits
- la combustion du carburant dans un moteur de voiture

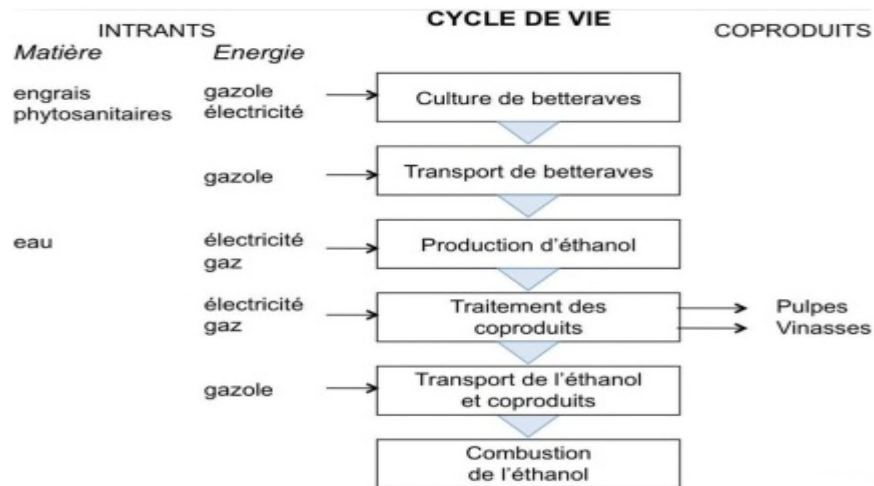


Figure II. 8 : Cycle de vie du bioéthanol carburant

**-Schéma du procédé industriel :**

Le procédé industriel de transformation des betteraves (Figure II.9) comprend un procédé principal de production d'éthanol. Il est composé d'une succession d'opérations unitaires :

- le lavage et découpage des betteraves
- l'extraction du sucre par de l'eau chaude
- la fermentation du sucre en éthanol
- la récupération de l'éthanol par distillation
- la déshydratation finale de l'éthanol par des tamis moléculaires.

Afin de valoriser les deux coproduits de la production d'éthanol, les pulpes de betteraves obtenues dans l'opération d'extraction et les vinasses dans l'opération de distillation, le procédé industriel comporte également des opérations de traitement de ces coproduits :

- le pressage et le séchage des pulpes
- la concentration par évaporation des vinasses

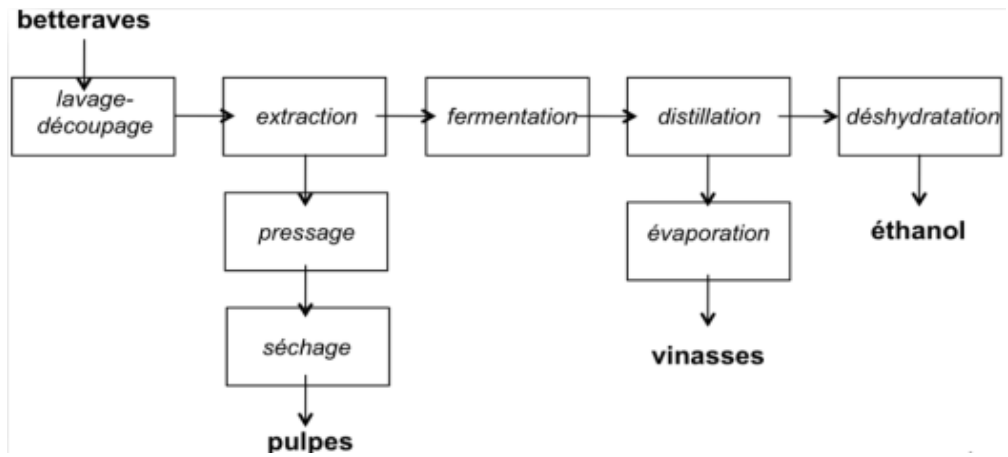


Figure II.9 : Schéma de procédé de production d'éthanol et de traitement des coproduits.

### III.7.Fabrication le bioéthanol

Il faut savoir que la fabrication du bioéthanol passe tout d'abord par la fabrication d'éthanol, celle-ci se fait selon différentes étapes qui peuvent différer selon la filière. Schéma de la fabrication de bioéthanol à partir de plantes amylicées et sucrières, on oublie les plantes oléagineuses qui ne sont pas destinées à devenir du bioéthanol mais du biodiesel.

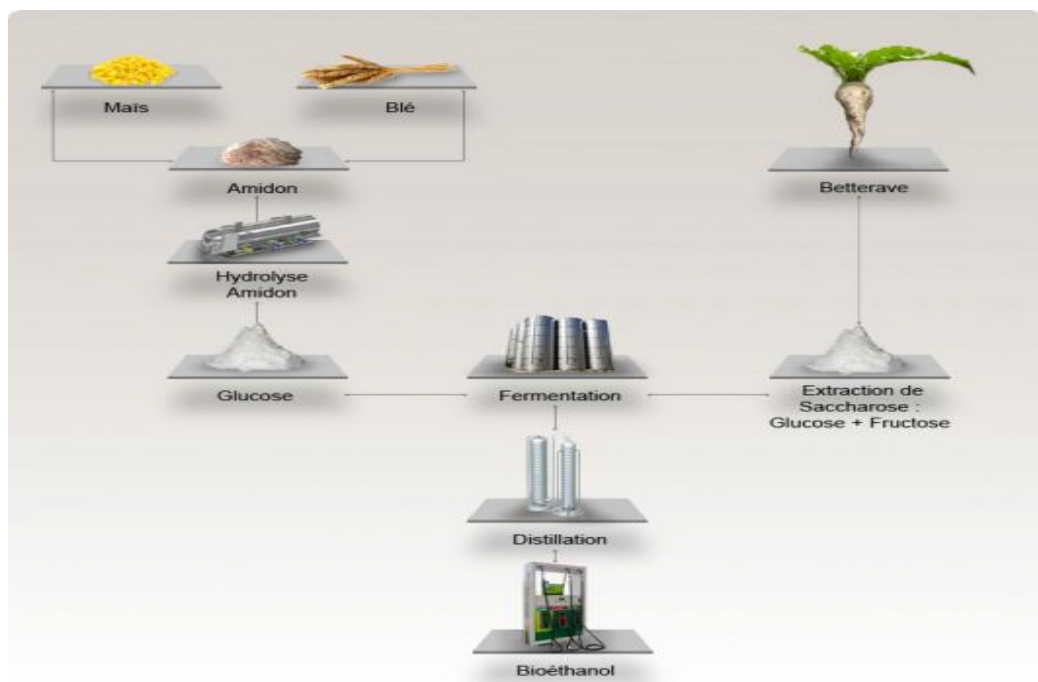


Figure II.10 : Synthèse de bioéthanol à partir l'extraction du sucre d'un type Végétal [22].

Nous allons vous expliquer les différentes étapes de fabrication représentées par le schéma ci-dessus.

### 1<sup>ère</sup> étape: Obtention d'une matière sucrée

- **Pour les plantes amylacées**

Les plantes amylacées contiennent de l'amidon, qui est un glucide contenant du glucose. Pour obtenir ce dernier, on utilise un procédé appelé hydrolyse de l'amidon.

En effet l'amidon est un polymère, une molécule de masse molaire élevée qui est constituée de plusieurs monomères (en l'occurrence du glucose) unis par des liaisons covalentes (de façon schématisée, on peut dire que l'amidon forme un "chapelet" de molécule de glucose). L'hydrolyse permet alors de casser ces liaisons grâce à des molécules d'eau et des enzymes.

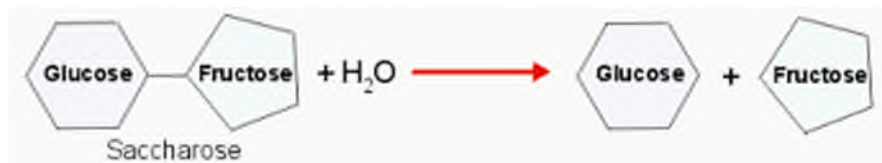
On peut alors récupérer le sucre issu de cette hydrolyse: le glucose.

- **Pour les plantes sucrières**

Les plantes sucrières telle que la betterave ne contiennent pas de l'amidon, mais du saccharose, une macro molécule constituée d'une molécule de glucose, et d'une molécule de fructose.

Dans le cas de la betterave, plante sucrière, la matière obtenue après lavage et découpage de la plante en cossette, est chauffée. En effet, le glucose est stocké dans les cellules de la plante car nécessaire à son métabolisme. Cependant ces cellules sont entourées d'une membrane, chauffer la matière permet de détruire la membrane des cellules et ainsi libérer le saccharose dans le jus de diffusion qui sera alors filtré pour éliminer les cossettes vidées de leur sucre. Ce procédé est le même pour l'extraction du sucre dans une sucrerie

Par le même procédé d'hydrolyssations, des enzymes vont la aussi casser les liaisons covalentes et la molécule de saccharose donne alors 1 molécule de glucose et une autre de fructose.



### 2<sup>ème</sup> étape: Fermentation du moût sucré

Que ce soit pour les plantes amylacées ou sucrières, la fermentation alcoolique (aussi appelée éthylique) est la même: Des sucres sont fermentés par des micro-organismes (levures, bactéries,...), ce qui engendre la formation d'éthanol, de dioxyde de carbone et de chaleur.

**Glucose → éthanol + dioxyde de carbone**

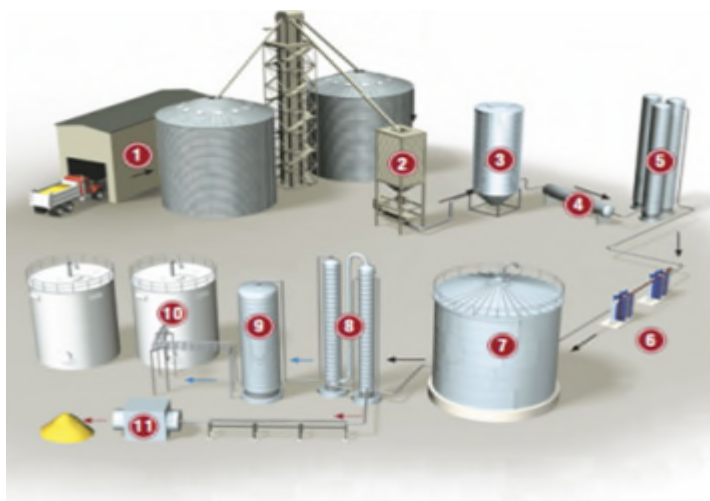


### 3<sup>ème</sup> étape: Purification

On obtient alors une solution contenant de l'eau, de l'éthanol et d'autres espèces chimiques. Pour récupérer le maximum d'éthanol, on procède à une purification selon un principe de distillation. Cette distillation permet d'obtenir un alcool à environ 95%.

Pour obtenir un alcool quasi-pur, on réalise une déshydratation de l'éthanol, le plus souvent par la chaux qui a la propriété de "piéger" l'eau. L'éthanol obtenu est dit anhydre (sans eau) car presque pur: environ 99,8%

On peut représenter de façon schématique le processus de production de bioéthanol à échelle industrielle par l'image ci-dessous. On retrouve les étapes essentielles énoncées ci-dessus.



1-Déchargement

2-Broyage

3-Empattage

4-Cuisson

5-Hydrolyse

6-Refroidissement

7-Fermentation

8-distillation

9-Déshydratation

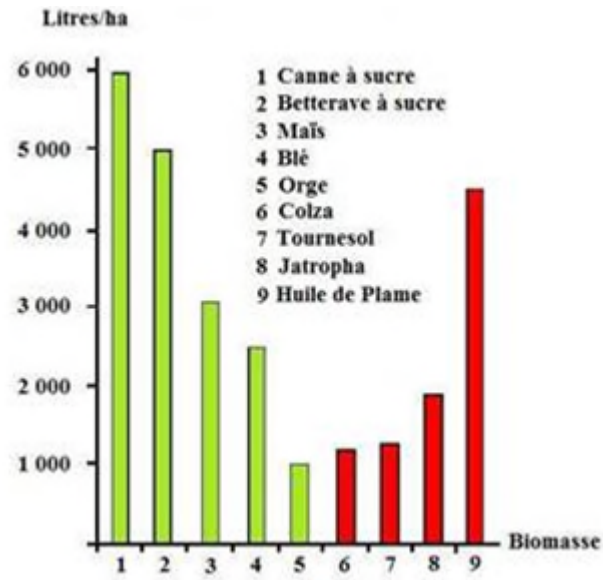
10-Stockage

11-Tr.des vinasse

**Figure II.11:** Processus de production de bioéthanol [23].

### III.8.Des rendements différents selon les plantes :

Dans la production de bioéthanol ce sont les plantes sucrières qui possèdent les plus hauts rendements telles que la canne à sucre produisant 6000Litres/ha et les betteraves à sucres avec 5 000Litres/ha produit. Les plantes amylacées produisent moitié moins par exemple 3 000Littres/ha pour le Maïs.



**Figure II.12** : Rendement en biocarburant pour la production de bioéthanol(en vert) et de biodiesel (en rouge) en fonction des plantes utilisées [24].

# *Bibliographie*

***Bibliographie***

- [1] Exposé sur les biocarburants, publié le 25 novembre 2010 par tek38g2b.over-blog.com
- [10] Colonna, p. la chimie verte. ed tec et doc. paris : lavoisier, 2006. 532p.
- [11] Craaq.la production d'éthanol à partir de grains de maïs et de céréales, canada :  
publication n° evc 029, 2008, 11p.
- [13] Demirbas, a; fatih demirbas, m. algae energy: algae as a new source of biodiesel.  
london: springer, 2010, p. 29-47.
- [16] Escobar, j. c., lora e. s., venturini, o. j., yanez, e. e., castillo, e. f. et almazan, o.  
(2009) ,biofuels: environment, technology and food security. renew sust energy reviews.  
13(6-7):1275-1287
- [17] Didderen i., destain j. et thonart p., 2008, le bioéthanol de seconde génération, les  
Presses agronomiques de gembloux ; oestling a., 2001, carburants additionnés de  
bioéthanol stoa, evaluation des choix scientifiques et technologiques.
- [18] Demirbas, a. (2008). biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global  
biofuel projections. energy conver manage. 49(8): 2106-2116.
- [19] Julien riess, 2012, intensification de la brique "fermentation alcoolique" de substrats  
betteraviers (et autres substrats) pour la production d'éthanol, l'université de Toulouse
- [20] Les biocarburants : matières premières, transformation et produit sélodie palluet et  
pierre-olivier pineau 2012-1



## *CHAPITRE III :*

*Etude expérimentale de la  
production.*

### III.1.La partie première

#### III.1.1.Matières première végétale

##### 1) .Betterave rouge

La betterave rouge (*Beta vulgaris* L. var. *rubra*) (FigIII.1) est la seule culture utilisée industriellement pour la production des béta laines. En France (second producteur européen après l'Italie), les betteraves rouges sont surtout cultivées dans la région Centre (dans l'Orléanais notamment) ainsi que dans le Nord-Pas-de-Calais et en Bretagne. La racine de la betterave potagère peut avoir une forme allongée, globuleuse ou aplatie, selon le type variétal auquel elle appartient.

La betterave potagère crue contient pour 100 g de partie comestible : eau 87,6 g, protéines 1,6 g, lipides 0,2 g, glucides 9,6 g, fibres 2,8 g, Ca 16 mg, P 40 mg, Fe 0,8 mg, thiamine 0,03 mg, riboflavine 0,04 mg, niacine 0,33 mg, folate 109 µg, acide ascorbique 5 mg. Les glucides sont constitués presque uniquement par du saccharose. La valeur énergétique pour 100 g de betterave est 180 kJ (43 kcal) [1].

La récolte annuelle des betteraves est de 50 à 70 t/ha avec un rendement en Bétadine de 40 à 200 mg/100 g, ce qui fait partie des meilleurs indices parmi les autres cultures végétales contenant des béta laines [2].

La racine de la betterave rouge étudiées dans ce travail récolté dans la région wilaya de Biskra (Algérie) dans le mois de janvier (figure I.1)



**Figure III. 1:** La Betterave rouge.

**2).Chicorée**

Les chicorées ont été fournies par la société COSUCRA (Belgique). Elles ont été stockées dans une chambre froide à 4 °C et ont été utilisées de novembre à janvier. Avant chaque essai, les racines ont été inspectées de manière visuelle et tactile : rigidité, couleur, présence de moisissure ou de pourriture. Cette analyse a permis d'obtenir une meilleure répétition des résultats [3].

La racine de chicorées étudiées dans ce travail récolté dans la région wilaya de Biskra (Algérie) dans le mois de janvier (Figure III.2).



**Figure III. 2** : Chicorée (*Cichorium intybus* L)

### 3).Carotte

La carotte est une ombellifère. De nombreuses variétés sont répertoriées. Le type nantais est le plus fréquemment cultivé mais il existe également les types Amsterdam (par exemple pour les petits pois carottes), Flakkee (transformation en cubes pour la macédoine), parisienne (conserves de carottes entières). De plus, la carotte existe en plusieurs couleurs (orange, blanc, jaune, bordeaux, violet) et peut être commercialisée avec ou sans les fanes, en bottes, notamment pour la production de primeurs. La carotte n'a pas d'exigence climatique particulière sinon la crainte de gels excessifs.

La racine de carotte étudiées dans ce travail récolté dans la région wilaya de Biskra (Algérie) dans la mois de janvier (Figure III.3) [4].



**Figure III.3** : La carotte (*Daucus carotta* subsp. *sativus*)

### 4). Régime d'un palmier dattier

Le Régime d'un Palmier dattier sont composés essentiellement des éléments suivants : cellulose, hémicellulose et lignine.

Les tiges à l'état brut sont coupées à des longueurs de 15.8 cm pour pouvoir les introduire dans les moules à mortier (4×4×16 cm). Ces branchettes jouent le rôle d'armature végétale.

L'adsorbant a été préparé en passant par 04étapes essentielles qui sont : le broyage, tamisage, lavage et finalement le séchage.

A la fin de ces étapes on a obtenu un support végétal en très fines lamelles dont le diamètre est de 0,315 mm. Les Figure 4 et 5 représentent les tiges de dattes avant et après broyage [5].

Les tiges utilisées dans cette étude proviennent des branchettes de dattes de l'arbre palmier dattier (origine : Biskra, Algérie) .



**Figure III. 4:** Tige des dattes avant broyage



**Figures III.5 :** Lamelles des tiges de dattes

### III.1.2. Les produits utilisés

#### 1). La chaux

Chaux Hydraulique Naturelle est cuite vers 1030 °C, et laisse le mur respirer à la différence du ciment, assainissant ainsi l'intérieur des maisons. L'humidité est souvent la cause des désordres dans la maçonnerie si celle-ci est en pierres, en terre crue, cuite ou en briques. C'est pourquoi la chaux me semble être un élément indispensable dans la construction. Et toujours d'actualité au XXI<sup>e</sup> siècle [6].

La chaux utilisée dans ce travail c'est un acide chimique commerciale de marque Placo (SAINT-GOBAN)

#### 2). Préparation de la liqueur de Fehling

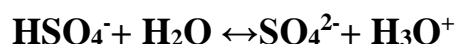
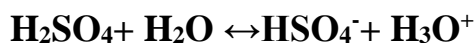
Elle est utilisée, pour mettre en évidence la présence de sucres réducteurs dans une solution. En effet, lorsque le milieu est contrôlé, par exemple lorsque l'on étudie des glucides (constitution de l'amidon, présence ou absence d'un sucre supposé, etc.), l'apparition de

propriétés réductrices indique qu'un ou des sucres réducteurs sont apparus dans le milieu. la solution de Fehling est préparée comme suite :

- **Solution A** (solution de sulfate de cuivre) : dissoudre 40 g de sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ) dans 900 ml d'eau distillée et chauffer pour dissoudre le sel. Compléter à 1 L.
- **Solution B** (solution basique de tartrate double) : dissoudre 200 g de sel de Seignette (tartrate double de sodium et de potassium) et 150 g de soude dans 1 L d'eau distillée.
- Mélanger, au moment de l'emploi, des volumes égaux de ces deux solutions [7].

### 3). Acide sulfurique

L'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) est un liquide dense et épais à température ambiante. C'est un acide diprotique, c'est-à-dire qu'en solution aqueuse, il conduit à la formation de deux ions hydronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), responsables du caractère acide :



L'acide sulfurique du commerce contient généralement 95-98% de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dilué deux fois, il en contient donc un peu moins de 50%. L'acide sulfurique est un acide fort: le pKa (constante d'acidité) du couple  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HSO}_4^-$  est de -3, tandis que l'ion hydrogénosulfate ( $\text{HSO}_4^-$ ) est un acide faible : le pKa du couple  $\text{HSO}_4^-/\text{SO}_4^{2-}$  est de 2

réacteur du projet .

L'acide sulfurique utilisé dans ce travail c'est un acide chimique commerciale de marque BIOCHEM.

### 4). Permanganate de potassium

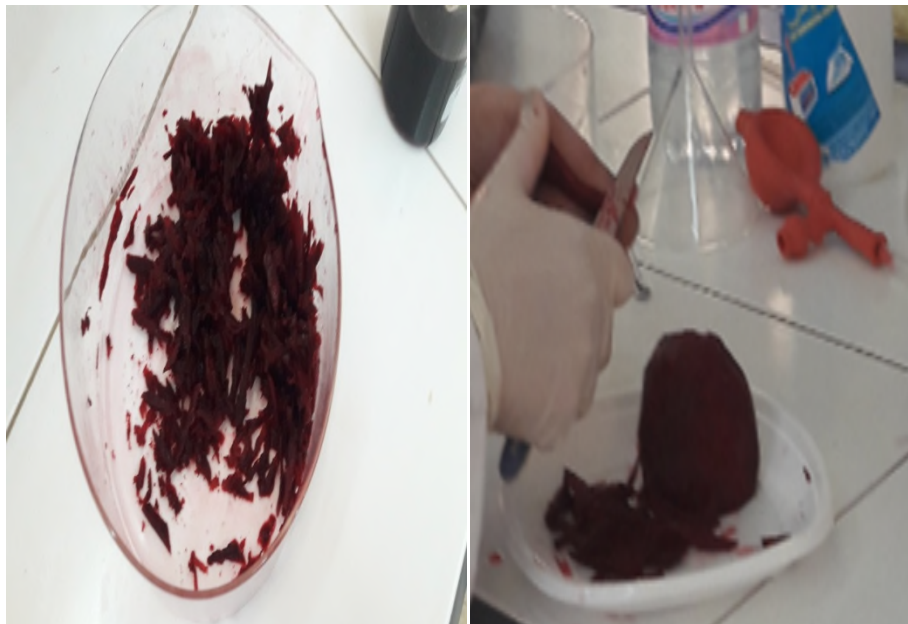
Le permanganate de potassium est un sel inorganique de formule chimique  $\text{KMnO}_4$ . Il est composé d'ions potassium  $\text{K}^+$  et d'ions permanganates  $\text{MnO}_4^-$ . Les atomes de manganèse y sont au degré d'oxydation +VII, si bien que son nom selon l'IUPAC est manganate (VII) de potassium. Ce composé est également connu sous les noms de "sel de potassium" ou de "cristal de Condy". Le permanganate de potassium est un oxydant très puissant. À l'état solide, il se présente sous la forme de cristaux violets. Lorsqu'il est dissous dans l'eau, il forme une solution aqueuse violette. C'est un composé sans odeur, et au goût amer [4].

Le permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) utilisé dans ce travail c'est un oxydant particulièrement puissant commerciale de marque BIOCHEM.

### III.1.3.Procédure d'extraction du sucre

#### 1). lavage, découpage et diffusion

Dans cette étape, la matière végétale a été lavée, épluché et râpé. Puis porté à ébullition douce pendant 15 minutes.



**Figure III.6** : Les principales étapes d'obtention d'un mout sucrée, lavage, découpage et diffusion betterave rouge.



**Figure III.7:** Solution de la betterave initiale.



**Figure III.8 :** Filtration de la solution de la betterave.

## **2). chaulage, carbonatation et filtration**

Le lait de la chaux a été préparé en pesant 1,3 g de chaux dans un bécher et en mélangeant à 25 ml d'eau. 10 ml du lait de chaux ont été ajoutés au jus sucré sous l'agitation. Nous avons soufflé à l'aide d'une paille à l'intérieur du mélange obtenu pendant une minute environ pour introduire le  $\text{CO}_2$  au mélange et pour assurer le barbotage de ce dernier. Ensuite, le mélange était filtré puis on a conservé le jus.



Nous avons préparé un lait de chaux en pesant 1,3 g de chaux dans un bécher et en les mélangeant à 25 ml d'eau.



**Figure III.9 :** Traitement à chaux et au  $\text{CO}_2$  avant la filtration.

### 3). d'évaporation et de centrifugation

Nous avons placé le jus filtré dans un bécher puis nous avons ajouté une pincée de sucre glace pour ensemercer le sirop.

Nous avons porté à ébullition douce. Nous avons continué le chauffage jusqu'à vaporisation de l'eau en agitant bien pour éviter la caramélisation.



**Figure III.10:** Solution de la betterave concentrée.

La solution concentrée a été récupérée dans un tube à essai et placée dans la centrifugeuse. On observe que le sucre est projeté sur les parois du tube.

On observe que le sucre est projeté sur les parois du tube.



**Figure III.11:** L'apparition des cristaux du sucre.

On observe que le sucre est projeté sur les parois du tube.

Le rendement de sucre obtenu de chaque matière première est calculé par la relation suivante :

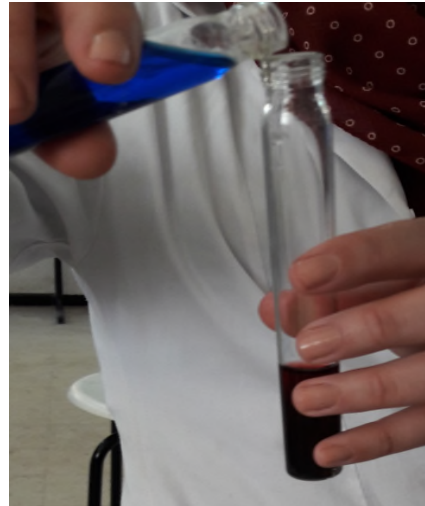
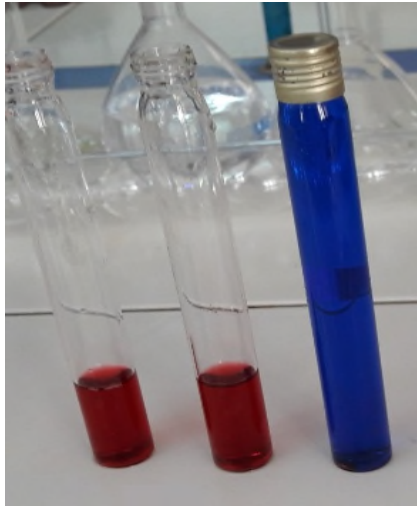
$$\mathbf{Rd} = \frac{\mathbf{masse\ final}}{\mathbf{masse\ initial}} \times 100$$

### **III.1.4.Procédure de la synthèse du bioéthanol**

#### **1. 1<sup>ère</sup> partie**

La solution de la betterave à tester (1 ml) a été mélangé avec 0,5 ml de liqueur de Fehling dans un tube à essai et placer quelques minutes dans un bain marie bouillant ou

chauffer à la flamme d'un bec Bunsen. En présence d'un sucre réducteur, précipité rouge brique.



**Figure III.12** : Utilisation de liqueur de Fehling.

## 2. 2<sup>ème</sup> partie

### a). La fermentation : en anaérobie (sans dioxygène)

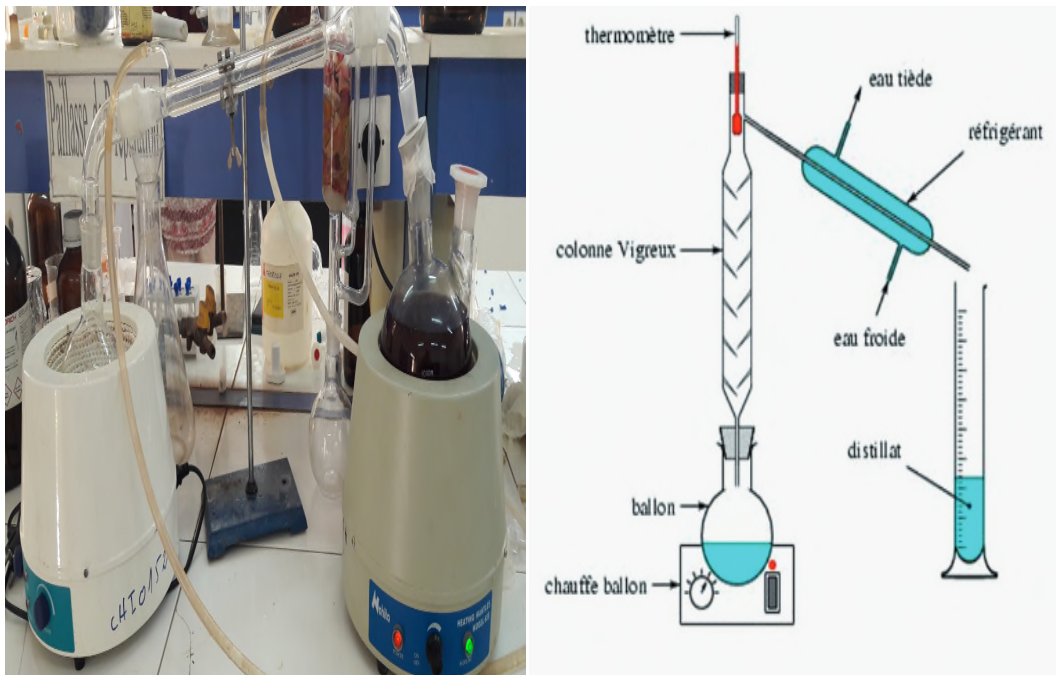
On ajoute des levures au moût sucré pour favoriser la fermentation qui transforme le sucre en alcool. Après la fermentation, on obtient un vin qui a une teneur d'alcool d'environ 11%.



**Figure III.13** : La fermentation du jus de la betterave.

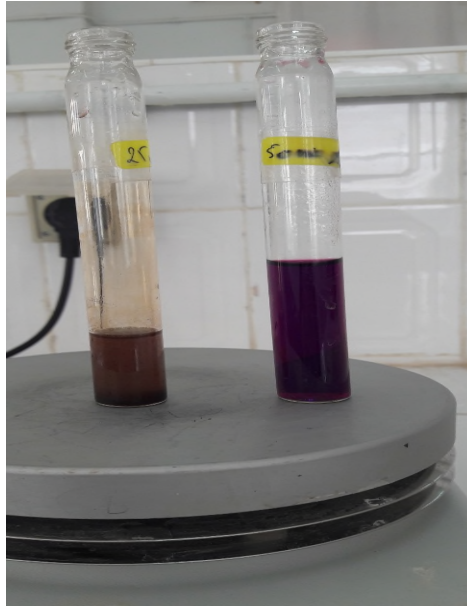
**b). La distillation**

Identification de l'éthanol par son point d'ébullition ( $78\text{ C}^\circ$ ).Après plusieurs heures de distillation, nous identifions l'éthanol récupéré.



**Figure III.14:** Montage de la distillation.

Nous avons préparé deux tubes à essai contenant une solution de permanganate de potassium et l'acide sulfurique. Dans l'un des deux tubes on a ajoutés la solution d'éthanol obtenu et l'autre non .Nous avons chauffé les deux tubes pendant 15mint .Après ce temps, la solution qui contient l'éthanol obtenu a été décolorée alors que la deux n'a pas changée de couleur.



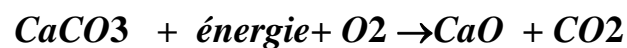
**Figure III.15:**Le test de la formation de l'éthanol.

## III.2.Partie deuxième

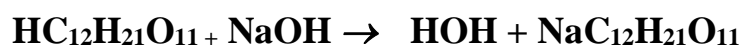
### III.2.1.Résultat et discussion

#### 1). L'extraction du sucre

Pendant la procédure d'extraction du sucre le lait de la chaux sert à précipiter un certain nombre d'impuretés et d'autre part à deux carbonatations successives qui précipitent la chaux en excès à l'aide du gaz carbonique suivant la réaction suivante :



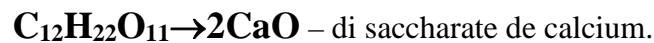
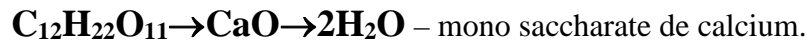
Le saccharose ne se décompose presque pas dans les solutions alcalines (au contraire du glucose et du fructose). Le coefficient de vitesse de la réaction est minuscule et il augmente avec l'augmentation de la température et du pH [8]. Normalement les bases avec saccharose forment les saccharates :



(Saccharose comme acide faible)

(saccharate de sodium)

Dans l'industrie sucrière, durant les procédés d'épuration du jus, a lieu la formation des saccharates de calcium. On connaît trois saccharates de calcium :



Les deux premiers sont bien solubles dans l'eau, et le troisième est peu soluble. C'est pourquoi la solubilité de la chaux est plus grande dans les solutions de sucre, que dans l'eau. Cette propriété du saccharose est très importante pour l'industrie, même nuisible, car elle complique les procédés d'évaporation du jus [9].

Notons que, à l'industrie Les sucreries fabriquent elles-mêmes les deux agents de l'épuration : chaux et gaz carbonique dans un four à chaux à partir de la pierre calcaire et de coke.

L'étape de centrifugation permet de séparer les impuretés contenues dans le sirop. Cette opération est réalisée à l'inverse de l'épuration calco carbonique, puisqu'on élimine le saccharose sous forme de cristaux alors que les impuretés restent concentrées dans le liquide pour donner en final une solution résiduelle épuisée.

Les résultats obtenus de l'extraction du sucre de différentes matières végétales sont rassemblés dans le ( tableau III 1). Le tableau nous montre qu'en générale le teneur en sucre dans les matières végétales étudiées est minimum. Le maximum a été obtenu la carotte à 0.052%. Toutes ces matières ne convient pas à produire du sucre.

Dans les conditions étudiées, le sucre ne peut pas cristalliser. Pour cristalliser, il faut atteindre une sursaturation nécessaire à l'apparition de germes cristallins et/ou à la croissance des cristaux existants, Ou la matière végétale , étudiée elle-même ne contient que peu de sucre.

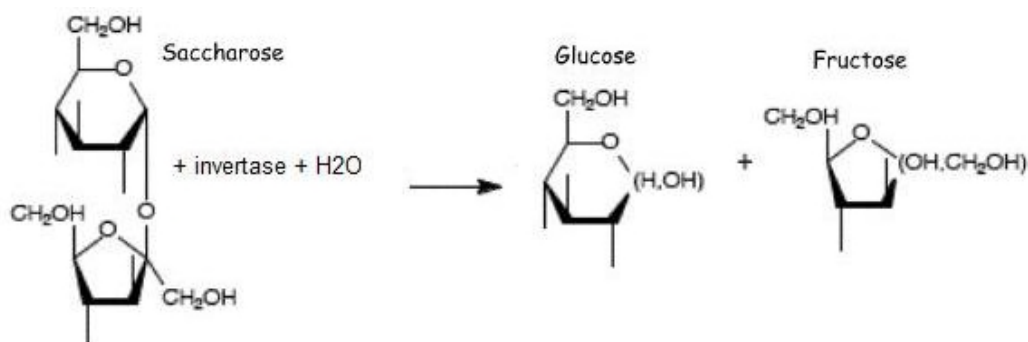
**Tableau III. 1 :** Résultat de l'extraction de sucre à partir de différent type de matière végétal.

Matière premier	Masse initial	Masse final	rendement Rd (%)	Couleur et aspect
Carotte	184.68	0.052	0.052	Des cristaux blanc
Betterave rouge	200.62	0.01	0.0049	Des cristaux blanc
Chicorée	293	0.0046	0.0015	Des cristaux blanc
Régime d'un palmier dattier	110	0.0183	0.016	Des cristaux marron

## 2).Production du bioéthanol

### a). Teste de la présence du sucre

Sous l'influence des acides dans la solution aqueuse le saccharose se décompose et s'inversion en glucose et fructose. Donc la formation d'un sucre réducteur, qui est, dans le cas générale, le glucose.

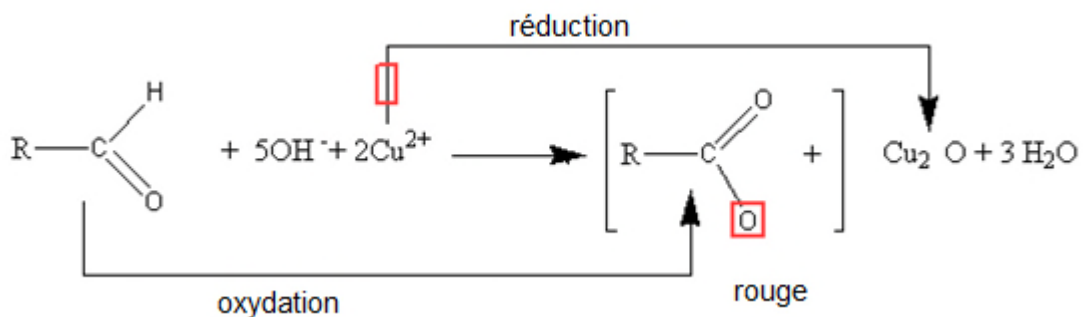
**Figure III.16 :** La réaction d'inversion du saccharose en glucose et fructose.

La liqueur de Fehling est une solution renfermant des ions cuivre (II) ( $\text{Cu}^{2+}$ ), de couleur bleue en milieu basique. À chaud, en présence d'une substance réductrice, la liqueur de Fehling donne précipité rouge brique après d'oxyde de cuivre  $\text{Cu}_2\text{O}$  (cuivre I) (figure III.17)



**Figure III.17 :** Test du sucre.

L'équation de réduction des ions cuivrique est donnée ci-dessous (le groupe aldéhyde -CHO est présent dans la forme linéaire des sucres réducteurs).

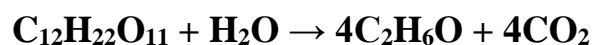


**Figure III.18:** Réaction d'oxydoréduction entre le groupement aldéhyde et la liqueur de Fehling.

La réaction n'est pas spécifique d'une substance quelconque puisqu'elle détecte simplement des propriétés réductrices. L'apparition d'une couleur bleu verdâtre indique la présence du sucres réducteurs obtenu par l'inversement du saccharose dans un milieu acide.

### b). Formation du bioéthanol

Le bioéthanol résulte de la fermentation du jus de la betterave (transformation du glucose sous l'effet de levures) selon l'équation :

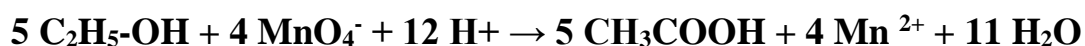




La purification du bioéthanol a été réalisée par distillation fractionnée. C'est-à-dire en suivant la température d'ébullition de ce composé. La quantité du bioéthanol obtenu de cette opération est de 250 ml

Afin de confirmer la formation de l'éthanol obtenu à partir de la betterave, nous avons introduit le permanganate de potassium.

En présence de l'ion permanganate en excès, l'éthanol s'oxyde en milieu acide à froid en acide éthanóique. L'éthanol réagit avec les ions permanganate selon l'équation:



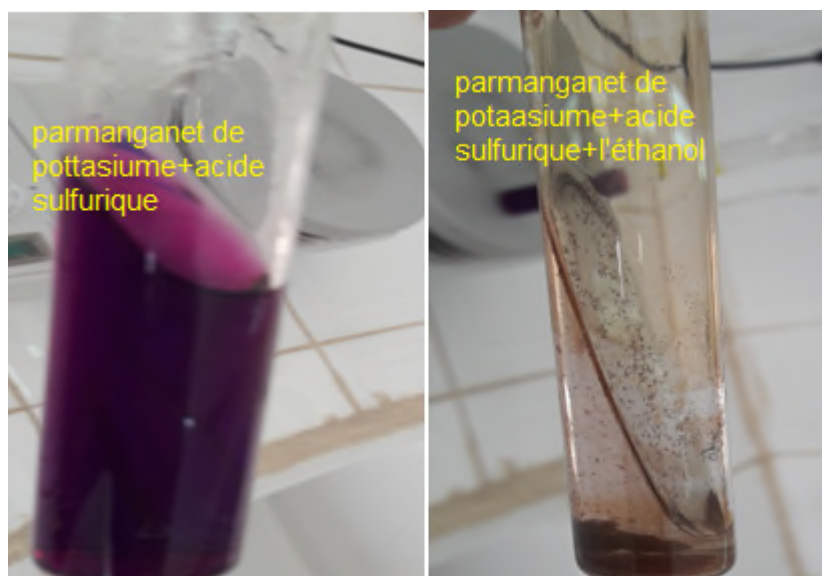
$\text{MnO}_4^-$  n'est réduit en ions  $\text{Mn}^{2+}$  qu'en milieu acide (En milieu non acide,  $\text{MnO}_4^-$  est réduit en  $\text{MnO}_2$  insoluble de couleur brune qui empêche la détection de l'équivalence par un net changement de teinte du mélange : marron puis marron violacé. c'est pour cette raison qu'il faut utiliser une solution acidifiée de permanganate de potassium.

L'ion permanganate  $\text{MnO}_4^-$  (aq), a une intense coloration violette et l'ion manganèse  $\text{Mn}^{2+}$  (aq) est incolore.

- Avant la réduction : La solution a la couleur du réactif titrant en excès donc est violette ( $\text{MnO}_4^-$ ).
- Après la réduction : La solution est quasi-incolore par l'absence des ions  $\text{MnO}_4^-$  et la présence des ions  $\text{Mn}^{2+}$ .

Dans ce cas, le permanganate de potassium agit comme son propre indicateur coloré.

La solution décolorée obtenues dans notre étude confirme la formation du bioéthanol avec un bon rendement (figure **III.19**).



**Figure III.19** : Résultat test de bioéthanol.

# *Bibliographie*

***Bibliographie***

- [2] Stinzing, f. c., carle, r. (2008a). n-heterocyclic pigments:betalains. in c. socaciu (ed.), *food colorants. chemical and functional properties* (pp. 87–99). crc press, taylor & francis group, llc, boca raton, fl.
- [3 ] Poel, van der, p. w., schiweck, h., schwartz, t. (1998). *sugar technology. beet and cane sugar manufacture*. verlag dr. albert bartens kg, berlin.
- manuel de sucrerie. (1984). edité par la raffinerie tirlémontoise s.a., 4ème édition, tienne, belgique.
- [4] Auteurs : m. legrand(fredon), g. roy (fredon), l. delanote (pcbt), a. delebecq (gabnor), c. dereyck e (carah), i. vuy lsteke (pcbt), f. temmerman (pcbt)
- [5] C.djelloul, thèse du doctorat, expérimentation, modélisation et optimisation de l'adsorption des effluents textiles, université mohamed khider de biskra, 10/04/2014
- [6] Olivier labesse, maçon limousin.photos : olivier labesse.illustrations et mise en page : rui manuel mascate, rmpm.net.nantes 2005
- [7] Alexis drogba sahoré joachim, levry abouattier,queques méthodes d'analyse biochimique de produit alimentaires.
- [8] Poel, van der, p. w., schiweck, h., schwartz, t. (1998). *sugar technology. beet and cane sugar manufacture*. verlag dr. albert bartens kg, berlin.
- [9] Asadi, m. (2007). *beet-sugar handbook*. john wiley & sons, inc., hoboken, nj.
- Silin,p.m.(1967).*sugar technology*(2<sup>nd</sup>ed.)izdatelstvo pischevay promyshlennost, moskow (in russian).

*Site graphique*

## Chapitre I

[2] [Http://www.lesucre.com/fr/article/1-histoire-de-la-betterave-a-sucre.](http://www.lesucre.com/fr/article/1-histoire-de-la-betterave-a-sucre)

[8] [Https://fr.wikipedia.org/wiki/Sucre#Origines\\_animales.2C\\_v.C3.A9g.C3.A9tales.2C\\_min.C3.A9rales\\_et\\_synth.C3.A9tiques\\_des\\_sucres](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sucre#Origines_animales.2C_v.C3.A9g.C3.A9tales.2C_min.C3.A9rales_et_synth.C3.A9tiques_des_sucres)

[9] [Http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx)

## ChapitreII

[2][Http://www.dossiersdunet.com/local/cache-vignettes/1448xh336/biocarburants-175d9](http://www.dossiersdunet.com/local/cache-vignettes/1448xh336/biocarburants-175d9)

[3][Https://biocarburantscontroverse.wordpress.com/presentation-des-biocarburants-2/1ere-generation/](https://biocarburantscontroverse.wordpress.com/presentation-des-biocarburants-2/1ere-generation/)

[4][Https://biocarburantscontroverse.wordpress.com/presentation-des-biocarburants-2/1ere-generation/](https://biocarburantscontroverse.wordpress.com/presentation-des-biocarburants-2/1ere-generation/)

[5][Https://www.google.dz/search?q=les+proc%3%a9d%3%a9s+de+fabrication+du+bio%3%a9thanol+et+du+biodiesel&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewip\\_lt6yyhuahugwbqkhw0ddfeq\\_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=gwxc4eoybcw1em:](https://www.google.dz/search?q=les+proc%3%a9d%3%a9s+de+fabrication+du+bio%3%a9thanol+et+du+biodiesel&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewip_lt6yyhuahugwbqkhw0ddfeq_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=gwxc4eoybcw1em:)

[6][Https://biocarburantscontroverse.wordpress.com/presentation-des-biocarburants-2/2eme-generation/](https://biocarburantscontroverse.wordpress.com/presentation-des-biocarburants-2/2eme-generation/)

[7][Https://www.google.dz/search?q=les+proc%3%a9d%3%a9s+de+fabrication+du+bio%3%a9thanol+et+du+biogaz&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewjsquciyohuahwhtrqkhwjucd8q\\_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=k5zd3zl9ewsgsm:](https://www.google.dz/search?q=les+proc%3%a9d%3%a9s+de+fabrication+du+bio%3%a9thanol+et+du+biogaz&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewjsquciyohuahwhtrqkhwjucd8q_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=k5zd3zl9ewsgsm:)

[8][Http://biocarburants-sabatier.e-monsite.com/pages/avantages-et-inconvenients.html](http://biocarburants-sabatier.e-monsite.com/pages/avantages-et-inconvenients.html)

[9][Https://fr.wikipedia.org/wiki/%c3%89thanol#formule](https://fr.wikipedia.org/wiki/%c3%89thanol#formule)

[12] [Http://tpeethanol.e-monsite.com/pages/introduction.html](http://tpeethanol.e-monsite.com/pages/introduction.html)

[14] [Http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin\\_025\\_03.pdf](http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_025_03.pdf)

[15][Http://www.plateforme-biocarburants.ch/infos/index.php](http://www.plateforme-biocarburants.ch/infos/index.php) consulté le 27 septembre

[21][Http://rpn.univlorraine.fr/unt/acvbioproduits/co/01\\_cycle\\_vie\\_bioethanol\\_carburant.html](http://rpn.univlorraine.fr/unt/acvbioproduits/co/01_cycle_vie_bioethanol_carburant.html)

[22][Https://www.google.dz/search?q=les+proc%3%a9d%3%a9s+de+fabrication+du+bio%3%a9thanol+et+du+biogaz&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewjsquciyohuahwhtrqkhwjucd8q\\_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=xt2xa5jqhkf9m](https://www.google.dz/search?q=les+proc%3%a9d%3%a9s+de+fabrication+du+bio%3%a9thanol+et+du+biogaz&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewjsquciyohuahwhtrqkhwjucd8q_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=xt2xa5jqhkf9m)

[23] [https://www.google.dz/search?q=les+proc%  
c3%a9d%  
c3%a9s+de+fabrication+du+bio%  
c3%a9thanol+et+du+biogaz&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewjsquciyohuahwht  
rqkhwjucd8q\\_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=jiewx6g\\_owep\\_m](https://www.google.dz/search?q=les+proc%c3%a9d%c3%a9s+de+fabrication+du+bio%c3%a9thanol+et+du+biogaz&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewjsquciyohuahwht rqkhwjucd8q_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=jiewx6g_owep_m):

[24] [https://www.google.dz/search?q=bio%  
c3%a9thanol+fabrication&source=lnms&tbm=isc  
h&sa=x&ved=0ahukewinkqjzohuahufpxokhrk0chuq\\_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=0  
anynmb-i10hnm](https://www.google.dz/search?q=bio%c3%a9thanol+fabrication&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewinkqjzohuahufpxokhrk0chuq_auibigb&biw=1266&bih=634#imgrc=0anynmb-i10hnm).

### Chapitre III

[1] [Http://www.smh.com.au/lifestyle/wellbeing/beet-your-personal-best-20101004-163cf.html](http://www.smh.com.au/lifestyle/wellbeing/beet-your-personal-best-20101004-163cf.html)

# *Conclusion générale*



## CONCLUSION

Les différentes étapes de l'extraction du sucre à partir de différentes matières végétales, ont été réalisées comme dans une sucrière industrielle. Nous avons acquis un très faible rendement.

Nous avons reproduit au laboratoire les différentes étapes de la fabrication du bioéthanol. Nous avons montré au cours de cette synthèse qu'il se forme aussi un gaz, de dioxyde de carbone. L'équation de la réaction de fermentation s'écrit :



L'utilisation de matières premières sucrières ou amylacées pour la production de bioéthanol se heurte à un problème de disponibilité de ressources et de surfaces agricoles. De plus, leur utilisation pour la production de biocarburants entre en concurrence avec leur valorisation dans le secteur alimentaire. L'utilisation de la biomasse ligne cellulosique pour la production de bioéthanol constitue une alternative. Mais elle doit s'intégrer dans un concept de valorisation totale du végétal, de bio raffinage en exploitant les coproduits (lignine...) et les sous-produits (effluents...).

Enfin, ce mémoire ayant un objectif industriel, les démarches à réaliser avant son application dans les ateliers de productions sont indiquées dans ce travail.

## Résumé

Dans ce travail l'extraction du sucre à partir la betterave rouge, chicorée, carotte et Régime d'un palmier dattier, a été étudié. Après l'extraction des cristaux du sucre ont été obtenus mais avec une petite quantité et faible rendement.

D'autre part, un bioéthanol a été obtenu à partir de la betterave rouge par fermentation et par distillation. L'analyse de ce bioéthanol a été effectuée par les solutions suivant : permanganate de potassium, l'acide sulfurique et la solution d'éthanol obtenu.

**Mots clés :** Extraction, sucre, bioéthanol, fermentation, distillation

## Summary

In this work, extraction of sugar from, beetroot, chicory, carrot and Scheme of a date palm has been studied after extraction of the sugar crystals were obtained, but with a small amount and low yield.

On the other hand, a bioethanol was obtained from red beet by fermentation and distillation.

The analysis of this bioethanol was carried out by the following solutions: potassium permanganate, sulfuric acid and the ethanol solution obtained.

**Key words:** Extraction, sugar, bioethanol, fermentation, distillation.

## ملخص

في هذا العمل لاستخراج السكر من الشمندر الأحمر , الهندباء البرية والجزرو النخيل, وقد تمت الدراسة بعد استخراج بلورات السكر و التي تم الحصول عليها ولكن بكمية صغيرة ومنخفضة الإنتاجية. من ناحية أخرى، تم إنتاج الإيثانول من البنجر عن طريق التخمير والتقطير , وقد تم تحليل الإيثانول الحيوي من المحاليل التالية: برمغنات البوتاسيوم، وحمض الكبريتيك ومحلول الايثانول الناتج.

**الكلمات المفتاحية :** استخراج , السكر , الإيثانول الحيوي , التخمير , التقطير.