



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique et Electronique



## *Mémoire de fin de cycle*



Filière : Génie Industriel  
Master : Génie Industriel



### *Intitulé :*

**Étude de faisabilité d'une entreprise de l'extraction de  
sucre à partir de la betterave sucrière**

#### Présenté par

AMEUR BERRAHOU Fatna-Nessrine

Spécialité : Chaîne logistique

#### Jury:

|                 |                           |                           |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| Président :     | M. Belkaid Fayçal         | MCA Université de Tlemcen |
| Examineur :     | M. MALIKI Fouad           | MAA EPST – Tlemcen        |
| Examineur :     | M. Brahami Mustapha       | MAA-Tlemcen               |
| Encadrant :     | Mme SARI TRIQUI Lamia     | MCA Université de Tlemcen |
| Co- Encadrant : | M. Bennekrouf Mohammed    | MCB EPST – Tlemcen        |
| Co- Encadrant : | M. Bensmaine Abderrahmane | MCB Université de Tlemcen |

**Promotion 2017-2018**

## Remerciement

*Je remercie Allah, le tout-puissant, le miséricordieux, de m'avoir appris ce que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et tout dont je nécessitais pour l'accomplissement de ce mémoire. En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon projet de fin d'études et à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Pour commencer, Je voudrais adresser mes vifs remerciements à notre directrice de mémoire, **Madame SARI TRIQUI Lamia** Maitre de conférences a l'université de Tlemcen pour sa grande disponibilité, ses encouragements et le temps qu'elle m'a consacré tout au long de ce travail à qui je voudrais témoigner toute mon reconnaissance.*

*Je voudrais exprimer mon profonde reconnaissance et gratitude à **Monsieur BENNEKROUF Mohammed** Maitre de conférences a l'Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques de Tlemcen, mon Co-encadrant, pour sa grande disponibilité, le soutien qu'il m'a donné, ses précieux conseils et ses justes critiques qui témoignent tout l'intérêt qu'il m'a porté.*

*Mon sincères gratitudes à **Monsieur BENSMAINE Abderrahmane** Maitre de conférences a l'université de Tlemcen, mon Co-encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à ce travail.*

*Je tiens à remercier grandement **Monsieur BELKAID Fayçal** Maitre de conférences à l'université de Tlemcen pour ses encouragements, ses précieux conseils et pour l'honneur d'accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Je tiens à exprimer mes remerciements à **Monsieur MALIKI Fouad** Maitre Assistant à l'Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes remerciements vont également à Monsieur **Brahmi Mustapha** Maitre Assistant à l'Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques, pour l'honneur d'avoir évalué mon travail.*

*Je voudrais aussi remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à mes recherches et à l'élaboration de ce mémoire.*

*Mon gratitude va également aux enseignants du département génie industriel productique qui ont contribué à mon formation.*

*Pour finir, je remercie tout le corps professoral de notre établissement, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.*

**Merci à vous tous**



## Dédicace

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père Belhadj.*

*À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre ,, À cet source de tendresse, de patience et de générosité, A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman Zahra que j'adore.*

*À mes chers frères qui me sont le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. A vous, Saddam, Radouan, Mohamed, Berrahou son épouse Mama et leurs garçons Ayoub, Mourad et Taj dine, ils sont mes petits frères présent dans tous mes moments par leurs soutien moral et leurs belles surprises sucrées.*

*Mon ange gardien et mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse à vous ma deuxième lumière après mes parents à vous ma sœur Hafida.*

*Je dédie ce travail Mes oncles et mes tentes sans oublié ma grand-mère que je l'aime beaucoup dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, et encouragements.*

*Et à tous mes proches de la famille AMEUR BERRAHOU et BENEAMAR tout à son nom et sans.*

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mes sœurs qui m'ont donné la vie Hakima, Houria, Nessrine, Thiziri, Khadija, Houda, Laila, Zohra Besma, Khawla, Ahlem, Wahiba, Somia, Hayet, Moukhtaria, Asma, Hajer, Kaima, Faleh , Aicha, et à mon énergie pendant toute la durée de mon étude à toi Lamine, et ceux qui l'ont j'oublié pour dédier, ils m'excusent , je vous aime tous.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études, mes aimables amis, collègues d'étude à tous les étudiants de la promotion 2013/2018 et mes collègues de Terga et Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

# Sommaire

# Sommaire

## Sommaire

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduction Générale.....                                                                            | 1  |
| Partie I : Étude de Marché.....                                                                       | 6  |
| I.1. Introduction.....                                                                                | 7  |
| I.2. Histoire de sucre .....                                                                          | 7  |
| I.3. Partie nutritionnelle de sucre.....                                                              | 12 |
| I.3.1. Définition du sucre .....                                                                      | 12 |
| I.3.2. Types de sucre d'après le standard Codex Alimentaires (Codex STAN 212-1999 (Amd. 1-2001))..... | 13 |
| I.4. Partie technologique pour l'extraction du sucre .....                                            | 15 |
| I.4.1. Origine de sucre : .....                                                                       | 15 |
| I.4.2. Les co-produits.....                                                                           | 18 |
| I.5. Marché mondial .....                                                                             | 19 |
| I.5.1. Évolution de la production sucre mondiale par type de culture :.....                           | 19 |
| I.5.2. La consommation et usage de sucre :.....                                                       | 22 |
| I.5.3. Le sucre et ses étonnants usages alimentaires .....                                            | 25 |
| I.5.4. Le sucre et ses étonnants usages non alimentaires .....                                        | 26 |
| I.5.5. L'équilibre mondial production – consommation et les stocks de fin de campagne .....           | 27 |
| A. L'équilibre mondial production – consommation.....                                                 | 27 |
| B. Le stock de fin de campagne .....                                                                  | 30 |
| I.5.6. Bilan mondial sucrier ISO novembre 2016.....                                                   | 31 |
| I.5.7. Les prix mondiales du sucre .....                                                              | 31 |
| I.5.8. Facteurs d'influence .....                                                                     | 34 |
| A. Impact des fonds spéculatifs : .....                                                               | 34 |
| B. Impact du taux de change real / dollar : .....                                                     | 35 |
| C. Impact du cours du pétrole : .....                                                                 | 36 |
| I.5.9. Les caractéristiques du commerce mondial du sucre .....                                        | 37 |
| I.6. Le marché national du sucre .....                                                                | 38 |
| I.6.1. Importation .....                                                                              | 38 |
| I.6.2. Production du sucre :.....                                                                     | 40 |
| I.6.3. Les raffineries en Algérie :.....                                                              | 40 |
| I.6.4. Production de la betterave sucrière en Algérie : .....                                         | 45 |
| I.6.5. Compétitivité de l'Algérie sur la scène mondiale .....                                         | 46 |
| I.6.6. La consommation de sucre en Algérie .....                                                      | 46 |
| I.7. Conclusion .....                                                                                 | 47 |
| Partie II : Étude Technique.....                                                                      | 49 |
| II.1. Introduction : .....                                                                            | 51 |
| II.2. La betterave sucrière :.....                                                                    | 51 |
| II.3. La culture de la betterave sucrière:.....                                                       | 53 |
| II.4. Les étapes de transformations de la betterave sucrière :.....                                   | 65 |
| II.4. 1. Les étapes de transformation spécifiques à la betterave sucrière .....                       | 67 |
| II.4. 2. Les étapes de transformation spécifiques au sucre de canne .....                             | 68 |

## Sommaire

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| II.4. 3. Les étapes de transformation communes aux deux produits .....                                                                                                                    | 69  |
| II.5. Le raffinage de sucre .....                                                                                                                                                         | 73  |
| II.6. La différence entre le sucre blanc et sucre roux .....                                                                                                                              | 75  |
| II.7. Le sucre et la santé: .....                                                                                                                                                         | 77  |
| II.9. Etude stratégique du choix de site de localisation de l'usine par rapport au<br>positionnement des zones de production et des grandes villes de consommation de l'Oranie :<br>..... | 78  |
| 1. Le choix du site .....                                                                                                                                                                 | 79  |
| 1.1. Généralité sur la région d'Oranie.....                                                                                                                                               | 79  |
| 1.2. Justification de choix de l'Oranie .....                                                                                                                                             | 80  |
| 2. Description du problème .....                                                                                                                                                          | 81  |
| 2.1. Modèle mathématique Pour choix du site :.....                                                                                                                                        | 82  |
| 2.2. Le modèle mathématique pour la détermination des pourcentages des quantités des<br>betteraves sucrières fournie par les zones d'implantation .....                                   | 84  |
| 3. Logiciel LINGO .....                                                                                                                                                                   | 88  |
| A. Définition du logiciel LINGO .....                                                                                                                                                     | 88  |
| B. Modèle d'aide à la décision stratégique codé sur le Solver LINGO Pour choix de site :<br>.....                                                                                         | 89  |
| II.10. Etude tactique du plan production .....                                                                                                                                            | 91  |
| Phase 1 : La récolte de la betterave sucrière et son organisation.....                                                                                                                    | 92  |
| 1.1. Choix de technologies de la machine de la récolte (arracheuse) : .....                                                                                                               | 92  |
| 1.2. Détermination des nombres des arracheuses .....                                                                                                                                      | 100 |
| 1.3. Détermination de seuil de démarrage de l'usine : .....                                                                                                                               | 103 |
| 1.4. La détermination des nombres des camions nécessaires pour la récupération de la<br>betterave sucrière plus les nombres des déterreurs : .....                                        | 111 |
| 1.5. La gestion de la récolte en cas de stockage : .....                                                                                                                                  | 113 |
| Phase 2 : Choix du fournisseur des technologies (Alternatives) de la production: .....                                                                                                    | 117 |
| 2.1. Les critères de sélection .....                                                                                                                                                      | 117 |
| 2.2. Choix de la méthode .....                                                                                                                                                            | 117 |
| 2.3. Approche de résolution .....                                                                                                                                                         | 118 |
| 2.4. Application de la méthode TOP SIS .....                                                                                                                                              | 124 |
| II.11. Conclusion : .....                                                                                                                                                                 | 147 |
| Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle .....                                                                                                                            | 149 |
| III.1. Introduction .....                                                                                                                                                                 | 150 |
| III.2. Section A. Étude Organisationnelle .....                                                                                                                                           | 150 |
| III.2.1. Département de Production .....                                                                                                                                                  | 151 |
| III.2.2. Département D'approvisionnement.....                                                                                                                                             | 151 |
| III.2.3. Département Commercial.....                                                                                                                                                      | 151 |
| III.2.4. Service de Comptabilité Et Étude Financière .....                                                                                                                                | 152 |
| III.3. Section B. Étude Institutionnelle .....                                                                                                                                            | 153 |
| III.3.1. La société par actions (SPA) .....                                                                                                                                               | 154 |
| III.3.2. SARL (Société à responsabilité limitée) .....                                                                                                                                    | 156 |
| III.3.4. Gestion des ressources humaines : .....                                                                                                                                          | 161 |
| III.4. Resource de financement .....                                                                                                                                                      | 168 |

## Sommaire

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| III.5. Conclusion.....    | 173 |
| Conclusion générale ..... | 175 |
| Perspective .....         | 177 |
| Bibliographie .....       | 178 |
| Résumé .....              | 182 |

## Liste des figures

### Liste des figures

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I.1: La molécule de saccharose .....                                                                                                                                            | 13 |
| Figure I.2: Evolution de la production sucre mondiale par type de culture (en milliers de tonnes de sucre brut) selon les sources O.I.S. - S.N.F.S .....                               | 19 |
| Figure I.3: Evolution de la production sucrière dans le monde par pays Classement des 10 premiers pays producteurs de sucre (VERSION INTERACTIVE DU MÉMO STATISTIQUES 2017, 2017)..... | 21 |
| Figure I.4: Consommation mondiale de sucre selon l'organisation internationale du sucre (Maheu, 2015) .....                                                                            | 24 |
| Figure I.5: Evolution de l'excédent/déficit mondial (FO Licht) Estimation oct/sept 2016/2017 (Stassi, Vers un déficit sur le marché du sucre en 2015-2016, 2015) .....                 | 29 |
| Figure I.6: Stocks/consommation ratio et prix mondiaux ISO ( (Évolution du cours du sucre – facteurs d'influence, 2017).....                                                           | 31 |
| Figure I.7: Sucre blanc : FOB N °5 Londres en \$/tonne depuis le 01/12/2015 .....                                                                                                      | 32 |
| Figure I.8: Sucre Brut : New-York n°11, en en €/tonne depuis le 01/12/2015.....                                                                                                        | 32 |
| Figure I.9: Prix mondiaux du sucre .....                                                                                                                                               | 33 |
| Figure I.10: Positions nettes fonds spéculatifs et cours du sucre .....                                                                                                                | 34 |
| Figure I.11: Taux du change du dollar vs panier de monnaies.....                                                                                                                       | 35 |
| Figure I.12: Taux de change real vs dollar .....                                                                                                                                       | 36 |
| Figure I.13: Organisation de la filière sucre en Algérie (Selma, 2007) .....                                                                                                           | 44 |
|                                                                                                                                                                                        |    |
| Figure II. 1 : La betterave sucrière .....                                                                                                                                             | 52 |
| Figure II. 2 : Cycle de la culture de la betterave sucrière.....                                                                                                                       | 54 |
| Figure II. 3: La récolte de la betterave sucrière.....                                                                                                                                 | 55 |
| Figure II. 4: Arrachage et décolletage des racines .....                                                                                                                               | 65 |
| Figure II. 5: Andainage des racines.....                                                                                                                                               | 65 |
| Figure II. 6 : Chargement de la betterave sucrière .....                                                                                                                               | 65 |
| Figure II. 7 : Schéma générale de la fabrication du sucre de betterave.....                                                                                                            | 66 |
| Figure II. 8: Les trois étapes de Lavage, coupe-racines et la diffusion de la betterave sucrière .....                                                                                 | 68 |
| Figure II. 9: Le découpage de la canne à sucre .....                                                                                                                                   | 68 |
| Figure II. 10: Les trois étapes de l'épuration, filtration et l'évaporation du la betterave sucrière ou bien canne à sucre .....                                                       | 70 |
| Figure II. 11: description de l'étape de Cristallisation .....                                                                                                                         | 71 |
| Figure II. 12: Le séchage, ensachage et stockage du sucre .....                                                                                                                        | 72 |
| Figure II. 13: Schéma de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière .....                                                                                                 | 72 |
| Figure II. 14: Schéma de l'extraction du sucre à partir de la canne à sucre.....                                                                                                       | 73 |
| Figure II. 15: La différence entre le sucre blanc de betterave et sucre roux de canne raffiné                                                                                          | 74 |
| Figure II. 16: sucre roux et blanc .....                                                                                                                                               | 75 |
| Figure II. 17: Les wilayas de l'Oranie.....                                                                                                                                            | 79 |



## Liste des figures

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Figure II. 18: la carte géographique de l'Oranie .....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 80      |
| Figure II. 19: L'icône de Lingo .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 88      |
| Figure II. 21: Arracheuse Gilles .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 93      |
| Figure II. 20: Chargeuse Franquet .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 93      |
| Figure II. 23: Grimme Rootster .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 94      |
| Figure II. 22 : Débardeuse Gilles .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 93      |
| Figure II. 24 : Moreau Lexxis .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 94      |
| Figure II. 26: Agrifac Quattro (Groupe Excel Industries) .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 95      |
| Figure II. 25: Kleine Beetliner Compact (Groupe Grimme) .....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 95      |
| Figure II. 27: Holmer Terra Dos T3 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 95      |
| Figure II. 28: Moreau Xérris (Groupe Excel Industries) .....                                                                                                                                                                                                                                                                              | 95      |
| Figure II. 30: Ropa Euro-Tiger .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 96      |
| Figure II. 29: Holmer T4 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 96      |
| Figure II. 32: Débardeuse .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 100     |
| Figure II. 31: Arracheuse e .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 100     |
| Figure II. 33: Présentation graphique du problème de voyageur de commerce TSP .....                                                                                                                                                                                                                                                       | 104     |
| Figure II. 34: la ligne des fournisseurs .....                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 105     |
| Figure II. 35: Le routage des arracheuses dans les zones d'agriculture .....                                                                                                                                                                                                                                                              | 107     |
| Figure II. 36: Le routage des arracheuses dans la première région .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 108     |
| Figure II. 37: Le routage des arracheuses dans la deuxième région .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 109     |
| Figure II. 38: Evolution de la consommation de sucre mesuré par respirométrie au cours de la période de stockage .....                                                                                                                                                                                                                    | 114     |
| Figure II. 39: Courbe de perte en sucre (en %) des betteraves en cours de stockage. Juste après arrachage, il y a un pic des pertes en sucre lié à la cicatrisation des blessures et des bris de pointe. Entre 250 et 300 degrés jours, le développement de moisissures provoque une augmentation exponentielle des pertes de sucre ..... | 114     |
| Figure II. 40: Représentation des phases de la méthode TOPSIS .....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 124     |
| <br>Figure III. 1: l'organigramme de l'usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave Sucrière .....                                                                                                                                                                                                                             | <br>150 |

## Liste des tableaux

### Liste des tableaux

|                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau I.1: Chiffres clés de la canne et la betterave sucrière .....                                                                                                                                      | 18 |
| Tableau I.2: Les dix principaux pays producteurs mondiaux .....                                                                                                                                            | 21 |
| Tableau I.3: Les dix premiers pays exportateurs mondiaux.....                                                                                                                                              | 22 |
| Tableau I.4: Les dix premiers pays consommateurs mondiaux .....                                                                                                                                            | 24 |
| Tableau I.5: Les dix premiers pays importateurs mondiaux .....                                                                                                                                             | 24 |
| Tableau I.6: Les dix premiers pays utilisateurs de sucre mondiaux.....                                                                                                                                     | 27 |
| Tableau I.7: Evolution de la production des principaux pays exportateurs (en Mt) .....                                                                                                                     | 30 |
| Tableau I.8 : Evolution de la production des principaux pays importateurs (en Mt).....                                                                                                                     | 30 |
| Tableau I.9 : Bilan mondial sucrier ISO novembre 2016 .....                                                                                                                                                | 31 |
| Tableau I.10: Ventes de sucre dans le monde (VERSION INTERACTIVE DU MÉMO<br>STATISTIQUES 2017, 2017).....                                                                                                  | 34 |
| Tableau I.11: Importations de sucre roux (tonnes, 2017 incomplet) selon la source Sucden<br>(Afrique - Sucre, 2018) .....                                                                                  | 39 |
| Tableau I.12: Importations de sucre blanc détectées selon la source Sucden (milliers de tonnes,<br>2017 incomplet) (Afrique - Sucre, 2018) .....                                                           | 40 |
| Tableau I.13 : Production de la betterave sucrière en Algérie selon ONS de 1967 jusqu'à un<br>1983.....                                                                                                    | 46 |
|                                                                                                                                                                                                            |    |
| Tableau II. 1: Etat de l'art de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière (ARZATE,<br>EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005).....                                                           | 51 |
| Tableau II. 2: Composition moyenne de la betterave sucrière (Pennington et Baker, 1990).<br>(ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005).....                                                          | 53 |
| Tableau II. 3 : Teneur en sucre des produits obtenus à partir de la betterave sucrière<br>(Pennington et Baker, 1990). (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE,<br>2005).....                            | 53 |
| Tableau II. 4 : Les travaux nécessaires pour la culture de la betterave sucrière .....                                                                                                                     | 56 |
| Tableau II. 5: les avantages et les inconvénients du sucre blanc et roux .....                                                                                                                             | 76 |
| Tableau II. 6 : Composition du sucre blanc de betterave sucrière (ARZATE, EXTRACTION<br>DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005) .....                                                                                 | 76 |
| Tableau II. 7 : Comparaison des teneurs en minéraux et agro-éléments entre le sucre roux de<br>canne et le sucre blanc raffiné (en mg pour 100 g) (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE<br>DE BETTERAVE, 2005)..... | 77 |
| Tableau II. 8 : Liste des Wilayas d'Oranie par leur indicatif.....                                                                                                                                         | 79 |
| Tableau II. 9: Listes des barrages et Les stations de dessalement dans Tlemcen, Mascara,....                                                                                                               | 81 |
| Tableau II. 10: Les pourcentages des demandes de la betterave sucrière par zone d'agriculture                                                                                                              | 88 |
| Tableau II. 11: la liste des sites candidats .....                                                                                                                                                         | 89 |
| Tableau II. 12: La liste des zones d'implantation de la betterave).....                                                                                                                                    | 89 |
| Tableau II. 13 : la distance entre les fournisseurs et les sites candidats (distance 1) .....                                                                                                              | 90 |
| Tableau II. 14: la distance entre les sites candidats et les clients de l'Oranie (distance 2).....                                                                                                         | 90 |
| Tableau II. 15: les coûts fixes des sites candidats en dinar algérien .....                                                                                                                                | 90 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau II. 16 : les demandes de sucre par wilaya exprimé en million de tonne.....                                                                    | 90  |
| Tableau II. 17: La selection de la meilleur localisation d'usine selon Lingo .....                                                                    | 91  |
| Tableau II. 18: Les caractéristiques d'arracheuse et de débardeuse.....                                                                               | 100 |
| Tableau II. 19 : les différentes questions posées sur la sucrerie et le rendement des arracheuses .....                                               | 100 |
| Tableau II. 20 : Les quantités des betteraves sucrières fournies par les zones d'implantation de la betterave sucrière.....                           | 102 |
| Tableau II. 21 : Le temps nécessaire pour qu'une véhicule voyage d'une zone d'implantation de la betterave sucrière à l'autre.....                    | 105 |
| Tableau II. 22 : Le routage des arracheuses dans les zones d'implantation .....                                                                       | 107 |
| Tableau II. 23 : Le routage des arracheuses dans les zones d'implantation exprimé par la variable X .....                                             | 107 |
| Tableau II. 24 : tableau résumant les objectifs à atteindre lors de l'arrachage suivant la date de livraison et les conditions d'humidité du sol..... | 115 |
| Tableau II. 25 : Synthèse de calendrier de la gestion de la culture de betterave sucrière et de la compagne sucrière .....                            | 116 |
| Tableau II. 26: les machines de lavage .....                                                                                                          | 118 |
| Tableau II. 27: Les machines de découpage .....                                                                                                       | 119 |
| Tableau II. 28: les machines de diffusion .....                                                                                                       | 119 |
| Tableau II. 29: les machines d'épuration .....                                                                                                        | 120 |
| Tableau II. 30: les machines de filtration .....                                                                                                      | 120 |
| Tableau II. 31: les machines d'évaporation .....                                                                                                      | 120 |
| Tableau II. 32: les machines de cristallisation .....                                                                                                 | 121 |
| Tableau II. 33: les machines d'essorage.....                                                                                                          | 121 |
| Tableau II. 34: les machines de séchage .....                                                                                                         | 122 |
| Tableau II. 35: les machines d'emballage.....                                                                                                         | 124 |
| Tableau II. 36: Classement selon la méthode TOPSIS .....                                                                                              | 142 |
| Tableau II. 37: les différentes offres donnant par les fournisseurs .....                                                                             | 143 |
| Tableau II. 38: Classement final de la méthode TOPSIS .....                                                                                           | 145 |
| Tableau II. 39: Le nombre de machines de transformation de la betterave sucrière fournies par de nombreux fournisseurs .....                          | 146 |
| Tableau II. 40: Calcul du prix total de la chaîne de production à base des machines fournies par plusieurs fournisseurs.....                          | 146 |
| Tableau II. 41: le prix total de la chaîne de production de traitement de betterave à sucre de la société Jiangsu, Chongqing .....                    | 146 |
| Tableau II. 42: conversation des devises.....                                                                                                         | 147 |
| Tableau III. 1 : les formes juridiques les plus adaptés par Les raffineries du sucre en Algérie .....                                                 | 154 |
| Tableau III. 2 : Les différents types des salaires des postes candidats.....                                                                          | 167 |
| Tableau III. 3 : Rémunération des salaries .....                                                                                                      | 168 |

## Liste des abréviations

### La liste des abréviations :

**USDA:** United States Département of Agriculture.

**OIS:** Organisation internationale du sucre

**S.N.F.S:** Syndicat National Fabrication Sucre

**OCDE :** Organisation de coopération et de développement économiques

**ISO:** International Sugar Organization

**ICE:** 'Intercontinental Exchange

**OMS:** Organisation Mondiale du Sucre

**ONS :** Office National des Statistiques

**OPEP :** Organisation des pays exportateurs de pétrole

**IAA :** Industries agricoles et alimentaires

**TBD :** tonnes de betteraves/jour

**TCD :** tonnes de cannes/jour

**T/T :** Telegraphic Transfer ou bien Virement

**L/C:** Lettre de crédit ou Le crédit documentaire

**D / A, D / P :** Dotations aux amortissements, dépréciations et provisions financières

# **Introduction Générale**

***"La Surprise est le début de la connaissance "***

**Anis Mansour**

## Introduction générale

La croissance économique et démographique actuel exige une consommation importante et dense pour certain type et malgré l'existence des industries agro-alimentaires pour la réalisation et la transformation des aliments consommables, un phénomène qui touche certain nombre de pays particulièrement les pays de tiers monde et la dépendance vis-à-vis des marchés extérieurs. Dans ce contexte L'Algérie se trouve en majorité de cas à s'approvisionner de la matière première à partir du marché mondiale pour le lancement des différents transformations agroalimentaires telle que les céréales, le café, l'huile, le sucre... etc. Ce qui paralyse de manière considérable la production Algérienne.

Notre matière première la plus importante dans cette étude est : le sucre qu'il constitue la principale source d'énergie dans notre alimentation, car la plus facile et la moins chère à produire (il y a une relation directe entre le niveau de vie et la part des glucides à l'apport énergétique total). De nos jours il existe 26 types différents de sucres mais nous savons que les êtres humains pendant des siècles ont utilisés plusieurs substances pour adoucir les boissons et les aliments. Le miel a été l'édulcorant de l'humanité. Connue au temps de la préhistoire en Asie, la canne à sucre est une plante qui a voyagé avec les hommes. Rare et cher au Moyen Âge, le sucre s'est démocratisé au 19<sup>e</sup> siècle suite à l'exploitation de la betterave sucrière et à l'extraction du sucre dans les raffineries industrielles. Actuellement, la canne à sucre couvre 3/5 des surfaces destinées à la production de sucre, mais la culture betteravière est en nette évolution : recherches génétiques et agronomiques, gain de productivité ...etc.

En raison de l'augmentation de la population et de l'amélioration du niveau de vie en Algérie, notre pays vit une crise caractérisée par une consommation excessive de sucre. Alors Le choix se pose entre le raffinage, l'importation du produit fini ou la culture de la betterave en Algérie. Dans le souci d'éviter les crises récurrentes de ce produit stratégique, il est impératif dès maintenant de procéder à la mise à niveau des sucreries existantes et relancer dans un cadre organisé les coopératives spécialisées en cultures industrielles afin d'exploiter en commun les moyens matériels (semoirs de précision, bineuses, arracheuse, etc.).

Notre étude vise à faire revivre ou bien réintroduction de la betterave à sucre en Algérie. La betterave sucrière en Algérie est un déficit mais il est possible à cause de plusieurs raisons expliquées par le grand ingénieur agronome *Djamel BELAID* qui plaide pour l'implémentation de la betterave sucrière dans notre pays (BELAID, 2014) :

❖ **Une production aujourd'hui entièrement mécanisée** : Il ne s'agit pas de considérer une éventuelle ré-introduction de la betterave à sucre dans le même contexte que cette culture a connu localement dans les années 70. Aujourd'hui, le progrès technique permet d'envisager des itinéraires techniques totalement différents qu'auparavant.

En matière de semences, l'apparition de semences mono-germes évite la pénible opération manuelle de démariage. Le désherbage est aujourd'hui parfaitement sélectif. Enfin, les différentes opérations de récolte sont totalement mécanisables. Elles demandent un matériel spécifique.

## Introduction générale

❖ **Une culture aujourd'hui plus économe en eau :** L'expérience marocaine permet d'envisager des semis d'automne alors qu'en Europe ceux-ci sont printaniers. Une telle façon de faire permet d'envisager un cycle de culture correspondant avec la saison pluvieuse. Ce qui n'aurait pas été possible dans le cas de semis au printemps.

Les planteurs Marocains ont développé l'irrigation des parcelles par le goutte à goutte. Cela ouvre la voie à des pratiques plus économes en eau. Elles permettent des rendements moyens de 70 tonnes par hectare.

La culture de betterave à sucre libère assez tôt les parcelles. Ce qui permet d'envisager des cultures dérobées : fourrages notamment. La transformation des racines en usine donne lieu à la production de pulpes. Celles-ci constituent un aliment de choix pour l'élevage de ruminants.

❖ **Un partenariat étranger nécessaire :** L'arrêt ces dernières décennies de la culture de betteraves en Algérie milite en faveur d'une coopération internationale afin d'acquérir un savoir faire. De part les superficies plantées et les conditions pédoclimatiques, le Maroc s'avère être un partenaire incontournable. L'abondante littérature scientifique marocaine actuellement en ligne est une source d'information technique précieuse qui mérite d'être compilée et soigneusement consignée. Cela concerne les variétés à utiliser, les dates de semis optimales, la fertilisation en sol calcaire, les techniques d'irrigation, et les programmes de désherbage.

En cas de retour de la betterave, l'expérience des planteurs marocains serait à faire connaître localement. Il apparaît notamment que les rendements sont corrélés à la réussite d'un peuplement pied par hectare correct. L'expérience française quant à elle est intéressante pour sa partie fondamentale.

❖ **Un savoir faire certain des agriculteurs et des industriels :** Les atouts locaux pour une relance de la production de betterave sont nombreux. L'exemple de la production de tomate industrielle montre la capacité des investisseurs privés à assurer la logistique pour l'acheminement d'un produit frais depuis les parcelles des planteurs jusqu'aux usines de transformation. Dans 5 la mesure où la transformation de la betterave à sucre autorise un stockage momentané en silo des racines récoltées, la logistique à mettre en œuvre permet plus de souplesse. Au Maroc, la campagne betteravière mobilise jusqu'à 500 camions de différentes entreprises de transport.

Un autre atout vient de l'exemple de la filière locale de pomme de terre. Les producteurs ont rapidement assimilé les itinéraires techniques d'autant plus que les marges sont rémunératrices. Les progrès en matière de mécanisation, de plantation et de récolte sont constants. Idem concernant la fertilisation et la protection phytosanitaire. On peut imaginer, pour peu que les prix soient rémunérateurs, la même capacité pour la maîtrise d'une nouvelle production telle la betterave.

## Introduction générale

Dans ce travail nous envisageons de proposer une étude de faisabilité pour l'obtention de sucre à partir de la betterave sucrière cultivée et transformée en Algérie en précisant les différentes phases à la réalisation d'un projet :

- L'étude de marché.
- L'étude technique.
- L'étude organisationnelle et institutionnelle.
- L'étude financière.

### ❖ Pourquoi on a choisi l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière ?

Dans ce travail, nous avons opté pour ce sujet vu la consommation de sucre en niveau mondiale et particulièrement en niveau national. D'après les statistiques récoltées nous avons constaté que un des aliments les plus consommés par les individus Algériens est le sucre, sachant que cet aliment est réalisé en Algérie à base de sucre roux importé ; Et qui est présenté dans la plupart des aliments que soit sucrés (confitures, pâtisseries et boissons ...etc.) ou salés (sauce-tomate, légumes en conserves, les pâtes par exemple pâte à pizza et le pain ...etc.).

Dû à la consommation massive de cette substance, chose qui a été remarquée durant ces dernières décennies est l'augmentation exponentielle de consommation du sucre, ce qui a incité plusieurs industriels à s'investir dans ce domaine, bien évidemment ces investissements permettent de couvrir la consommation totale. En contrepartie, l'importation de sucre roux (matière première de la réalisation de sucre), impose des sommes colossales à l'état Algérien, ce qui implique l'inflation de cette substance dans le marché national ; c'est pour cela notre objectif principal à réaliser ce projet sur le territoire Algérien afin de réduire l'importation de sucre. En plus de baisser la dépendance vis-à-vis du marché étranger et la modernisation de l'agriculture au niveau des périmètres irrigués en plus de répondre à la consommation nationale et la création des emplois.

En principe un projet n'est pas une simple idée jetée en l'air, mais suppose d'être décrit et planifié, pour notre cas nous avons utilisé la méthode **QQCOQP** :

**Quoi** : étude effectuée

**Qui** : les consommateurs

**Où** : le territoire Algérien

**Quand** : Programmation dans le temps

**Comment** : utilisation des différentes méthodes tels que : Les méthodes MCDM, P-médian

**Combien** : Selon la forme juridique et le crédit à louer

**Pourquoi** : Pour l'objectif principal.

Dans ce contexte, il s'agit d'envisager comment la production locale de sucre de betteraves pourrait permettre de réduire la dépendance vis-à-vis l'importation étrangère. Notre problématique s'articule autour de la question formulée de la façon suivante : Est-ce que la création d'une unité de production de sucre en Algérie est-elle rentable financièrement et économiquement.



# Partie I

# Étude de Marché

*"Rechercher des connaissances,  
la connaissance ne cherche personne "*

natol Frence

# Partie I : Étude de Marché

## Partie I : Étude de Marché

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1. Introduction.....                                                                                 | 7  |
| I.2. Histoire de sucre.....                                                                            | 7  |
| I.3. Partie nutritionnelle de sucre.....                                                               | 12 |
| I.3.1. Définition du sucre .....                                                                       | 12 |
| I.3.2. Types de sucre d'après le standard Codex Alimentaires (Codex STAN 212-1999 (Amd. 1-2001)) ..... | 13 |
| I.4. Partie technologique pour l'extraction du sucre .....                                             | 15 |
| I.4.1. Origine de sucre : .....                                                                        | 15 |
| I.4.2. Les co-produits.....                                                                            | 18 |
| I.5. Marché mondial .....                                                                              | 19 |
| I.5.1. Évolution de la production sucre mondiale par type de culture :.....                            | 19 |
| I.5.2. La consommation et usage de sucre :.....                                                        | 22 |
| I.5.3. Le sucre et ses étonnants usages alimentaires.....                                              | 25 |
| I.5.4. Le sucre et ses étonnants usages non alimentaires .....                                         | 26 |
| I.5.5. L'équilibre mondial production – consommation et les stocks de fin de campagne .....            | 27 |
| A. L'équilibre mondial production – consommation.....                                                  | 27 |
| B. Le stock de fin de campagne.....                                                                    | 30 |
| I.5.6. Bilan mondial sucrier ISO novembre 2016.....                                                    | 31 |
| I.5.7. Les prix mondiales du sucre.....                                                                | 31 |
| I.5.8. Facteurs d'influence .....                                                                      | 34 |
| A. Impact des fonds spéculatifs :.....                                                                 | 34 |
| B. Impact du taux de change real / dollar : .....                                                      | 35 |
| C. Impact du cours du pétrole :.....                                                                   | 36 |
| I.5.9. Les caractéristiques du commerce mondial du sucre .....                                         | 37 |
| I.6. Le marché national du sucre .....                                                                 | 38 |
| I.6.1. Importation.....                                                                                | 38 |
| I.6.2. Production du sucre :.....                                                                      | 40 |
| I.6.3. Les raffineries en Algérie :.....                                                               | 40 |
| I.6.4. Production de la betterave sucrière en Algérie : .....                                          | 45 |
| I.6.5. Compétitivité de l'Algérie sur la scène mondiale .....                                          | 46 |
| I.6.6. La consommation de sucre en Algérie .....                                                       | 46 |
| I.7. Conclusion .....                                                                                  | 47 |

# Partie I : Étude de Marché

## I.1. Introduction

Depuis le début du siècle, la production mondiale de sucre n'a cessé d'augmenter pour dépasser les 110 millions de tonnes dans les années 90. Le sucre joue un rôle majeur dans l'économie mondiale. Il fait vivre dix-huit millions de familles d'agriculteurs et pas moins de 1,8 millions de travailleurs tirent leurs revenus de l'industrie du sucre. Il est ainsi devenu l'une des matières premières naturelles dont l'importance économique est primordiale. L'Algérie, à cet égard, est totalement dépendante du marché extérieur, puisqu'elle importe pratiquement la totalité de ses besoins. Il est donc intéressant de connaître l'intérêt nutritionnel et technologique du sucre ainsi que d'avoir un aperçu chiffré de ce marché relativement complexe.

## I.2. Histoire de sucre (Raffinerie Tirlemontoise, 2013)

Les origines du sucre remontent à l'antiquité : la canne à sucre et le miel étaient la première source de sucre pour l'humanité.

De Christophe Colomb qui introduisit le sucre dans les colonies, en passant par les premiers transports d'esclave du continent africain vers le continent américain, ou par Napoléon qui va pousser et privilégier le sucre de betterave en France, l'histoire du sucre est riche en rebondissements.

Dans ce contexte, les êtres humains ne distinguent que quatre saveurs de base : le sucré, l'acide, le salé et l'amer. Tous cependant, nous éprouvons depuis notre naissance un attrait particulier pour le sucré. Il est donc logique que nos aïeux, dès la préhistoire, aient recherché les plantes et les fruits sucrés. La découverte du miel les a rendus fous de joie, même si la récolte s'accompagnait de piqûres d'abeilles douloureuses. Chez les Grecs anciens, le miel était l'ingrédient de base des desserts et boissons sucrées. les poètes antiques célébraient le miel comme 'don de dieu' ou encore 'céleste rosée' ?

Le miel présentait toutefois un grand inconvénient : c'était un produit rare. Et donc cher. Un demi-litre de miel coûtait à Athènes, dans l'Antiquité, le prix d'un mouton. Rien d'étonnant dès lors à ce que l'homme se mette à la recherche d'une alternative. Ce fut *Sarkara*.

➤ **Sarkara** : cela s'est passé en Mélanésie, un archipel au Nord-est de l'Australie. Il y a 10.000 ans, les hommes commencèrent à s'y intéresser à une plante sucrée : la canne à sucre. Ils en cueillaient régulièrement une tige pour la mâchonner avidement. Très vite, la canne à sucre fit son apparition en Chine. Il semble qu'elle ait poussé comme de la mauvaise herbe un peu plus tard dans toute l'Asie du Sud-est.

Comment ils en sont arrivés là, personne ne le sait, mais toujours est-il que les Hindous ont décidé un beau jour de presser les tiges de canne et de les cuire. Ils obtinrent ainsi une masse sucrée qu'ils laissèrent cristalliser. Ils appelèrent cette masse *sarkara*. C'est donc ce terme sanscrit qui constitue la racine du mot sucre dans la plupart des langues du monde.

## Partie I : Étude de Marché

Les Hindous se sont rendu compte que les fruits se conservaient très longtemps dans le *sarkara*. Ils ont ainsi posé les bases de notre confiture. C'est alors que les Perses ont entendu parler de tout ce sucre chez leurs voisins de l'Est.

➤ **La connexion Perse** : vers 510 avant J. C., les Perses envahirent l'Inde. Ils apprirent à y connaître le *sarkara* indien et décidèrent de développer la culture de la canne à sucre sur les bords de la Méditerranée orientale. Et ce fut un grand succès ! Tous les peuples du Moyen Orient se sont immédiatement rués sur ce sucre perse. Les Perses, qui ont toujours eu le sens des affaires, se sont immédiatement octroyé le monopole de la culture de la canne à sucre et réservé l'exclusivité du commerce du sucre.

Mais sur les navires et caravanes qui apportaient le sucre aux acheteurs, s'organisa aussi toute une contrebande autour de la plante elle-même, tant et si bien que la canne à sucre fut bientôt cultivée de la vallée de l'Indus à la mer Noire, et du Golfe Persique aux confins du Sahara.

Vers l'an 600, les Perses parvinrent à améliorer considérablement la cristallisation du sucre. Ils coulèrent la masse liquide dans des formes coniques, donnant ainsi naissance à ce qu'on appelle un 'pain de sucre'. Les Perses le nommèrent « Tabarseth ». Cela leur conférait ainsi une nouvelle avance sur la concurrence. Mais pas pour longtemps.

➤ **Caramel, chaux et croisade** : au 7e siècle, les Arabes envahirent la Perse, et la culture de la canne à sucre, de même que le commerce du sucre, tombèrent entre leurs mains. Ils exportèrent la canne à sucre en Égypte, à Rhodes, en Afrique du Nord, au Sud de l'Espagne et à Chypre.

Les amateurs de sucrerie arabes découvrirent aussi bien vite comment purifier le sirop de sucre. Ils obtinrent ainsi un produit brun foncé, gluant, qu'ils appelèrent « Khurat Al Milh ». C'est ce nom qui est à l'origine de notre mot « caramel ».

Mais on n'en resta pas là. Les Égyptiens franchirent un pas de plus et utilisèrent la chaux pour purifier davantage le sirop. C'est ainsi que le sucre est resté, pendant des siècles, une spécialité strictement arabe, jusqu'à l'arrivée des Croisés... Ce sont ces guerriers du Moyen âge qui ont apporté le sucre en Europe également ; au début, il n'y était vendu que par les apothicaires, et à des prix vertigineux.

Les Européens donnèrent toutes sortes de diminutifs aux variétés de sucre : « pain de sucre », « sucre en pierre », « sucre en roche », « sucre caffetin », « sucre casson », « sucre muscarrat », « sucre candi », « sucre de Barbarie », « sucre de Madère » et « crac de Montréal ». Et les marchands ? Ils se sont sucrés, avec tout ce sucre !

### Les variétés de sucre selon les européens :

Les termes « **pain de sucre** » ou « **sucre en pierre** » renvoient tous deux au sucre raffiné qui est versé dans une forme conique et ressemble très fort à ce que les producteurs de sucre appellent encore aujourd'hui le « pain de sucre ». Traditionnellement, un pain de sucre

## Partie I : Étude de Marché

comporte un sommet arrondi et mesure près d'un ½ mètre de haut. Le pain de sucre des producteurs de sucre n'est donc pas à confondre avec celui des boulangers, fait de sucre, d'œufs et de farine.

Le **sucre caffetin** doit son nom à la colonie génoise de Caffa. Ce sucre était enroulé dans des feuilles de palmiers qui sont appelés « Caffa » en arabe.

Le **sucre casson** est un sucre tendre, facile à casser. Lorsqu'il est totalement broyé, on parle de **crac**, le précurseur de notre sucre en poudre actuel.

Le **sucre muscarrat** est un sucre parfumé au musc. Ce nom est d'origine arabe.

Le **sucre candi** est constitué de plus gros cristaux que le sucre blanc ordinaire. À la fin du 15<sup>e</sup> siècle, un bon apothicaire se devait d'avoir en stock cinq sortes de candi : du candi ordinaire et du candi parfumé à la rose, à la violette, au citron ou à la groseille rouge.

Le **sucre de Barbarie** était envoyé par le Maroc et la Tunisie à la ville de Bruges.

Le **sucre de Madère** provenait du Portugal.

Le crac de Montréal était préparé dans une ville syrienne de la Mer Morte.

➤ **Les villes sucrières européennes** : au moyen âge, le sucre était une marchandise importante. C'est d'abord Venise qui en a assuré l'approvisionnement à partir des pays du Proche-Orient et des Indes Orientales. Cette ville devint donc le centre européen du commerce et du raffinage du sucre. Mais à la fin du Moyen âge, c'est Lisbonne qui devint la nouvelle capitale sucrière de l'Europe.

Au Nord de l'Europe, le port de Bruges resta longtemps le centre de l'approvisionnement en sucre, mais avec l'ensablement du Zwin, Anvers reprit ce flambeau. Pendant les guerres de religion, le centre du commerce et du raffinage du sucre fut transféré à Amsterdam. Le commerce dans cette ville souffrit énormément des guerres maritimes déclenchées entre les Pays-Bas et l'Angleterre, lesquelles firent rapidement perdre à Amsterdam sa suprématie. Mais le sucre était alors sur le point de conquérir le monde.

➤ **Le sucre conquiert le monde** : après avoir découvert l'Amérique, Christophe Colomb fit plusieurs allers-retours entre l'Espagne et le nouveau monde. Comme il voulait avoir du sucre dans ses îles Caraïbes, il introduisit la canne à sucre à Saint-Domingue au cours de son second voyage déjà. C'est ainsi que se développa une culture de la canne à sucre florissante dans toutes les colonies espagnoles, portugaises, anglaises et françaises de l'Amérique du Nord et du Sud.

De leur côté, les colons hollandais introduisirent la culture intensive de la canne à sucre en Indonésie et dans les îles de l'Océan Pacifique. La canne à sucre termina son périple autour du monde en s'implantant également dans le Philippines, à Hawaï et en Océanie.

## Partie I : Étude de Marché

➤ **Les précurseurs du sucre de betterave** : a la fin du **16ème siècle**, **Olivier de Serres** observe que la betterave possède un jus qui, en cuisant ressemble au sirop de sucre issu de la canne. Mais elle demeure une curiosité botanique et n'entre dans aucun assolement, ni pour le bétail, ni pour l'alimentation humaine.

En **1747**, en Allemagne, **Andréas Sigismond Marggraf** parvient pour la première fois à cristalliser du sucre de betterave, mais il s'agit d'une simple expérience de laboratoire. **François Charles Achard** a consacré sa vie scientifique à appliquer industriellement la découverte de Marggraf. En **1799**, il produit des pains de sucre, comparables à ceux issus de la canne et en **1801**, **il crée la première fabrique de sucre de betterave du monde, en Silésie.**

➤ **Le sucre au début du XIXème siècle** : Parallèlement à ce que fait Achard, une véritable "saccharo manié" s'empare de tout ce que l'Europe compte de chimistes, de pharmaciens et d'agronomes. **Tous essayent d'extraire du sucre à partir de la betterave.**

Au cours de la première décennie du XIXème siècle, les deux premières fabriques métropolitaines sont établies en région parisienne à Chelles et à Saint-Ouen. D'autres fabriques sont créées dans la Somme, dans l'Aisne et le Pas de Calais. **La naissance de la sucrerie de betterave est donc l'aboutissement d'un long processus de maturation scientifique et intellectuelle**, concrétisant une idée qui était "dans l'air" depuis plusieurs années.

Avec le **blocus continental instauré en 1806**, qui empêche les navires britanniques de décharger leurs marchandises dans les ports d'Europe, notamment le sucre de canne en provenance des colonies britanniques, plonge très vite la France dans une pénurie de sucre, une guerre économique s'installe et ferme l'Europe au commerce anglais. Le remplacement des produits coloniaux comme le sucre de canne devient indispensable.

En **1811**, Le Ministre Montalivet présente à Napoléon 1er des pains de sucre, fabriqués par le chimiste et pharmacien de l'Empereur, Deyeux.

Napoléon 1er, voulant favoriser le développement de cette production et avec l'influence décisive du chimiste Chaptal, signe le 25 mars 1811 un **décret ordonnant la mise en culture de 32 000 hectares de betterave.**

➤ **Ce jour-là : le 2 janvier 1812** : Dans sa raffinerie de sucre de canne de Passy, **Benjamin Delessert, jeune botaniste et industriel français**, essayait depuis plusieurs années de fabriquer industriellement du sucre de betterave avec l'aide de l'un de ses ouvriers, J-B. Quérue. Leurs efforts sont enfin récompensés dans les derniers jours de 1811 et le 2 janvier 1812, il en informe Chaptal.

## Partie I : Étude de Marché

Après avoir constaté par lui-même les résultats obtenus, **Napoléon 1er s'approcha de Benjamin Delessert et dans un élan d'enthousiasme et de reconnaissance, il détacha la croix de la Légion d'Honneur, qu'il portait sur la poitrine et la lui remit.**

### ➤ **L'Empereur avait raison : la science venait de créer une nouvelle richesse**

Pour montrer l'intérêt qu'il accordait à cette découverte, il fit donner une semaine de paye, en gratification aux ouvriers !

Même si des initiatives nombreuses avaient vu le jour depuis plus d'une décennie, le geste de Napoléon 1er, ce 2 janvier 1812, constitue le symbole de ce mouvement d'ensemble. Le 6 janvier 1812, Chaptal fait un rapport à l'Empereur sur la fabrication du sucre de betterave. Pensant détenir avec la sucrerie métropolitaine une carte maîtresse dans sa lutte économique contre l'Angleterre, ce dernier signe, le 15 janvier 1812, un **nouveau décret, qui ordonne cette fois la mise en culture de 100 000 hectares de betteraves**, prévoit la création de 5 écoles de sucrerie et accorde 500 licences pour établir de nouvelles fabriques.

En 1812, l'industrie du sucre de betteraves était née ! Cependant, la chute de l'Empire entraînant la fin du blocus en 1815, provoque le retour massif du sucre de canne en métropole et la disparition de la plupart des premières fermes-sucreries qui s'étaient lancées dans l'aventure.

Il faut attendre le second quart du XIXe siècle pour assister à la relance de l'activité, notamment dans le Nord et en Picardie. De véritables usines, qui abritent d'importantes machines, voient désormais le jour. L'essor de la filière profite à la Picardie qui devient la première région française productrice de sucre à partir de 1876.

Mais après 1880, la surproduction sature le marché et entraîne l'effondrement du cours du sucre. Pour endiguer le phénomène et ralentir la production, le gouvernement prend plusieurs mesures et encourage les fabricants de sucre à se tourner vers les distilleries d'alcool de betteraves.

La relance amorcée au début du XXe siècle est stoppée nette avec la Première Guerre mondiale. Les usines situées au cœur des zones de combat sont dévastées. La reconstruction va prendre du temps, et ce n'est qu'après 1947, avec le plan Monnet, que le niveau de production de sucre connaît une forte hausse. Désormais, les sucreries sont de moins en moins nombreuses mais soutiennent une productivité toujours plus importante, grâce à une automatisation croissante, qui réclame de lourds investissements. Les sucreries familiales disparaissent alors au profit de quelques grands groupes.

Au cours des années 1960, la production sucrière est intégrée au sein de la Politique Agricole Commune (PAC), qui impose des quotas de production et un équilibre entre états membres. Cette politique est renforcée en 2005 et conduit la filière à une réorganisation complète à l'échelle européenne. La réforme prévoit la fermeture de plusieurs sucreries et encourage les investissements vers la production d'éthanol servant de carburant aux voitures.

## Partie I : Étude de Marché

### I.3. Partie nutritionnelle de sucre

#### I.3.1. Définition du sucre

Le sucre est une substance de saveur douce, se formant naturellement dans les feuilles de nombreuses plantes et se concentrant dans leurs racines ou dans leurs tiges (Lataillade, 2014). Du point de vue chimique, les sucres sont communément appelées «glucides» ce sont des substances organiques comportant des fonctions carbonylées formés d'une ou de plusieurs unités de polyhydroxy-aldéhyde ou cétones et des fonctions alcool. (La filière sucre en Algérie, 2005)

Les glucides sont formés en premiers au cours de la photosynthèse<sup>1</sup> à partir du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub>O. Ils sont présents à l'état naturel dans tous les fruits et légumes. Le glucose et le fructose sont liés dans la plante pour former le saccharose, que l'on appelle communément «sucre ou sucrose». (La filière sucre en Algérie, 2005)

On le rencontre comme :

- Élément de soutien (cellulose chez les végétaux et chitine chez les arthropodes).
- Réserves énergétiques (glycogène, amidon).
- Constituants métaboliques (nucléosides, coenzymes).

On les classe en (La filière sucre en Algérie, 2005):

- a. **Oses** : glucides simples, non hydrolysables et réducteurs, comportant de 3 à 7 atomes de carbone ; à cette catégorie appartient le sucre (ou saccharose<sup>2</sup>) ;
- b. **Osides** : glucides complexes, hydrolysables et dont la fonction carbonyle est engagée dans une liaison avec un autre composé :

b.1. **Holoside** : l'autre composé est un ose ; on distingue :

**b.1.1. Oligoholosides** : il y a un petit nombre d'unités d'oses élémentaires, environ 2 à 6

**b.1.2. Polyholosides** : il y a un grand nombre d'unités d'oses élémentaires,

**b.2. Hétérosides** : l'autre composé n'est pas un ose.

On distingue également les oses dérivés (désoxyoses, osamines, acides uroniques, glycanes, etc. . .) et les esters d'oses. (La filière sucre en Algérie, 2005)

---

<sup>1</sup>. est une réaction biochimique énergétique qui se déroule chez les plantes ; Elle est un mécanisme spécifique des plantes vertes ; Elle a pour but de créer de l'énergie (sous forme de glucide) à partir de l'énergie lumineuse provenant du soleil (PLANÈTE-Photosynthèse).

<sup>2</sup>. est un glucide courant dans le monde végétal composé d'une molécule de glucose associée à une molécule de fructose par une liaison glycosidique et sa formule est C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> . (Saccharose)



## Partie I : Étude de Marché

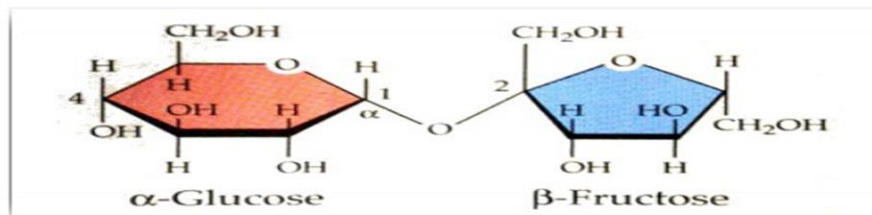


Figure I.1: La molécule de saccharose

### I.3.2. Types de sucre d'après le standard Codex Alimentaires (Codex STAN 212-1999 (Amd. 1-2001)) (Lataillade, 2014)

Les sucres peuvent varier de couleur, de saveur, de goût et de grosseur des cristaux. Chaque caractéristique permet au sucre d'avoir des fonctions précises dans les aliments, en plus de leur donner un goût sucré. Il existe 26 types différents de sucres, mais d'une manière générale on a :

- 1. Sucre blanc ou sucre raffiné :** De betterave ou de canne, il contient au moins 99.7% de saccharose pur (et généralement plus de 99.9%) ; il a une humidité inférieure à 0.06%, une teneur en sucre inverti (voir plus bas) inférieure à 0,04.
- 2. Sucre cristallisé :** Issu directement de la cristallisation du sirop, il se présente en cristaux fins. Il est utilisé surtout pour les confitures, les pâtes de fruits et les décors de pâtisserie.
- 3. Sucre en poudre :** Ce sucre (de canne ou betterave) cristallisé broyé et tamisé est conditionné en paquets de 500g ou 1 kg et sert pour préparer desserts, pâtisseries, glaces et entremets, et pour sucrer, laitages, boissons, crêpes etc.
- 4. Sucre en morceaux :** Il est obtenu par moulage du sucre cristallisé humidifié à chaud puis sécher pour souder les cristaux. Le morceau de sucre qu'on appelle parfois pierre ou carreau est une spécialité française. Il convient pour sucrer toutes les boissons chaudes, ainsi que pour préparer le sirop de sucre ou le caramel.

On distingue le sucre blanc en morceaux de calibre 3 (7g chacun) ou N°4 (5g), le sucre de canne de luxe N°2 (à gros cristaux brillants), le sucre de canne roux, le sucre pur canne (en petits dés blancs réguliers, ou en cubes irréguliers blancs ou bruns), le sucre en morceaux enveloppé par un, deux, ou trois petits cubes. Il provient de la canne ou de la betterave.

- 5. Sucre roux :** Il se compose de 85 à 98% de saccharose et de certaines impuretés, qui lui donnent sa couleur plus ou moins accentuée et sa saveur caractéristique. C'est soit du sucre brut issu de la canne (sucre de canne roux appelé cassonade), soit du sucre de betterave ayant subi au moins deux cycles de cuisson (vergeoise), soit du sucre blanc coloré avec du caramel.

## Partie I : Étude de Marché

➤ **Cassonade** : Ce sucre brut de canne est issu de la première cristallisation du jus de canne. Ses cristaux sont roux, plus ou moins fins. On l'utilise dans les recettes exotiques et/ou anglaises.

➤ **Vergeoise** : Sucre brut de betterave ou de canne. C'est un sirop coloré, parfumé par un premier sirop recuit ou un second sirop. Sa consistance est moelleuse, blonde ou brune, sa saveur accentuée surtout employé dans la pâtisserie flamande (speculoos).

**6. Candi** : C'est un sucre de betteraves. Il se compose de gros cristaux bruns, obtenus, par cristallisation à l'aide de sucre roux ; il est utilisé pour le champagne et pour le sucrage des liqueurs maison et des fruits à l'eau de vie.

**7. Rapadura** : jus de canne à sucre déshydraté, issu de l'agriculture biologique. Il n'a subi aucune transformation ni raffinage. Il reste donc humide et a tendance à s'agglomérer. De couleur ambre très foncé, il a un goût caractéristique de réglisse. Il se présente souvent sous la forme de cristaux en motte ambre foncée et est utilisé pour la fabrication des biscuits, des entremets et des pâtisseries.

**8. Muscovado** : sucre roux non raffiné en provenance des cannes à sucre de l'île Maurice, appelé *mascobado* lorsqu'il provient des Philippines. Purifié, filtré, puis cristallisé, il a une forte teneur en mélasse et un goût prononcé de caramel réglisse. Il se présente sous la forme de cristaux roux et est utilisé en pâtisserie, dans les entremets, les crèmes, le sucrage et l'enrobage.

**9. Sucre liquide ou sirop de sucre** : Cette solution de sucre incolore ou ambrée provenant de la canne ou de la betterave contient au moins 62% de matières sèches (dont moins de 3% de sucre inverti) et est destinée aux industries alimentaires, ainsi qu'à la préparation des punches ou des desserts tels la génoise ou les sorbets. 1 cuillerée à soupe équivaut à 10g de sucre. Je vous le recommande aussi lorsque vous utilisez un siphon.

**10. Sucre inverti** (ou interverti) : Obtenu par l'action d'acides sur du saccharose, il est composé pour moitié de glucose et de fructose, avec un peu de saccharose non inverti ; il est utilisé par les pâtissiers professionnels et les industries sous forme de sucre liquide inverti (62% de matière sèche, dont 3 à 5% de sucre inverti) ou de sirop de sucre inverti (62% de matière sèche, dont plus de 50% de sucre inverti).

**11. Sucre pour confitures**: Ce sucre cristallisé blanc de betterave, additionné de pectine naturelle (0,4 à 1%) et d'acide citrique (0,6 à 0,9%), parfois remplacé partiellement par de l'acide tartrique, facilite la prise des confitures et la réussite des sorbets maison. Il faut l'employer en suivant les indications portées sur l'emballage.

**12. Sucre en grains**: Il se compose de grains arrondis, ou « grêlons », obtenus par concassage de morceaux ou de « lingots » de sucre très pur, triés par grosseur au tamis ; il entre dans la fabrication des produits sucrés et des décors de pâtisseries, les chouquettes par exemple.

## Partie I : Étude de Marché

**13. Sucre vanillé :** Ce sucre en poudre (canne ou betterave), additionné d'au moins 10% d'extrait en poudre ou d'essence de vanille, est vendu en sachets de 7g pour aromatiser entremets et pâtes de pâtisserie ; le sucre vanilliné, additionné de vanille synthétique ou d'un mélange d'éthylvanilline et d'extrait naturel de vanille a les mêmes emplois. Vous pouvez bien sûr le faire vous-même en mettant des gousses de vanille dans du sucre en poudre. Vous pouvez utiliser d'autres parfums comme ici la lavande : sucre à la lavande.

**14. Pastillage :** Ce sucre glace additionné de gélatine, d'amidon, de fécule ou de gomme est destiné aux pâtissiers professionnels.

**15. Pain de sucre :** Traditionnellement moulé en cône, enveloppé de papier bleu, il est aujourd'hui principalement destiné aux pays arabes et il est devenu presque introuvable en France même si Terre Exotique l'a relancé à un moment. Je ne sais pas si on le trouve encore.

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

**17. Dextrose anhydre :** D-glucose purifié et cristallisé sans eau de cristallisation, dont le contenu en D-glucose est de 99.5% minimum de la matière sèche et le contenu en D-glucose de la matière totale est de 98% minimum.

**18. Dextrose monohydraté :** D-glucose purifié et cristallisé contenant une molécule d'eau de cristallisation, dont le contenu en D-glucose est de 99.5% minimum de la matière sèche et le contenu en D-glucose de la matière totale est de 90% minimum.

**19. Dextrose en poudre (dextrose glace) :** Pulvérisation fine de dextrose anhydre ou de dextrose monohydraté ou d'un mélange des deux, avec ou sans agent antiagglomérant.

**20. Lactose :** Constituant naturel du lait, obtenu généralement à partir du petit-lait, il contient 99% de lactose anhydre du total de matière sèche. Il peut être anhydre ou monohydraté ou en mélange des deux.

**21. Fructose (lévulose) :** D-fructose purifié et cristallisé dont le contenu en fructose est de 98% minimum et le contenu en glucose de 0.5% maximum.

### I.4. Partie technologique pour l'extraction du sucre

**I.4.1. Origine de sucre :** Si toutes les plantes produisent des sucres, seules quelques-unes (les plantes saccharifères) sont capables de stocker le saccharose, principal sucre naturel consommé dans le monde. Il provient essentiellement de la betterave en région à climat tempéré et de la canne à sucre dans les pays chauds. On extrait également du sucre à partir de l'érable (Canada), du palmier (Sri Lanka, Thaïlande) ou des dattes (Pakistan), mais les volumes concernés sont très limités.

#### A. La canne à sucre

## Partie I : Étude de Marché

La canne à sucre a plusieurs espèces dont les principales sont (Mauriac, 2010) :

- Saccharum spontaneum (canne sauvage ubiquiste)
- Saccharum barberi (canne indienne)
- Saccharum sinense (canne chinoise)
- Saccharum robustum (canne sauvage de nouvelle- guinée)
- Saccharum officinarum (canne, noble issue de la précédente)

Les variétés cultivées en fonction des conditions écologiques (climat, sol) de la zone culture.

**La canne à sucre (Saccharum officinarum L.)** est une plante vivace de la famille des *poacées* (anciennement *graminacées*) au même titre que le maïs et le blé. Elle peut parfois atteindre cinq mètres et est essentiellement exploitée dans les zones tropicales et subtropicales de faible altitude, principalement à l'intérieur d'une bande allant de 35° de latitude Nord à 30° de latitude Sud. (La filière sucre en Algérie, 2005)

Cette plante se compose de plusieurs parties. La tige est certainement l'un des éléments qui la caractérise le mieux. Elle est souvent comparée à celle du roseau et constitue le réservoir en sucre de la plante avec une proportion de 10% à 18% de saccharose. La tige de la canne à sucre (ou plutôt les tiges, car elles peuvent être jusqu'à 40 sur le même pied) est épaisse, longue (deux à cinq mètres de haut) et d'un diamètre pouvant aller de deux à six centimètres. Elle présente un aspect assez lisse entrecoupé de nœuds très visibles tous les dix à vingt centimètres environ. Sa couleur peut aller du vert-jaune au violet en passant quelquefois par le blanc selon les variétés et l'exposition au soleil. A la hauteur de chacun des nœuds partent des feuilles alternes et allongées pouvant atteindre un mètre cinquante. Lorsque la période de floraison intervient, la tige se termine par une panicule surmontée d'une inflorescence (ou flèche) composée de petites fleurs dont la couleur, tout comme celle de la tige, change selon les variétés. Ces fleurs contiennent des fruits de toute petite taille : des caryopses<sup>3</sup>. Contrairement à d'autres plantes de la même famille (blé, maïs...), les graines de la canne à sucre n'ont quasiment aucune vocation reproductrice car leur capacité en la matière est très faible et leur nombre, assez réduit. La reproduction sexuée n'étant pas possible, la canne à sucre repousse chaque année, soit à partir du rhizome laissé en terre lors de la récolte, soit par bouturage. (La filière sucre en Algérie, 2005)

La canne à sucre contient environ (La filière sucre en Algérie, 2005) :

- 71 % d'eau ;
- 14 % de saccharose ;
- 13 à 14 % de fibres ligneuses ;
- 2 à 3 % d'impuretés.

---

<sup>3</sup>. Le caryopse est un fruit à péricarpe sec non déhiscent contenant une seule graine : le péricarpe du fruit et le tégument de la graine sont soudés (Caryopse, 2017).

## Partie I : Étude de Marché

En agriculture intensive, les champs de canne à sucre sont brûlés et les cannes ramassées mécaniquement. Divers procédés physiques et chimiques permettent d'en extraire le saccharose pur : une tonne de canne apporte à peu près cent quinze kilos de saccharose. (Sucre, 2018)

### B. Sucre de palme :

De fabrication artisanale, ce sucre est extrait des grappes de fleurs du palmier à sucre. Le jus obtenu est filtré, puis cuit pour le transformer en sirop. Il est enfin battu pour amorcer la cristallisation. Le sucre obtenu est brun, naturellement riche en fructose et oligo-éléments (Sucre, 2018).

### C. La betterave sucrière

La betterave sucrière, *Beta vulgaris altissima*, est une plante généralement bisannuelle de la famille des *chénopodiacées*. Cette plante peut mesurer environ un mètre de haut. La partie aérienne est formée de feuilles larges, ovales et allongées, organisées en corolle. C'est la racine pivotante, d'une vingtaine de centimètres de long et généralement de couleur blanche pour cette variété, qui renferme les réserves en sucre. Elle contient environ 16% de saccharose (18 grammes de saccharose pour 100 grammes de betterave) (La filière sucre en Algérie, 2005).

**Une plante du Nord :** Contrairement à la canne, elle n'a aucune attirance pour les tropiques. Elle préfère **les climats tempérés**, assez humides d'avril à septembre avec des périodes sèches et ensoleillées juste avant la récolte. La délicatesse et la fragilité de la plante au début de sa vie conduisent les planteurs à lui réserver les bonnes terres, riches et profondes (LA CULTURE DE LA BETTERAVE À SUCRE, 2017).

### Cycle végétatif et évolution morphologique :

On divise généralement le développement de la betterave en 3 phases :

- Période juvénile : qui va de la germination au stade 16 feuilles, c'est la protubération.
- Période d'adolescence : de 16 à 40 feuilles, il y a développement de la racine, c'est la tubérisation.
- Période de maturation : la plante a alors accumulé les réserves nécessaires à la phase de production, en deuxième année de végétation (Miloud, 2009).

Dans 100 grammes de betterave sucrière on retrouve (La filière sucre en Algérie, 2005) :

**76 %** d'eau ;

**15 à 18 %** de saccharose ;

**4 à 5 %** de pulpe ;

**2 à 3 %** d'éléments non sucrés.

## Partie I : Étude de Marché

### I.4.2. Les co-produits (MEMO STATISTIQUE, 2017)

- En moyenne, une tonne de betterave donne 160 kg de sucre, 500 kg de pulpes humides et 38 kg de mélasse.
- En moyenne, une tonne de canne permet de produire 115 kg de sucre et 35 kg de mélasse.
- Un hectare de betterave produit environ 8950 litres d'éthanol alors qu'un hectare de canne à sucre en produit entre 5000 et 8000 litres.

On peut résumer ces données dans le tableau suivant :

|                       | <b>Betterave sucrière</b> | <b>Canne</b>                    |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| <b>Un hectare</b>     | 80 tonnes de betteraves   | 80 à 100 tonnes                 |
| <b>Sucre</b>          | 160 kg de sucre par tonne | 115 kg par tonne                |
| <b>Pulpes humides</b> | 500 kg par tonne          | /                               |
| <b>Mélasse</b>        | 38 kg par tonne           | 35 kg par tonne                 |
| <b>Éthanol</b>        | 8950 litres par hectare   | 5000 et 8000 litres par hectare |

Tableau I.1: Chiffres clés de la canne et la betterave sucrière

**A. Pulpe :** Les betteraves, une fois épuisées en sucre par diffusion dans l'eau chaude, prennent le nom de pulpes, utilisées en alimentation animale. Riches en vitamines, protéines et minéraux, elles contiennent également du sucre résiduel. Cette composition en fait un aliment de choix pour les animaux, notamment pour les ruminants qui les consomment fraîches ou déshydratées.

Elles connaissent aujourd'hui de nouveaux débouchés industriels : agent d'opacification des pâtes à papier, isolants à base de fibres naturelles pour la construction, filtration des effluents industriels.

**B. Mélasse :** Pour la sucrerie de canne ou de betterave, le produit final non cristallisé, visqueux et très coloré, est la mélasse ; on l'utilise comme support de fermentation pour la production d'alcool, de levures ou de micronutriments ainsi que dans les aliments composés pour les animaux.

**C. Bagasse :** La bagasse est un résidu ligno-cellulosique obtenu après broyage des cannes durant l'extraction du sucre et qui est aujourd'hui essentiellement utilisé comme combustible des chaudières de sucrerie.

**D. Écume :** Co-produit du processus sucrier, les écumes sont recueillies lors de la purification du jus de la betterave par précipitation des impuretés. Riches en sels minéraux et particulièrement en calcium, elles sont valorisées en agriculture comme engrais organique.

**E. Alcool et bioéthanol :** L'alcool éthylique ou éthanol, plus couramment appelé « alcool », est produit soit par synthèse soit par fermentation et distillation de substrats agricoles (origine

## Partie I : Étude de Marché

betterave ou canne, céréales ou vinique). Pour la filière sucre, la production se fait par fermentation du sucre contenu dans les jus extraits de la betterave ou de la canne, dans les sirops issus de la cristallisation ou dans la mélasse. L'alcool est utilisé dans l'alimentation (alcool de bouche), dans l'industrie (solvant pour la chimie), en parfumerie, en pharmacie. Il est aussi de plus en plus utilisé comme carburant et prend le nom de bioéthanol.

### I.5. Marché mondial

**I.5.1. Évolution de la production sucre mondiale par type de culture :** Le développement de la mécanisation durant la Révolution Industrielle a été un véritable tremplin pour le sucre. L'apparition des machines a fortement amélioré la production sucrière, elle est multipliée par mille entre le XVIIIème et le XXème siècle. Mais c'est à partir du XXIème siècle que la production et la consommation du sucre vont véritablement exploser dans le monde entier. Depuis 1994, la production sucrière est passée de 4228 milliers de tonnes de cannes produites et 29721 milliers de tonnes de betteraves, à 118870 milliers de tonnes de cannes produites et 36590 milliers de tonnes de betteraves en 2009. Cette augmentation est principalement due à l'amélioration continue de notre technologie et à une demande toujours plus importante de notre population grandissante. En effet, tous les peuples du monde, même les plus primitifs, ont une nette tendance à augmenter leur consommation de sucre. On observe depuis l'année 2012/2013, des records de production de sucre brut et selon (OIS) et S.N.F.S, la production mondiale a augmenté atteignant un volume total de 183089 milliers de tonnes de sucre brut produit. Le marché international du sucre connu une baisse de production de sucre sur la saison (2015-2016). L'année suivante, la production a cependant de nouveau augmenté, avec un volume de 179 207 milliers de tonnes (Note de conjoncture, 2017).

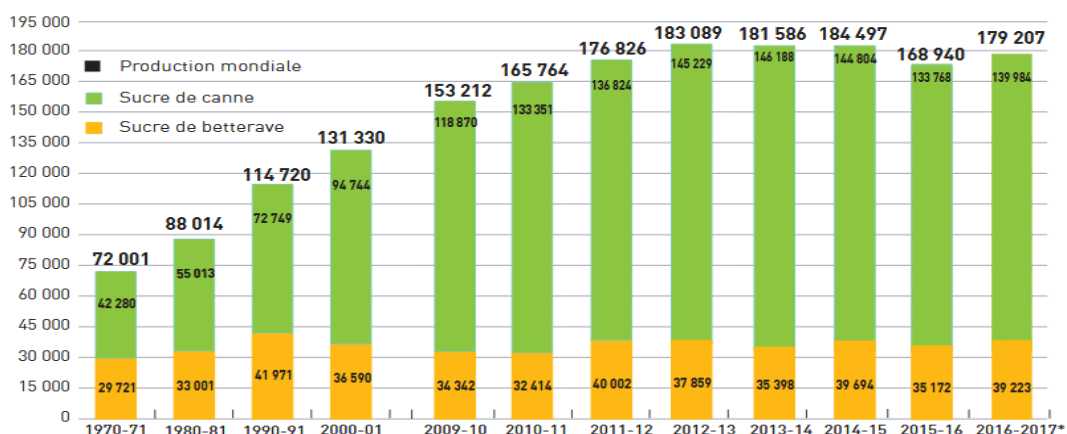


Figure II.2: Evolution de la production sucre mondiale par type de culture (en milliers de tonnes de sucre brut) selon les sources O.I.S. - S.N.F.S

La production mondiale de sucre se répartit actuellement à hauteur de 75% pour la canne à sucre et de 25% pour la betterave (MEMO STATISTIQUE, 2017).

## Partie I : Étude de Marché

### La production de sucre à betterave (Consommation mondiale de sucre, 2016):

|                                                                                                                                                  |                                                       |                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Les racines de la betterave peuvent pénétrer jusqu'à 2 mètres dans le sol. Ce qui fait de la betterave sucrière une plante qui structure le sol. | Une tonne de betterave donne environ 140 kg de sucre. | Une fois arrachée la betterave continue à vivre en puisant dans ses réserves de sucre : elle en consomme environ 100 g par tonne et par jour |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Chiffres-clés (MEMO STATISTIQUE, 2017):

1 hectare de betterave = 89 tonnes de betteraves

1 hectare de betterave = 89 hl d'éthanol

1 hectare de betterave = 7,1 tonnes d'éthanol

1 hectare de betterave = 4,6 t équivalents pétroles.

### La production de canne à sucre (Consommation mondiale de sucre, 2016):

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C'est la première plante cultivée au plan mondial avec près de 23% de la masse totale produite en agriculture dans le monde. Elle a été jusqu'au début du XIXe siècle la seule source importante de sucre et représente toujours actuellement 65 à 70% de la production de sucre. | La Réunion produit entre 170.000 et 200.000 tonnes de sucre, dont quatre-vingt dix pour cent sont vendus sur le marché national |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

De nos jours, on compte au total 112 pays producteurs de sucre dans le monde (MEMO STATISTIQUE, 2017)

- 7 cultivent canne et betterave ;
- 35 cultivent uniquement de la betterave ;
- 70 cultivent uniquement de la canne.

Le Brésil est le premier producteur mondial de sucre avec une production de 38,77 millions de tonnes de sucre brut provenant principalement de la canne à sucre. Il est également le premier exportateur mondial de sucre brut, il occupe une part de 20% dans les exportations sucrières mondiales. Il est suivi de l'Inde qui produit 21 millions de tonnes sucre brut provenant aussi de canne à sucre, qui représente quant à elle 15% de la production selon les données de l'USDA. La production indienne suit une tendance proche de la production brésilienne, de 1961 à 1980 avant de se faire définitivement devancer par la production de plus en plus importante du Brésil. Ils assuraient pendant cette période plus de la moitié de la production mondiale de sucre brut. Vient ensuite l'Union Européenne qui produit au total 16.72 millions de tonnes de sucre, elle est le premier producteur mondial de sucre de betteraves avec 9% de l'offre totale issue des cultures de betteraves. Ils font parti des 10 premiers producteurs mondiaux qui Assurent aujourd'hui 76% de la production sucrière



## Partie I : Étude de Marché

mondiale, soit 127,93 millions de tonnes de sucre (valeur tel quel) (Le sucre à travers les Âges, 2017).

Données exprimées en millions de tonnes de sucre tel quel - Du 1er octobre au 30 septembre **2016/2017** selon la source OIS (MEMO STATISTIQUE, 2017):

| Pays      | Production 2016/2017 (millions de tonnes) |
|-----------|-------------------------------------------|
| Brésil    | 38,77                                     |
| Inde      | 21,00                                     |
| U.E. à 28 | 16,72*                                    |
| Chine     | 9,90                                      |
| Thaïlande | 9,45                                      |
| U.S.A     | 8,44                                      |
| Mexique   | 6,10                                      |
| Russie    | 6,02                                      |
| Pakistan  | 5,50                                      |
| Australie | 5,00                                      |

Tableau II.2: Les dix principaux pays producteurs mondiaux

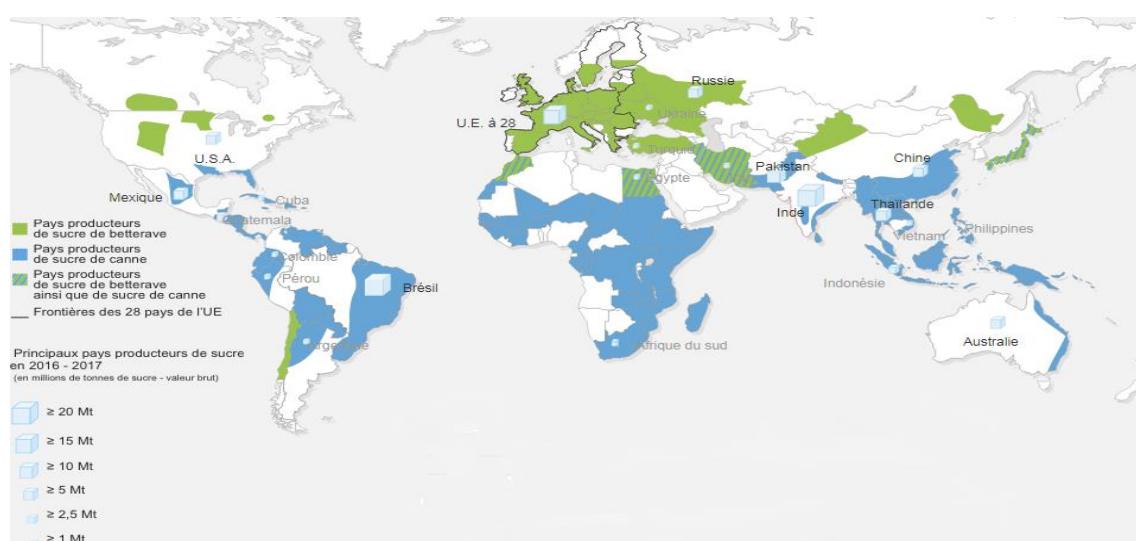


Figure III.3: Evolution de la production sucrière dans le monde par pays Classement des 10 premiers pays producteurs de sucre (**VERSION INTERACTIVE DU MÉMO STATISTIQUES 2017, 2017**)

Tous les producteurs sont exportateurs excepte USA (consommation supérieur a la production). Le Brésil conserve la position de leader de l'exportation sur le marché du sucre. Le deuxième exportateur mondiale situé en Asie c'est l'Inde qui est le plus gros exportateur de sucre grâce a la croissance de la production de canne à sucre devrait être tirée par la politique gouvernementale visant le sucre. Vient ensuite l'Union Européenne à 28, principalement représentée par la France et l'Allemagne, fournissait depuis 1960 plus d'un tiers de production mondiale de sucre brut. En effet, les deux pays contribuaient à part égale

## Partie I : Étude de Marché

pour 40% de l'offre européenne. Depuis 1960, leur production sucrière ne cessait d'augmenter, elle est multipliée par 2,3 pour la France et multipliée par 1,8 pour l'Allemagne entre 1961 et 2005. L'Europe était le premier exportateur mondial de sucre raffiné avec près environ 60% de ces exportations étaient principalement destinées à d'autres pays membres de l'Union Européenne (28), le reste était exporté en grande partie à l'Algérie, la Syrie, l'Israël, la Suisse ou encore la Norvège (Le sucre à travers les Âges, 2017).

En moyenne sur la période 2016-2017, près de 70 % des exportations de sucre au niveau mondial provenaient de deux pays : le Brésil et la Thaïlande .Les autres principaux pays exportateurs sont Australie, Guatemala, Emirats Arabes Unis (MEMO STATISTIQUE, 2017).

Données exprimées en millions de tonnes de sucre tel quel selon la source OIS et \* FranceAgriMer (MEMO STATISTIQUE, 2017):

| Pays                | Exportation 2016/2017 (millions de tonnes) |
|---------------------|--------------------------------------------|
| Brésil              | 27,60                                      |
| Thaïlande           | 7,00                                       |
| Australie           | 3,99                                       |
| Guatemala           | 2,12                                       |
| Emirats Arabes Unis | 1,84                                       |
| Inde                | 1,50                                       |
| Mexique             | 1,46                                       |
| U.E. à 28           | 1,42*                                      |
| Cuba                | 1,41                                       |
| Swaziland           | 0,64                                       |

Tableau III.3: Les dix premiers pays exportateurs mondiaux

### I.5.2. La consommation et usage de sucre :

La consommation mondiale de sucre s'élève à 184.6 MT pour la saison 2016/17, la consommation nette de sucre est d'en moyenne 25,5 kilos par habitant et par an, selon Sources O.I.S et S.N.F.S et d'après le docteur **Abram Hoffer** qui souligne la signification ces statistiques, la consommation de sucre est allée jusqu'à dépasser les 46 kilos par habitant et par an «Au cours des 300 dernières années, la consommation de sucre dans le monde est passée de moins de 2,3 kg par an et par personne à plus de **46 kg par an** et par personne. Et cela est un chiffre moyen calculé en incluant les bébés et les personnes qui, avec sagesse, ne consomment que très peu de sucre. Ce qui veut donc dire qu'un grand nombre de personnes consomment plus de **90 kg** de sucre par an... » (Consommation mondiale de sucre, 2016), Actuellement et est en croissance d'environ 2%/an, portée par la croissance démographique, l'augmentation du revenu par tête dans les pays en développement et la modification des habitudes alimentaires. Au cours des 10 dernières années, la consommation mondiale de sucre

## Partie I : Étude de Marché

s'est accrue de 30 MT. Elle devrait s'accroître du même tonnage au cours des dix prochaines années (Principales caractéristiques, 2017).

L'Asie, compte tenu de sa population, et malgré une faible consommation par tête, est le premier consommateur mondial, avec 46% du marché. Le reste se répartit entre l'Europe, l'Amérique du sud, l'Amérique du nord et l'Afrique. La croissance de la consommation de sucre varie en fonction des zones géographiques : faible voire nulle dans les pays développés tels que l'Europe et les États-Unis (moins de 1% par an sur les 10 dernières années), et plus forte dans les pays en développement d'Asie, d'Afrique et du Moyen Orient (entre 3 et 4% par an sur les dix dernières années). Face à cette demande, l'offre mondiale de sucre est également en progression. Les grands pays producteurs de sucre sont généralement les grands consommateurs ou les grands exportateurs. Le premier producteur, le Brésil, est le premier exportateur. Les deuxièmes et troisièmes producteurs, l'Inde et l'Union Européenne, sont les deux premiers consommateurs.

Les échanges internationaux de sucre portent sur environ 55 MT, les 2/3 étant du sucre brut et le reste du sucre blanc (Principales caractéristiques, 2017).

Le marché des importations de sucre est beaucoup moins concentré. On trouve c'est dessous la liste de grands pays consommateurs (UE, Indonésie, Chine, États-Unis, ...) plus la liste de grands pays importateurs mais également des pays pratiquant le raffinage "à destination" (Émirats Arabes Unis, Malaisie, Algérie, Corée du sud,...). Depuis le début des années 90, certains pays du Moyen-Orient et d'Asie non producteurs ont construit des raffineries de sucre brut, pour importer du sucre brut plutôt que du sucre blanc, le raffiner en blanc pour leur consommation intérieure ou pour l'exportation. La construction de ces raffineries a stimulé considérablement le commerce du sucre brut et les exportations brésiliennes, au détriment de celui du sucre blanc, qui était en son temps la spécialité de l'Union Européenne (Principales caractéristiques, 2017).

Les dix premiers consommateurs selon la source OIS tel quel Données exprimées grammes de sucre (Gülsoy, 2015):

| <b>Pays</b> | <b>Consommation 2016/2017 (grammes)</b> |
|-------------|-----------------------------------------|
| États-Unis  | 126,4                                   |
| Allemagne   | 103                                     |
| Pays-Bas    | 102,5                                   |
| Irlande     | 96,7                                    |
| Autriche    | 95,6                                    |
| Belgique    | 95                                      |
| Royaume-Uni | 93,2                                    |
| Mexique     | 92,5                                    |

## Partie I : Étude de Marché

|          |      |
|----------|------|
| Finlande | 91,5 |
| Canada   | 89,1 |

Tableau IV.4: Les dix premiers pays consommateurs mondiaux

L'Inde est le pays qui consomme le moins, avec 5 grammes par jour. En Israël, on consomme 14,5 grammes par jour et par habitant, l'Indonésie 15 et la Chine 16 (Gülsoy, 2015).

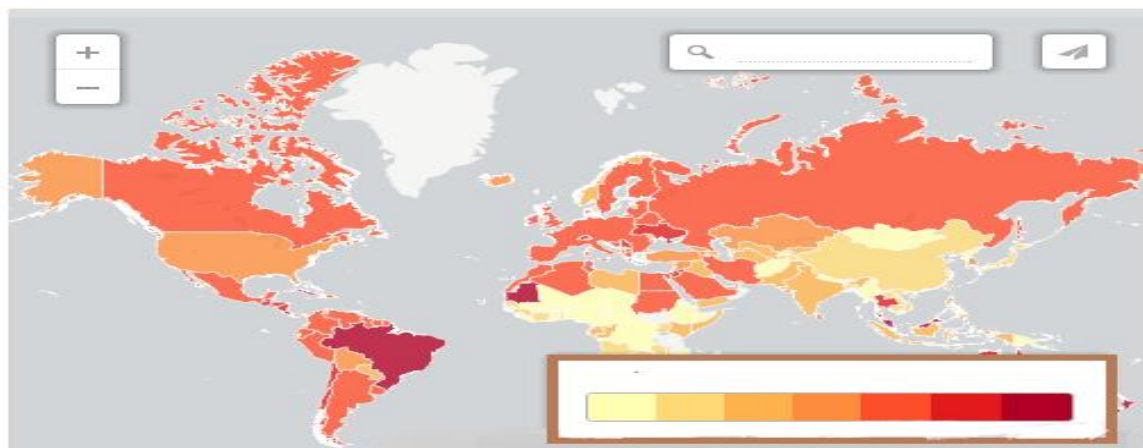


Figure IV.4: Consommation mondiale de sucre selon l'organisation internationale du sucre (Maheu, 2015)

Les dix premiers importateurs selon la source OIS et \* FranceAgriMer tel quel Données exprimées en millions de tonnes de sucre tel quel: (MEMO STATISTIQUE, 2017)

| Pays                | Importateur 2016/2017 (millions de tonnes) |
|---------------------|--------------------------------------------|
| Chine               | 4,70                                       |
| Indonésie           | 4,15                                       |
| U.E. à 28           | 2,94*                                      |
| U.S.A               | 2,45                                       |
| Bangladesh          | 2,16                                       |
| Emirats Arabes Unis | 2,11                                       |
| Inde                | 2,00                                       |
| Corée               | 1,95                                       |
| Malaisie            | 1,87                                       |
| Algérie             | 1,85                                       |

Tableau V.5: Les dix premiers pays importateurs mondiaux

Le sucre joue nombre de fonctions dans les produits alimentaires, en plus de donner de la saveur et un goût sucré. Le sucre est aussi un agent de conservation pour les confitures et les gelées et empêche la croissance des micro-organismes. Le sucre utilisé dans les pâtisseries,

## Partie I : Étude de Marché

comme le gâteau, permet de garder l'humidité et de prévenir la perte de fraîcheur que l'on remarque quand les pâtisseries sèchent. Le sucre rehausse également la texture et les couleurs des fruits et légumes en conserve. Le sucre permet aussi d'empêcher la formation de cristaux de glace dans les mélanges congelés comme la crème glacée et aide à la fermentation de la levure dans les produits comme le pain. Le sucre joue un rôle important et varié dans tous ces aliments et nombre d'autres encore.

### I.5.3. Le sucre et ses étonnants usages alimentaires (Utilisation du sucre à des fins alimentaires et non alimentaires)

Plusieurs propriétés fonctionnelles du sucre comprennent:

**A. Confitures :** Le sucre est utilisé couramment comme agent de conservation dans les confitures et les gelées et sert à améliorer la couleur et le goût de divers fruits. Le sucre attire l'eau, ce qui permet de ralentir la croissance des microorganismes pouvant gâter les aliments. L'ajout de sucre dans les confitures et gelées est nécessaire afin la consistance et la fermeté recherchées.

**B. Pâtisseries :** Le sucre est utilisé dans les produits de pâtisserie comme les gâteaux pour garder l'humidité et les empêcher de devenir rassis. Le sucre attendrit également les produits de boulangerie et sert de nourriture pour la croissance de la levure contribuant au processus de fermentation (pour faire lever le pain). La réaction de brunissement que subit le sucre lorsqu'il est exposé à la chaleur ajoute de la saveur et explique la couleur que l'on constate sur les produits de pâtisserie comme sur la croûte de pain et les biscuits.

**C. Mise en conserve et congélation :** On ajoute de sucre aux fruits et légumes en conserve pour améliorer le goût, modifier la texture et garder les couleurs naturelles. Le sucre sert aussi à ralentir le processus de congélation et empêcher la formation de gros cristaux de sucre dans les mélanges congelés comme la crème glacée. Ces gros cristaux de glace peuvent créer une texture plus rugueuse, alors que la formation de cristaux de glace plus petits donne un produit plus lisse ayant une texture plus agréable. Les sucres permettent aussi d'épaissir les desserts surgelés, ce qui donne une texture crémeuse et épaisse dans la bouche.

**D. Bonbons :** Le sucre (saccharose) est l'ingrédient principal dans les bonbons en raison de sa grande solubilité. Le processus le plus simple de fabrication des bonbons consiste à faire dissoudre du sucre dans l'eau et à chauffer la solution. À mesure que la température augmente, une plus grande partie du sucre se dissout. On continue à faire bouillir la solution jusqu'à ce que le sucre cesse de se dissoudre (une solution super saturée). Lorsque la solution continue de bouillir, l'eau s'évapore ce qui fait que la solution devient plus concentrée. Lorsque la solution refroidie, la solubilité de sucre diminue et le sucre forme des cristaux dans la solution. Le type de bonbons à fabriquer (et sa consistance recherchée) détermine le degré de concentration en sucre et dans quelle mesure les particules de sucre reforment des cristaux.

**E. Boissons :** On ajoute du sucre aux boissons pour donner un goût sucré et du corps (que l'on appelle la <<sensation en bouche>>). Le sucre est aussi utilisé dans les brasseries et pour la

## Partie I : Étude de Marché

fabrication du vin. Les sucres et d'autres glucides (sauf le lactose) peuvent servir à produire de l'alcool par la fermentation. Pendant cette fermentation, le levure se nourrit des sucres et produit des bulles de gaz carbonique, d'eau et d'alcool.

**F. Cuisson en général :** Le sucre est l'ingrédient essentiel dans la préparation des crèmes pâtisseries, des poudings et des sauces. Ces aliments ont besoin du sucre pour faire certaines fonctions en plus de leur donner un goût sucré. Pour les crèmes pâtisseries, le sucre contribue à dégrader les protéines des œufs blancs pour qu'elles soient dispersées plus uniformément dans le mélange liquide. De cette façon, le mélange d'œufs s'épaissit lentement lorsqu'il est mélangé à d'autres ingrédients et ceci donne une meilleure consistance.

Le sucre aide à empêcher la formation de grumeaux et à épaissir les sauces et les poudings en séparent les molécules d'amidon de la farine (ou d'autres agents épaississants comme la fécule de maïs). On obtient ainsi une consistance plus désirable.

Dans les aliments non-sucrés comme les vinaigrettes à salade, les condiments et les sauces, les sucres viennent modifier la saveur et neutraliser l'acidité naturelle des tomates et des produits à base de vinaigre. Ceci parce que les sucres sont facilement dégradés par les acides faibles.

### **I.5.4. Le sucre et ses étonnants usages non alimentaires** (Utilisation du sucre à des fins alimentaires et non alimentaires)

Le sucre peut aussi servir à d'autres fins que dans les aliments :

- le sucre sert au processus de fermentation pour faire des produits contenant de l'alcool
- le sucre ralentit le séchage des ciments et des colles ;
- le sucre sert à faire certains types de détergent ;
- le sucre est utilisé dans l'industrie du textile comme empois et pour la finition;
- le sucre est utilisé dans certains produits pharmaceutiques, notamment pour adoucir le goût de certains médicaments ;
- le sucre sert à guérir les blessures.

Les gros utilisateurs de sucre en monde Représentent 61 % de sucre consommé dans le monde, soit 106,26 millions de tonnes de sucre (valeur tel quel) : Les dix premiers utilisateurs selon la source l'Organisation internationale du sucre (OIS) tel quel Données exprimées en millions de tonnes de sucre tel quel (MEMO STATISTIQUE, 2017):

| Rang | Pays    | Production (1000 tonnes) |
|------|---------|--------------------------|
| 1    | Brésil  | 455 291                  |
| 2    | Inde    | 281 170                  |
| 3    | Chine   | 100 684                  |
| 4    | Mexique | 50 597                   |

## Partie I : Étude de Marché

|    |                       |        |
|----|-----------------------|--------|
| 5  | Thaïlande             | 47 658 |
| 6  | Pakistan              | 44 666 |
| 7  | Colombie              | 39 849 |
| 8  | Australie             | 38 169 |
| 9  | Indonésie             | 30 150 |
| 10 | Etats-Unis d'Amérique | 26 835 |

Tableau VI.6: Les dix premiers pays utilisateurs de sucre mondiaux

### I.5.5. L'équilibre mondial production – consommation et les stocks de fin de campagne

#### A. L'équilibre mondial production – consommation

**A.1. Niveau et variation :** La campagne 2014-2015 avait été excédentaire d'environ 1,5 millions de tonnes de sucre : elle a clôturé un cycle de 5 campagnes excédentaires, accumulant, sur ces 5 campagnes, presque 25 Mt d'excédents supplémentaires (Services CGB, 2017).

La campagne 2015-2016 est, elle, déficitaire, et de façon conséquente, puisque F.O. Licht l'estime au-delà de 10 Mt. La baisse de la production mondiale (-7,6 Mt à l'échelle du globe) était le résultat de plusieurs facteurs (Services CGB, 2017):

❖ **Une production malmenée en Asie** (Fages, chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation, 2016)

Le bilan mondial demeure tendu : en Asie la sécheresse apportée par El Niño a fortement réduit la production sucrière en Thaïlande. Et surtout en Inde (28,2 mt en 2015-2016), le deuxième producteur mondial, où les agriculteurs ont encore réduit les surfaces de canne à sucre cette année (24,5 mt prévus en 2016-2017).

Premier pays consommateur au monde, l'Inde s'est mise à taxer les exportations et à limiter le stockage pour calmer les prix. En Chine malgré l'amélioration de la production cette année, le déficit s'aggrave, Pékin devrait rester le premier importateur mondial pour la cinquième année consécutive.

❖ **L'Europe va fournir les marchés mondiaux, la production africaine encore insuffisante** (Fages, chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation, 2016)

L'Europe sera plus gâtée et elle pourra fournir les marchés mondiaux. Libérée des quotas sucriers, elle produira davantage de sucre de betterave (15,65 mt), malgré le recul de la production française. Meilleure récolte également en Russie (4,3 mt à ce jour) et forte

## Partie I : Étude de Marché

progression en Ukraine (1,5 mt). Ce pays de la mer Noire s'introduit dans le club des exportateurs (0,5 million de tonnes exportables en 2016-2017). Déjà fournisseur de l'ancien bloc soviétique, Kiev lorgne à présent les marchés d'Asie, du Moyen-Orient, mais aussi d'Afrique, où la dépendance aux importations de sucre est très forte.

L'Afrique (un peu plus de 10 mt) ne produit pas la moitié de sa consommation. Avec l'Égypte, le Nigeria est un des plus gros importateurs du continent. Mais avec un pouvoir d'achat en diminution et des prix mondiaux en hausse, le géant ouest-africain se met à investir sérieusement dans la production locale de canne à sucre.

❖ **Le Brésil pourrait produire davantage de canne à sucre** (Stassi, Le Brésil pourrait produire davantage de canne à sucre en 2015-2016, 2015)

La dévaluation du real par rapport au dollar et des mesures de soutien à la filière encouragent les professionnels brésiliens du sucre à produire et à exporter davantage, dans un marché en phase de rééquilibrage.

La forte baisse des prix (-24,7% en un an sur l'Intercontinental Exchange à New York) ne semble pas freiner l'activité des professionnels brésiliens du sucre, qui pourraient produire davantage de cannes lors de la campagne 2015-2016, qui débutera le 1er octobre prochain. Aidés par une conjoncture favorable, ils contrarieraient l'hypothèse d'une remontée progressive des prix sous l'effet d'un resserrement entre l'offre et la demande. Le Brésil est le premier producteur mondial de sucre. La canne est, elle, à l'origine de 80% de la production mondiale de sucre.

A l'occasion de l'ouverture de la campagne d'écrasement de la canne à sucre, le consultant britannique Czarnikow s'est rendu dans la région brésilienne du Centre-Sud, leader mondial de ce produit et de la production de sucre. Malgré le fort endettement des entreprises du secteur et la fermeture, au cours de l'année, de neuf usines (20% du parc ne sont désormais plus opérationnels), Czarnikow prévoit une récolte record de cannes en 2015-2016. ***"Suite à nos récentes visites d'exploitations dans la région, nous prévoyons désormais que la disponibilité de la canne à sucre s'élèvera à 604 Mt (+ 2 Mt)"***, indique l'analyste Ana Carolina Ferraz.

La part du sucre de betterave dans le total de la production mondiale a atteint 20,6 %, contre 21,5 % la campagne précédente, soit une valeur légèrement inférieure à la moyenne 5 ans, du fait de la moindre récolte européenne.

L'augmentation de la consommation en 2015-2016 par rapport à l'an passé est estimée à 1,2 %, soit inférieure à la moyenne 5 ans (1,9 %), pour la seconde campagne consécutive. La hausse de consommation asiatique a marqué un net repli (+1,6 %, contre presque +3,0 % la campagne précédente) ; mais la part du continent asiatique dans la consommation mondiale continue d'augmenter (47 % en 2015-2016 contre 45 % en 2007-2008). La seule part



## Partie I : Étude de Marché

chinoise, à plus de 9,4 % de la consommation mondiale, franchit un nouveau record (Note de conjoncture, 2017).

Les volumes échangés sur le marché mondial ont atteint un nouveau record en 2015-2016, dépassant pour la première fois les 70 Mt. En moyenne, rappelons que plus d'un tiers du sucre produit dans le monde fait l'objet de flux commerciaux entre pays importateurs et exportateurs (LA CULTURE DE LA BETTERAVE À SUCRE, 2017).

Pour la deuxième année consécutive, on produira en 2016-2017 moins de sucre (179.207 millions de tonnes) qu'on en consomme sur la planète (184.6 Mt en 2016-2017). Un nouveau déficit de 5 à 6 millions de tonnes se profile, il est encore plus important que celui de l'an. Certes il y a des stocks accumulés (Fages, chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation, 2016).

À la fin du mois de septembre prochain, les réserves de sucre seront à un niveau inquiétant selon ISO (moins de 75 millions de tonnes). Car la consommation mondiale, elle, ne fait qu'augmenter tous les ans (+2%). C'est ce qui explique la flambée des cours du sucre : + 40 % depuis le printemps (Fages, chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation, 2016).

Si l'envolée se calme un peu ces derniers jours - la récolte brésilienne bat son plein et elle a reçu des pluies bénéfiques (38 millions de tonnes prévues en 2016-2017 contre 35 mt la saison précédente), le niveau des prix, au plus haut depuis quatre ans (plus de 20 cents de dollar la livre de sucre blanc) devrait rester élevé au moins jusqu'au milieu de l'année prochaine 2018 (Fages, chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation, 2016).

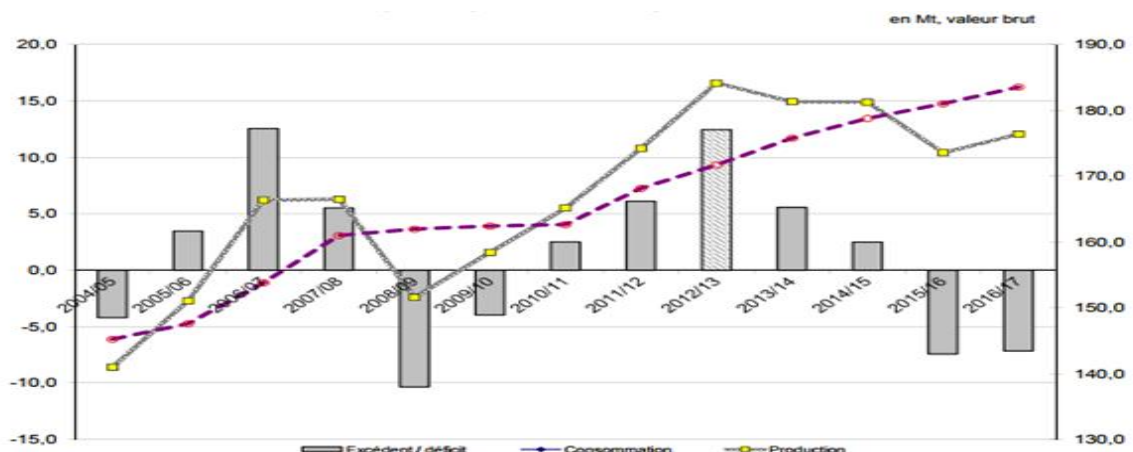


Figure V.5: Evolution de l'excédent/déficit mondial (FO Licht) Estimation oct/sept 2016/2017  
(Stassi, Vers un déficit sur le marché du sucre en 2015-2016, 2015)

## Partie I : Étude de Marché

### A.2. La situation des certains pays :

On prend la production et la consommation des certains pays, calculant leur déficit/excédent (Note de conjoncture, 2017):

| Pays exportateur | Production |         |         | Consommation |         |         | Excédent/déficit (1) |         |         |
|------------------|------------|---------|---------|--------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|                  | 2016/17    | 2015/16 | 2014/15 | 2016/17      | 2015/16 | 2014/15 | 2016/17              | 2015/16 | 2014/15 |
| Brésil           | 38,8       | 38,7    | 32,7    | 11           | 1,1     | 10,9    | 27,8                 | 27,7    | 21,8    |
| Inde             | 21         | 25,2    | 28,3    | 25,9         | 2,6     | 25,4    | -4,9                 | -0,8    | 2,9     |
| Thaïland         | 9,5        | 9,8     | 11,3    | 3            | 2,9     | 2,8     | 6,5                  | 6,9     | 8,5     |
| Mexique          | 6,1        | 6,1     | 6       | 4,5          | 4,4     | 4,4     | 1,6                  | 1,7     | 1,6     |
| Australie        | 5          | 5       | 4,9     | 1,1          | 1,1     | 1,3     | 3,9                  | 3,9     | 3,6     |
| Pakistan         | 5,5        | 5,3     | 5,9     | 5,1          | 4,9     | 4,8     | 0,4                  | 0,4     | 1,1     |
| Total            | 85,9       | 90,1    | 89,1    | 50,6         | 50,3    | 49,6    | 35,3                 | 39,8    | 39,5    |

Tableau VII.7: Evolution de la production des principaux pays exportateurs (en Mt)

| Pays importateurs | Production |         |         | Consommation |         |         | Excédent/déficit (1) |         |         |
|-------------------|------------|---------|---------|--------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|                   | 2016/17    | 2015/16 | 2014/15 | 2016/17      | 2015/16 | 2014/15 | 2016/17              | 2015/16 | 2014/15 |
| Russie            | 6          | 5,2     | 4,6     | 5,7          | 5,5     | 5,5     | 0,3                  | -       | -       |
| Algérie           | 0          | 0       | 0       | 1,4          | 1,4     | 1,4     | -                    | -       | -       |
| Indonésie         | 2,4        | 2,3     | 2,5     | 6,4          | 6,2     | 6       | -4                   | -       | -       |
| Chine             | 9,9        | 8,7     | 10,6    | 16,1         | 15,7    | 15,3    | -                    | -7      | -       |
| Malaisie          | 0          | 0       | 0       | 1,8          | 1,7     | 1,7     | -                    | -       | -       |
| USA               | 8,4        | 7,9     | 7,6     | 10,8         | 10,7    | 10,7    | -                    | -       | -       |
| UE                | 15,8       | 14,2    | 16,7    | 18,4         | 18,2    | 17,6    | -                    | -4      | -       |
| Total             | 42,5       | 38,3    | 42      | 60,6         | 59,4    | 58,2    | -                    | -       | -       |

Tableau VIII.8 : Evolution de la production des principaux pays importateurs (en Mt)

### B. Le stock de fin de campagne

#### B.1. Niveau et variation

**B.1.1. Le ratio stock / consommation :** Selon l'OCDE, l'importance des stocks qui ont pu être constitués lors de ces années d'excédents devrait limiter les pressions à la hausse sur le

## Partie I : Étude de Marché

prix mondial du sucre, causées par un éventuel ralentissement de la production et une hausse de la consommation mondiale (ANALYSE DU MARCHÉ DANS LA FILIERE DU SUCRE, 2015).

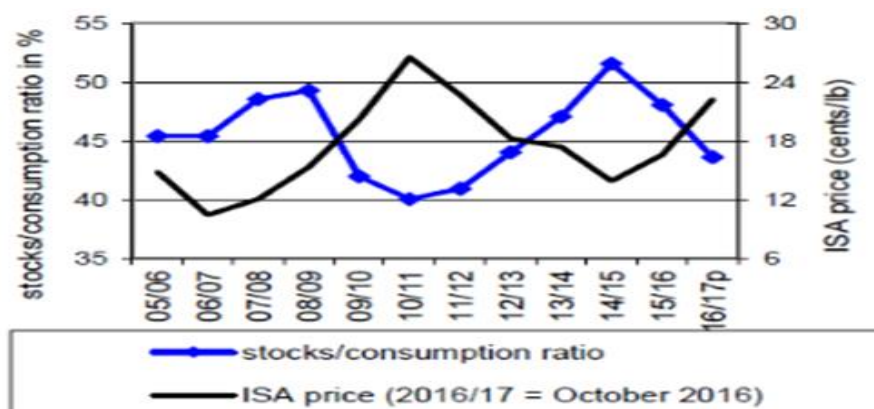


Figure VI.6: Stocks/consommation ratio et prix mondiaux ISO ( **Évolution du cours du sucre – facteurs d’influence, 2017**)

### I.5.6. Bilan mondial sucrier ISO novembre 2016 (Évolution du cours du sucre – facteurs d’influence, 2017)

Le bilan suivant résume la situation de marché mondiale sur les campagnes 2014/2015 jusqu’à 2016/2017

| Mt tel quel                    | 2014/2015 | 2015/2016 | 2016/2017 |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Production                     | 170.789   | 166.502   | 179.207   |
| Consommation                   | 168.113   | 171.334   | 184.6     |
| Solde                          | 2.676     | -4.832    | -5.393    |
| Importations                   | 57.586    | 59.12     | 57.764    |
| Exportations                   | 57.583    | 59.346    | 57.695    |
| Stocks finaux                  | 88.444    | 82.351    | 76.227    |
| Stocks en % de la consommation | 52.6      | 48.1      | 43.6      |

Tableau IX.9 : Bilan mondial sucrier ISO novembre 2016

**I.5.7. Les prix mondiaux du sucre** (Conjoncture, L’analyse économique de FranceAgriMer, 2017) ; Les quantités échangées sur les marchés internationaux déterminent les prix mondiaux du sucre. Il y a deux marchés de cotation au niveau mondial : celui de Londres pour le sucre blanc (London n°5) et celui de New-York pour le sucre brut (New-York n°11).

Les prix du sucre sur les marchés internationaux sont volatils. Etant donné l’importance des exportations brésiliennes dans le commerce international, les récoltes et l’évolution des coûts

## Partie I : Étude de Marché

de production de ce pays influencent fortement l'évolution des prix mondiaux. Cela est vrai également pour les autres principaux producteurs de sucre, comme l'Inde, la Chine et la Thaïlande.



Figure VII.7: Sucre blanc : FOB N °5 Londres en \$/tonne depuis le 01/12/2015



Figure VIII.8: Sucre Brut : New-York n°11, en en €/tonne depuis le 01/12/2015

Un prix mondial peu représentatif des coûts de production des producteurs les plus efficaces, hormis pour le Brésil. La bourse de New York traite des volumes de sucre qui représentent une part résiduelle de la production mondiale. En outre, du fait de politiques internes propres et de mesures tarifaires, les prix du sucre sur les marchés intérieurs sont généralement déconnectés des cours mondiaux du sucre.

Le prix de référence mondial du sucre a presque doublé au cours des 12 mois, passant de 304,10 €/t en décembre 2015 à 393.75 €/t en décembre 2016. Il s'agit du prix du contrat à terme de l'échéance la plus proche sur le marché d'ICE de New York. Ce relèvement survient après un cycle baissier du prix qui durait depuis les premiers mois de 2011.

Les prix mondiaux du sucre sont faibles au début de la période couverte par les Perspectives et devraient le rester à court terme avant de connaître une croissance modérée les années suivantes. Au niveau mondial, depuis le début de l'année 2017, les cours du sucre se sont redressés. Le prix du sucre brut a ainsi oscillé entre 400 et 450 €/t.

## Partie I : Étude de Marché

Le prix mondial du sucre blanc et celui du sucre brut sont fortement corrélés, selon le marché mondial de Londres. Le prix de référence mondial du sucre a presque doublé au cours des 12 mois, passant de 410,01 \$/t en décembre 2015 à 504,88 \$/t en décembre 2016. Au niveau mondial, depuis le début de l'année 2017, les cours du sucre se sont redressés. Le prix du sucre blanc a ainsi oscillé entre 490 et 530 \$/t.

En 2025, ils seront plus élevés que durant la période de référence 2013-2015 en termes nominaux, mais plus faibles en termes réels. Le prix nominal mondial du sucre brut est estimé à 342 USD/t (15.5 cts/lb) et celui du sucre blanc à 425 USD/t (19.2 cts/lb) en 2025. La surcote du sucre blanc, bien qu'elle soit actuellement en progression sous l'effet de l'accroissement de la demande à l'importation du Myanmar et du Soudan, devrait se contracter en 2017, la suppression du contingent de sucre de l'Union européenne permettant de nouvelles exportations de sucre blanc sur le marché mondial. Les pressions à la baisse ainsi exercées sur les prix encourageront les producteurs à privilégier les exportations de sucre brut plutôt que de sucre blanc, ce qui aura pour effet de stabiliser la surcote à la fin de la période considérée (83 USD/t contre 85 USD/t pendant la période de référence). (Sucre, 2016)



Figure IX.9: Prix mondiaux du sucre

Les prix mondiaux sont influencés par l'écart entre l'offre et la demande et quand nous dit l'offre on dit des ventes et dût la consommation massive de cette substance, chose qui a été remarquer durant ces dernière décennie est l'augmentation exponentiel de consommation du sucre a cause de La croissance démographique ce qui implique l'agrandissement des ventes mondiales.

| L'année     | Ventes de sucre (millions de tonnes) | Population mondiale (en milliers d'habitants) |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>1960</b> | 49.298                               | 3.083                                         |
| <b>1970</b> | 70.480                               | 3.687                                         |
| <b>1980</b> | 88.646                               | 4.443                                         |
| <b>1990</b> | 107.787                              | 5.296                                         |
| <b>2000</b> | 127.141                              | 6.123                                         |

## Partie I : Étude de Marché

|                              |         |       |
|------------------------------|---------|-------|
| <b>2010</b>                  | 163.822 | 6.916 |
| <b>2014</b>                  | 163.822 | 6.916 |
| <b>2015</b>                  | 186.338 | 7.349 |
| <b>La campagne 2016/2017</b> | 189.351 | 7.432 |

Tableau X.10: Ventes de sucre dans le monde (VERSION INTERACTIVE DU MÉMO STATISTIQUES 2017, 2017)

**Les ventes mondiales de sucre par habitant :** Les ventes de sucre par habitant augmentent régulièrement dans le monde : 16 kg par habitant en 1960. 25,5 kg en 2016 (Consommation mondiale de sucre, 2016).

Parallèlement, selon l’OMS, le nombre de cas d’obésité dans le monde a doublé depuis 1980:1,9 milliard d’adultes en surpoids en 2014 (soit 39 % des adultes) et 600 millions d’entre eux qui sont obèses (soit 13 % des adultes) (Consommation mondiale de sucre, 2016).

21,3 millions d’euros, le montant dépensé chaque année par le lobby du sucre à Bruxelles (hors budget de fonctionnement, 2016) (Consommation mondiale de sucre, 2016).

### I.5.8. Facteurs d’influence (Évolution du cours du sucre – facteurs d’influence, 2017)

Premièrement les prix mondiaux sont influencés par l’écart entre l’offre et la demande.

**A. Impact des fonds spéculatifs :** Depuis le début septembre 2015, point d’inflexion à la hausse de la courbe des cours du sucre, les fonds spéculatifs sont devenus, pour un temps, le facteur déterminant principal de l’évolution des cours du sucre.

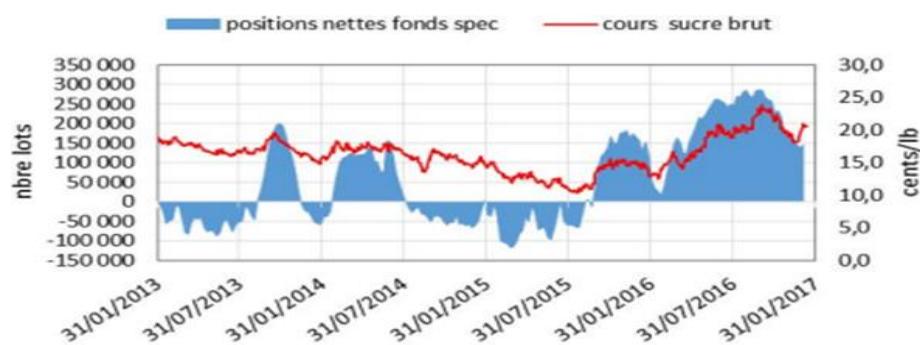


Figure X.10: Positions nettes fonds spéculatifs et cours du sucre

À partir de cette date en effet, après plus d’un an en position nette vendeur, les fonds spéculatifs ont affiché une position nette acheteur qui n’a cessé de progresser, mis à part un creux début février 2016, pour atteindre un record historique le 28 août 2016 avec plus de 285 000 lots. Elle s’est réduite depuis, mais reste néanmoins, avec 145 000 lots le 3 janvier 2017, à un niveau élevé.

## Partie I : Étude de Marché

La situation déficitaire du marché mondial du sucre explique l'intérêt des fonds pour ce secteur, d'autant que, dans le même temps, peu de matières premières ou d'autres types d'actifs apparaissent attractifs.

De même, le niveau bas des taux d'intérêt a rendu jusqu'à présent les marchés des matières premières, dont celui du sucre, plus intéressants pour les fonds. En revanche, une remontée des taux d'intérêt, qui semble à l'ordre du jour fin 2016, pourrait jouer en faveur d'autres actifs.

**B. Impact du taux de change real / dollar :** L'évolution du dollar et plus particulièrement du taux de change real / dollar influe également sensiblement, à très court terme comme à moyen terme, sur le cours du sucre.



Figure XI.11: Taux du change du dollar vs panier de monnaies

D'une manière générale, pour les matières premières cotées en dollars, un affaiblissement du dollar tend à faire monter les cotations de ces matières premières car elles deviennent alors plus attractives pour les investisseurs. A l'inverse, un renforcement du dollar est normalement un facteur de baisse des cours. Le graphique ci-dessus présente l'évolution de l'index Reuters des matières premières, et de l'index dollar, représentatif du taux de change du dollar par rapport à un panier de monnaies. On voit clairement une corrélation inverse entre les deux courbes.

Le cours du sucre est encore plus corrélé au taux de change du real par rapport au dollar. Étant donné le poids du Brésil dans le commerce extérieur du sucre (50%), le coût de production du sucre brésilien ramené en dollar est un élément directeur pour le cours mondial et un real plus faible est baissier.

De même, le taux du real joue sur l'incitation, pour l'industrie brésilienne, à produire du sucre plutôt que de l'éthanol, dès lors que le prix du sucre exporté est supérieur au prix intérieur de l'éthanol ramené en cents/lb. Un real plus faible abaisse le niveau du curseur.

## Partie I : Étude de Marché



Figure XII.12: Taux de change real vs dollar

Ainsi, le renforcement du real observé jusqu'à mi-2011, porté par le dynamisme de l'économie brésilienne, a joué un rôle essentiel dans la remontée du niveau moyen du cours mondial du sucre, conjointement à l'augmentation structurelle des coûts de production brésiliens. A l'inverse, l'affaiblissement du real de 57% entre juin 2011 et septembre 2015 a abaissé le plancher de résistance du cours du sucre dans un contexte d'excédent mondial.

Entre septembre 2015 et début 2016, le real a continué de baisser mais l'activité des fonds a contrebalancé l'impact du real sur les cours du sucre.

La reprise du real à partir de début 2016 a, cette fois ci en phase avec les fonds, accéléré l'ascension des cours du sucre.

L'élection de *Donald Trump* à la Présidence des États-Unis a donné un bref coup d'accélérateur au dollar, au détriment notamment des monnaies des pays émergents tels le Brésil. Il pourrait en être de même d'un relèvement des taux d'intérêt de la FED qui devrait intervenir de façon imminente. Le réal pourrait alors s'affaiblir de nouveau et contribuer à une baisse des cours du sucre dans un contexte où l'on reviendrait à un équilibre entre production et consommation mondiale. À moins que la politique de contrôle des dépenses publiques du nouveau gouvernement brésilien n'apporte un support à la monnaie brésilienne.

**C. Impact du cours du pétrole :** Il existe une corrélation indirecte entre cours du sucre et cours du pétrole, mais qui ne constitue pas un lien direct et est liée à la corrélation entre cours du dollar et cours des matières premières.

À la fin des années 1970 et au début des années 1980, le relèvement des prix du pétrole a permis aux pays pétroliers de disposer de réserves de change importantes leur permettant de financer leurs importations, ce qui a entraîné une augmentation de la demande des produits de base dont le sucre et de leurs prix.



## Partie I : Étude de Marché

Dans les années 2000, la forte hausse des cours du pétrole a fait fleurir des programmes de développement de l'éthanol-carburant dans divers pays. Toutefois, le lien direct entre prix du pétrole et prix du sucre via l'éthanol qui se substituerait à l'essence, n'a pas été effectif. D'une part, rares sont les pays, hormis le Brésil et l'UE, qui ont des flexibilités entre la production de sucre et la production d'éthanol à même de créer des liens entre prix du pétrole et prix du sucre. D'autre part, le seul pays ayant une capacité importante de substitution de l'essence par l'éthanol, le Brésil, a isolé totalement le prix de l'essence du prix du pétrole. En effet, le prix de l'essence au Brésil a été pratiquement gelé par Petrobras entre 2005 et 2016 (hormis quelques hausses de prix intervenues).

La situation pourrait changer désormais, avec la décision annoncée le 15 octobre 2016 par Petrobras de faire varier le prix de l'essence en fonction du cours du pétrole. Une hausse de 8% est intervenue début décembre, après deux baisses en octobre et en novembre. Ainsi, si le cours du pétrole repartait à la hausse, suite aux derniers accords de l'OPEP, la production d'éthanol brésilien pourrait redevenir attractive par rapport à celle de sucre.

La libéralisation des prix de l'essence au Brésil ajoutera ainsi, en cas de hausse du pétrole, un nouveau facteur spécifique de soutien des cours.

**I.5.9. Les caractéristiques du commerce mondial du sucre** (Principales caractéristiques, 2017): Le commerce mondial du sucre présente certaines caractéristiques propres :

- Une grande volatilité qui peut s'expliquer par la concentration des exportations aux mains d'un petit nombre d'acteurs et leur origine géographique provenant, pour une part très importante – 85 % –, de zones tropicales sensibles aux aléas climatiques.
- Un prix mondial peu représentatif des coûts de production des producteurs les plus efficaces, hormis pour le Brésil. La bourse de New York traite des volumes de sucre qui représentent une part résiduelle de la production mondiale. En outre, du fait de politiques internes propres et de mesures tarifaires, les prix du sucre sur les marchés intérieurs sont généralement déconnectés des cours mondiaux du sucre.
- Le poids dominant du Brésil, qui, avec 50% du marché, est "directeur" en matière de prix. Toutefois, outre par ses coûts de production, l'influence du Brésil sur le marché mondial du sucre s'exerce via le taux de change du real vis-à-vis du dollar qui rend le marché du sucre à l'exportation plus rémunérateur que le marché brésilien de l'éthanol.
- Des conditions économiques de production très différentes selon les différentes régions du monde. Le sucre est produit à partir de la canne à sucre dans les zones tropicales et subtropicales et à partir de la betterave dans les zones tempérées. Dans les zones d'expansion telles que le Brésil, l'Afrique Orientale et Australe et la Thaïlande, la canne est cultivée dans de grands domaines intégrés avec de la main-d'œuvre journalière. Dans l'Union Européenne,

## Partie I : Étude de Marché

la culture de la betterave est le fait d'exploitations de type familial. Par ailleurs, la canne est cultivée sur des cycles de trois à cinq repousses avant replantation et dans la plupart des grandes régions exportatrices, il n'existe pas de culture alternative à celle de la canne. À l'inverse, la betterave est une plante semée annuellement et qui entre dans une rotation de cultures.

### I.6. Le marché national du sucre

Au lendemain de l'indépendance, certaines mesures ont été préconisées afin de limiter la dépendance alimentaire vis-à-vis des marchés extérieurs. Le sucre est considéré comme un aliment essentiel entrant dans la composition calorique de la ration alimentaire de base, n'a pas échappé à cette optique : donc l'installation d'une industrie sucrière est une nécessité. C'est ainsi que dès 1966 une première sucrerie a été installée dans la région d'EL-Khemis. Suivie par la mise en place d'une culture betteravière a été confrontée à des difficultés (qualité médiocre et la non adaptation de la betterave, insuffisance des pluies et moyens d'irrigation...) compte tenu de ces difficultés, l'activité sucrerie a été délaissée au profit de raffinage à partir du sucre roux d'importation (La filière sucre en Algérie, 2005).

**I.6.1. Importation :** Le sucre et les sucreries sont des produits alimentaires de base, ils occupent la quatrième position des importations après les céréales, le lait et dérivés et les huiles grasses (d'après CNIS, 2007) (La filière sucre en Algérie, 2005).

L'Algérie est le 7ème plus gros importateur mondial de sucre avec 1,53 million de tonnes annuelles, selon l'ISO (Lamriben, 2017). Selon une étude du ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière, réalisée en septembre 2016, le pays consomme trois fois plus de sucre et de matières grasses par rapport aux normes internationales. Ce qui n'empêche toutefois pas le gouvernement de miser sur le développement des raffineries de sucre pour baisser les prix.

L'Algérie s'approvisionne en sucre roux à partir du Brésil, Cuba, Thaïlande, Union Européenne (Flambée du prix du sucre et répercussion pour l'Algérie, 2010).

Les importations algériennes de sucres ont atteint 469,03 millions de dollars durant les cinq premiers mois de 2013 contre 343,67 millions de dollars à la même période en 2012, en hausse de 36,47%, en dépit d'une inflexion de plus de 12% au mois de mai, selon les Douanes algériennes (Hausse des importations , 2013 ) .

Les quantités importées ont totalisé 883.005 tonnes à fin mai 2013 contre 545.755 tonnes à la même période en 2012, en hausse également de plus de 61,7%, précise le Centre national de l'informatique et des statistiques des Douanes (Cnis) (Hausse des importations , 2013 ) .

## Partie I : Étude de Marché

L'Algérie a importé environ 22% de sucre et de ses matières premières (sucres blanc, roux, de betterave brute, de canne à sucre, sirop de lactose...) du marché mondial au cours de 2016, selon le Centre national de l'informatique et des statistiques des douanes (CNIS) ou ils ont augmenté à 871,7 millions de dollars (usd) en 2016 contre 714,76 millions usd en 2015, a appris l'APS auprès des Douanes (Benali, 2017).

Rappelons que l'Algérie est les dix premiers gros importateurs de sucre, ses importations atteints 2 millions de tonnes de sucre dans l'année de 2017 a déclaré *Hajj Eltaher Boulouar*, président de l'Association nationale des commerçants d'Al Shorouq.

|                        | 2015      | 2016      | 2017      |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Afrique du Nord</b> | 4 210 949 | 4 300 636 | 5 647 617 |
| <b>-Algérie</b>        | 1 807 980 | 1 916 566 | 2 165 644 |
| <b>-Egypte</b>         | 1 036 195 | 1 076 639 | 2 065 353 |
| <b>-Maroc</b>          | 1 028 424 | 958 680   | 1 004 120 |
| <b>-Tunisie</b>        | 338 350   | 348 751   | 412 500   |

Tableau XI.11: Importations de sucre roux (tonnes, 2017 incomplet) selon la source Sucden (Afrique - Sucre, 2018)

On constate, selon les chiffres de Sucden, que les importations de sucre roux seraient fortement en hausse en 2017 (chiffres provisoires), tandis que celles de sucre blanc régressent. Une des raisons serait à trouver du côté de l'Algérie qui a considérablement augmenté ses achats de sucre roux, devenant ré-exportateur de sucre blanc. Il importe du roux du Brésil, transforme sur place grâce à des coûts de raffinage peu élevés, et réexporte du sucre blanc vers le continent, notamment vers l'Afrique de l'Est. (Afrique - Sucre, 2018)

|                        | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------|------|------|------|
| <b>Afrique du Nord</b> | 578  | 556  | 317  |
| <b>-Algérie</b>        | 101  | 69   | 40   |
| <b>-Egypte</b>         | 166  | 262  | 100  |
| <b>-Maroc</b>          | 41   | 4    | 4    |
| <b>-Tunisie</b>        | 175  | 69   | 12   |

## Partie I : Étude de Marché

Tableau XII.12: Importations de sucre blanc détectées selon la source Sucden (milliers de tonnes, 2017 incomplet) (**Afrique - Sucre, 2018**)

Cette augmentation des importations de sucre s'explique essentiellement par la hausse de la demande intérieure en prélude au mois de Ramadhan, période qui connaît traditionnellement un "pic" de la demande (Hausse des importations , 2013 ).

**I .6.2. Production du sucre :** La structure de la filière sucre, après l'indépendance est passée par 03 étapes (La filière sucre en Algérie, 2005) :

- La production de sucre blanc à partir de la transformation de la betterave à sucres ;
- La production de sucre blanc à partir de la transformation de la betterave à sucre et du traitement du sucre roux d'importation ;
- La production du sucre blanc à partir du traitement du sucre roux d'importation (raffinage).

Aujourd'hui Il n'existe aucune production locale de sucre en Algérie à 100%.En effet, l'absence de canne à sucre ou de betterave, l'Algérie fait recours, systématiquement, aux importations du sucre brut pour une valeur moyenne de 570,78 millions de dollars annuellement. Les besoins croissants de la consommation de cette denrée, qui sont estimés à plus d'un million de tonnes par an, sont loin d'être satisfaits par la production locale (L'Algérie a importé pour 570,78 millions de dollars de sucre en 8 mois, 2016).

Le sucre roux est vendu aux raffineries qui procèdent à son traitement : redissolution, épuration par le même procédé, recristallisation, séparation, par essorage dans des centrifugeuses, de la phase solide qui est du sucre blanc, de la phase liquide qui est une forme de sirop dite « égout » et qui reviendra à l'épuration.

**I .6.3. Les raffineries en Algérie :** L'industrie sucrière Algérienne se limite aujourd'hui à deux entreprises complètement déconnectées de l'agriculture locale. D'un côté, une entreprise privée « Cevital » en pleine croissance et qui ambitionne de couvrir la totalité de la demande locale et d'exporter sur le marché mondial. De l'autre, une entreprise publique « Enasucré » qui rencontre des grandes difficultés pour se maintenir sur le marché. Ces deux entreprises interviennent dans un environnement où le rôle de l'état s'est considérablement affaibli (ACHABOU, 2008).

### **A. Une entreprise privée (Cevital) en pleine expansion** (Lynda, 2012)

Fondé par *M.Isaad Rebrab*, le Groupe Cevital crée en 1998, avec un Capital de 68 760 000 000 DZD, et plus de 5 000 Employés. C'est un groupe familial bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui en ont fait sa réussite et sa renommée.

## Partie I : Étude de Marché

Créée avec des fonds privés, elle est la première société privée algérienne à avoir investi dans plusieurs secteurs d'activités, elle englobe 26 filiales aux activités diversifiées: agro-alimentaire, grande distribution, automobile, industrie, services et immobilier.

Portée par 18 000 collaborateurs dont 15 000 en Algérie, l'entité s'est constituée au fil des investissements autour de l'idée forte de bâtir un modèle économique qui sied à l'économie algérienne. Le succès émérite du Groupe Cevital repose sur 7 points forts :

- Le réinvestissement systématique des gains dans des secteurs porteurs à forte valeur ajoutée.
- La recherche et la mise en œuvre des savoir-faire technologiques les plus évolués.
- L'esprit d'entreprise.
- Le sens de l'innovation.
- La recherche de l'excellence.
- La fierté et la passion de servir l'économie nationale.
- L'attention accordée au choix des employés, à leur formation et au transfert des compétences.

Le Groupe Cevital a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre la taille et la notoriété dont il jouit aujourd'hui et ce tout en continuant à œuvrer dans la création.

Ce groupe a été propulsé sur le devant de la scène économique algérienne grâce aux gros investissements qu'il a réalisés ces dernières années dans plusieurs secteurs, notamment celui du sucre. Dans ce dernier, la raffinerie du groupe (600000tonnes/an) arrive aujourd'hui à assurer plus de la moitié de la demande nationale. Le groupe compte investir davantage dans ce secteur en augmentant sa capacité de transformation pour dépasser le 1 million de tonnes/an. Cela va lui permettre de couvrir la totalité de la demande nationale et même d'exporter.

### **B. Publique (ENASUCRE) (entreprise nationale du sucre) (Selma, 2007)**

Le groupe public Enasucré, avec ses 1200 travailleurs et ses trois filiales de Mostaganem, Guelma, Khemis Miliana et une unité de conditionnement à Zfizef, et des capacités de transformation de l'ordre de 200 000 t/an, Une entreprise publique fondé en décembre 1982a cédé la moitié de son potentiel.

Au début des années 2000, il devait faire face à de sérieuses difficultés financières, si bien qu'il s'était retrouvé dans l'incapacité d'acheter la matière première (sucre roux). L'entreprise était sur la liste noire parce n'ayant pas respecté des engagements contractuels. Elle avait été condamnée par plusieurs tribunaux et une instance d'arbitrage de Londres ainsi que par l'association des sucriers. C'est à ce moment-là que le groupe agroalimentaire privé, Blanky, fut sollicité par le directoire de l'Enasucré pour assurer l'approvisionnement en sucre roux.

## Partie I : Étude de Marché

Ce qui ne fut pas aisé du moment que le discrédit de l'Algérie était entamé sur le marché extérieur. Blanky réussira à convaincre une société américaine (PSI) d'acheter du sucre en son nom. Et c'est ainsi qu'il avait commencé à vendre du sucre roux à l'Enasucré.

Elle est un hybride organisationnel entre la bureaucratie publique qui se caractérise par un objet non lucratif, dont le financement repose sur l'impôt et dont le contrôle relève exclusivement des pouvoirs publics et prend la forme de procédures administratives ou politiques.

On peut comprendre à travers cette description de l'entreprise publique, la dépendance de celle-ci que ce soit en matière de financement ou de contrôle, de l'action de l'Etat.

Cette situation peut-elle être à l'origine de la sous-performance des entreprises publiques en général ?

Plusieurs économistes s'accordent à dire oui, et trouvent que la défaillance des systèmes d'incitation et de contrôle est en grande partie responsable.

Cette explication nous semble plausible dans le cas de l'ENA Sucre. Cette entreprise est née dans un système très protectionniste, tournée exclusivement sur un marché intérieur garanti et en pleine expansion grâce aux investissements de l'Etat et aux dépenses publiques. Elle n'a jamais eu à fonctionner sous contraintes d'efficacité et elle a été pendant plusieurs années en situation de quasi-monopole, ce qui a découragé toute politique de développement. Et malgré la forte croissance de la demande sur le marché local, les capacités de raffinage de cette entreprise sont restées les mêmes (297 000 tonnes de sucre roux pour une production de 267 000 tonnes de sucre blanc par an). Aujourd'hui, le désengagement de l'Etat et l'ouverture progressive du pays à l'économie de marché a mis cette entreprise dans une situation très difficile. Non seulement elle n'arrive pas à conquérir le moindre marché extérieur mais, pire encore, elle perd chaque jour ses parts du marché intérieur au profit de Cevital.

Les filiales de la société Enasucré (La filière sucre en Algérie, 2005) sont :

### **B.1. Sorasucré de Mostaganem** (Sorasucré de Mostaganem, 2018)

C'est une société par action SPA, pour une activité principale le raffinage du sucre. Elle a été créée en 1974, avec un capital de 164 000 000 DZD.

Acquise par le groupe *Berrahal* en 2008, avec un effectif de 250 salariés; Ces principaux produits :

- ✓ Le Sucre blanc local raffiné
- ✓ Mélasse (Liquide – matière première)

### **B.2. Raffinerie de GUELMA** (Entreprises - Wilaya Guelma, 2018)

- ✓ Année de création 1972
- ✓ Capital 30 000 000 DZD
- ✓ Entreprise De 250 à 499 Employés

## Partie I : Étude de Marché

- ✓ Produit et service :
  - a. Conditionnement, emballage à façon (entreprise)
  - b. Sucre (fabrication et raffinage)

### **B.3. Raffinerie Khemis Miliana** (Entreprises - Wilaya Ain Defla, 2018)

C'est la première sucrerie-raffinerie algérienne, suivie de celle de Guelma, elle a été créée en 1966.

La sucrerie d'El Khemis a été conçue pour un traitement de 1 500 tonnes de betterave par jour, soit 150 000 tonnes pour une campagne de 100 jours, ce qui correspond, avec des rendements évalués à l'époque à 30 t/ha, à une superficie de 5 000ha.

Actuellement la Société de raffinage de sucre (Sorasucre), dont l'usine se trouve à Guelma, dépend exclusivement et depuis toujours de l'importation de sucre roux ; c'est également le cas de Sorasucre Khemis Miliana et de Sorasucre Mostaganem.

A Guelma, on n'a traité la betterave que pendant quatre ou cinq ans ; sa culture a été abandonnée en 1981 ou 1982.

## Partie I : Étude de Marché

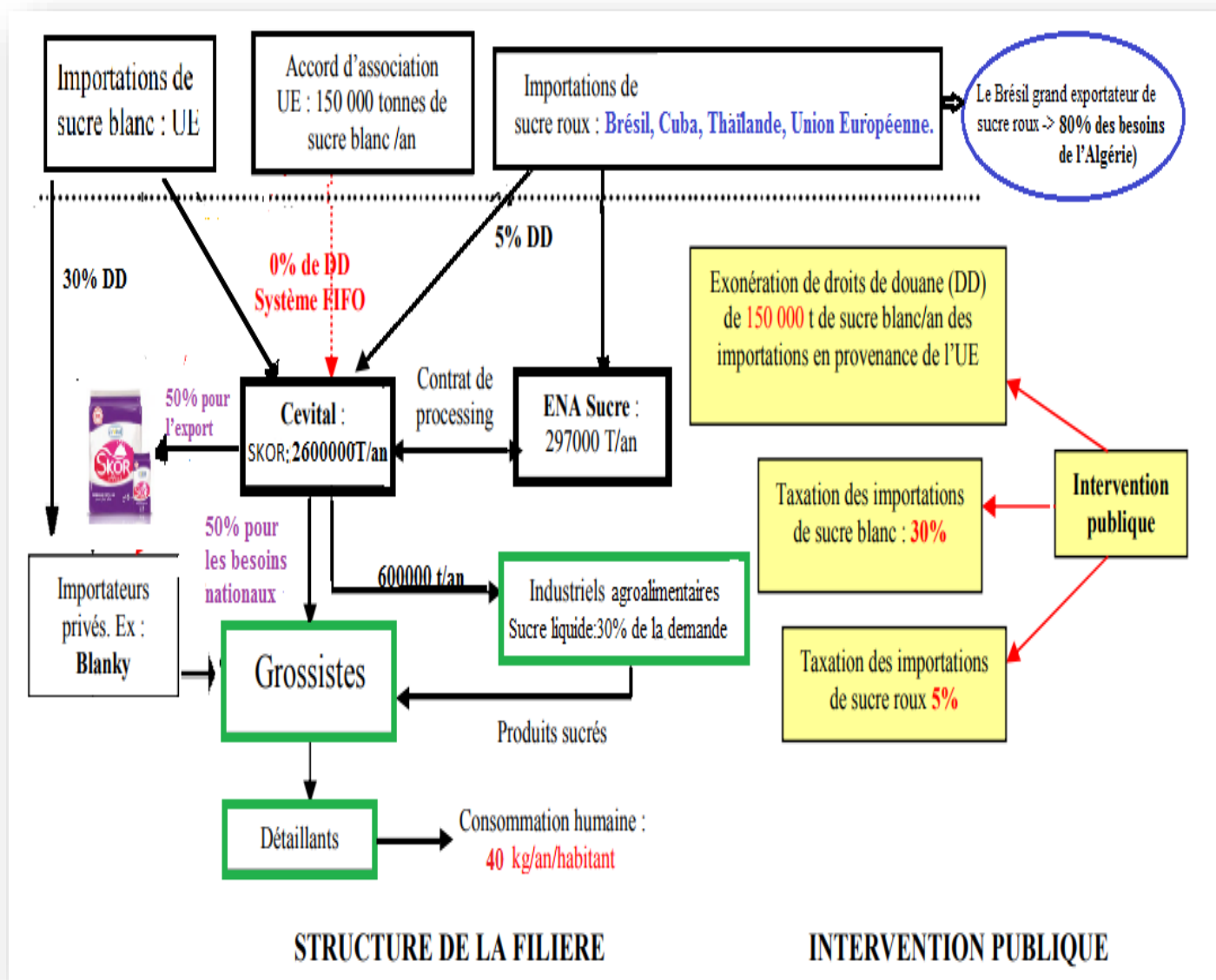


Figure XIII.13: Organisation de la filière sucre en Algérie (Selma, 2007)

### C. Un complexe de raffinage de sucre à Oran « futur raffinerie » (Sellal, 2017):

Un complexe industriel de raffinage de sucre implanté dans la zone d'activités de Taфраoui, relevant de la daïra d'Oued Tlelat. D'une capacité de raffinage de 700 000 tonnes/an, ce projet, initié par le groupe *Berrahal*, a été réalisé dans la cadre d'un investissement privé de l'ordre de 12 milliards DA, dont 40% en autofinancement et le reste assuré sous forme de crédits bancaires. Le complexe, dénommé Grande raffinerie oranaise de sucre, assurera une production de 700 000 tonnes par an, dont une partie sera destinée à l'exportation.

Le Premier ministre a, par ailleurs, signalé la possibilité d'exporter le sucre, sachant que les besoins du pays varient de 1,6 à 2 millions de tonnes par an, alors que la production nationale atteindra les 2,5 millions de tonnes avec celle de ce nouveau complexe. Les trois autres projets versés dans ce même créneau sont en cours de réalisation. *M. Sellal* a demandé à



## Partie I : Étude de Marché

l'investisseur d'exploiter les terres agricoles environnantes dans la production de la betterave sucrière dans la perspective de son exportation.

L'objectif du gouvernement est limpide. Il entend avec ces nouvelles raffineries casser la situation de position dominante et non de monopole exercée actuellement sur le secteur par le groupe Cevital. Pour arriver à ce but, l'État semble ne pas prendre en compte les risques de surabondance de sucre sur le marché. En effet, le Premier ministre a annoncé qu'avec ce nouveau complexe d'Oran, les capacités de production de l'Algérie seront portées à 2,5 millions de tonnes annuellement. Elles devront dépasser 4,5 millions de tonnes avec l'entrée en service de nouvelles raffineries actuellement en construction. Les besoins de l'Algérie en sucre se situent pourtant entre environ 1,2 million de tonnes et deux millions de tonnes par an, selon différentes prévisions.

L'écart entre la production nationale et les besoins de la population est par ailleurs appelé à s'agrandir lorsque les trois autres raffineries entreront en service. Les interrogations s'imposent donc sur ce qui sera fait avec ce surplus, d'autant plus que les arguments avancés par le gouvernement ne tiennent pas.

Or le gouvernement, à commencer par le Premier ministre, omet de rappeler que le sucre est fortement subventionné. Surtout, le prix du sucre demeure tributaire des cours du sucre au niveau international, étant donné que l'Algérie importe les matières premières. L'Algérie ne produit ni la canne à sucre, ni la betterave sucrière dont les expériences menées dans les années 1970 à Guelma et Khemis Miliani par l'Enasucré avaient toutes échouées.

Il est certain que les sucreries ne sont plus en mesure de traiter la betterave et il est très probable que l'agriculture n'est pas en mesure d'en fournir ; on se limite au raffinage du sucre roux importé. Les usines, anciennement publiques travaillent très certainement dans des conditions technologiques et financières très difficiles. Ce sont des « antiquités » par rapport à la raffinerie CEVITAL de Bejaia. Et c'est le groupe CEVITAL d'*Issad Rebrab* qui détient entre 80 à 85% des parts de marché du sucre.

**I .6.4. Production de la betterave sucrière en Algérie :** L'activité betteravière a duré de 1966 à 1983; son but était l'amélioration des rendements agricoles, la contribution au développement des IAA et l'autosuffisance en sucre. Ce but a échoué à cause de problèmes d'ordre humain, technique et surtout économique qui entravaient le déroulement normal des compagnes betteravières (La filière sucre en Algérie, 2005).

- En 1966, la sucrerie de SIDI LAKHDAR (KHEMIS) commençait à fonctionner avec une capacité de traitement de 150000tonnes de racines/an (BELAID, 2014).
- En 1968-1983 : la culture de la betterave en sec a été éliminée et remplacée entièrement par la culture irriguée vu les potentialités du périmètre et ses ressources en eau (BELAID, 2014).

## Partie I : Étude de Marché

- La culture betteravière a été complètement abandonnée en 1983 suite aux faibles réalisations (22%) par rapport aux objectifs (40%) Les rendements sont restés faibles, en moyenne 20 tonnes/ha en irrigué et entre 8 et 16 tonnes/ha en sec à Annaba (BELAID, 2014).

### Production de la betterave sucrière en Algérie selon ONS (BELAID, 2014)

| Périodes                              | 1967-1969 | 1970-1973 | 1974-1977 | 1979-1983 |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Superficie 10 <sup>3</sup> Ha         | 3,1       | 2,8       | 2,9       | 3.6       |
| Production moyenne 10 <sup>3</sup> Qx | 73        | 561       | 573       | 600       |
| Rendement Qx/Ha                       | 23,5      | 200,4     | 197,6     | 166,7     |
| Dispo en Kg/an/habitant               | 0,6       | 4,0       | 3,6       | 3,1       |

Tableau XIII.13 : Production de la betterave sucrière en Algérie selon ONS de 1967 jusqu'à un 1983

La production de la betterave sucrière a été abandonnée malgré ses retombées sur l'industrie du sucre et sur l'alimentation du bétail au profit de l'importation de sucre roux qui a accentué. Notre dépendance à l'égard de l'extérieur; bien que la production de betteraves sucrières ait été multipliée par 8 passant ainsi de 73000 quintaux en 1967 à 600000 quintaux en 1983 (BELAID, 2014).

### I.6.5. Compétitivité de l'Algérie sur la scène mondiale (La filière sucre en Algérie, 2005)

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

- Pour des raisons de logistiques et de manutentions, il est moins coûteux de faire traverser l'Atlantique à du sucre roux et de le raffiner ensuite.
- L'Algérie est située à un endroit stratégique sur la Méditerranée, et elle dispose d'une source d'énergie, le gaz, en quantité très importante et très bon marché, pour le raffinage du sucre. « L'énergie est un élément primordial dans le prix de revient du sucre blanc, puisqu'elle représente le tiers du coût du raffinage. Le prix du gaz est nettement moins élevé que celui du pétrole utilisé par la plupart de nos concurrents ».
- « Le coût de la main d'œuvre en Algérie est moins par rapport aux concurrents. ».

En Algérie la production de sucre de betterave sucrière a été arrêtée. Ce geste pouvait se comprendre dans le contexte de l'époque: faible productivité des exploitations. De nos jours ce choix est incompréhensible. La culture de la betterave sucrière est totalement mécanisable (variétés monogermes), le déserbage chimique est efficace. Par ailleurs, nos capacités d'irrigation ont augmenté.

### I.6.6. La consommation de sucre en Algérie (BENBOUALI, 2017)

## Partie I : Étude de Marché

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

La consommation de sucre des Algériens a augmenté durant les cinq premiers mois en 2013 atteignant 470 millions de dollars avec des importations qui ont dépassé les 1,8 Mt en 2013. D'après le Centre national de l'informatique et des statistiques des douanes (CNIS) a indiqué que la consommation par rapport à 2012, estimée à 343, 67 millions de dollars, a enregistré une hausse de 36,47%.

D'après les statistiques de 2017, La consommation moyenne de sucre en Algérie est de l'ordre de 40 kg par habitant et par an au lieu de 25.5 kg. Actuellement, la consommation de sucre serait de 1,3 millions de tonnes/ an. Le besoin futur pour le pays serait de l'ordre de 2 millions de tonnes/ an. Grâce à la création de la Grande Raffinerie Oranaise de Sucre (à Oran), le besoin national en termes de sucre raffiné serait de l'ordre de 2,5 millions de tonnes/ an.

Cette forte consommation peut être expliqué par:

- l'augmentation de la population ;
- le soutien des prix ;
- les habitudes alimentaires ;
- la contrebande de sucre aux frontières.

### I.7. Conclusion

Dans cette partie nous avons données une description détaillé de cette substance blanche qui est le sucre depuis sa découverte a jour, en précisant ses différents composant, ses différent formes existantes et ses dérivées en indiquant a chaque fois l'utilité adéquate de chaque composant. Nous avons aussi déterminé la partie nutritionnelle et technologique pour l'obtention et l'extraction de cette matière. Puis nous avons effectuées une étude approfondie sur la consommation sucrière mondiale qui varie différemment selon les individus et selon l'évolution temporelle. Un autre volet a été abordées dans ce contexte qui consiste a l'évaluation du marché international et national, en pointant les plus grand producteurs mondiaux du sucre roux. Ce qui nous a permis de située l'Algérie, et le marché Algérien vis a vis cette substance que ce soit pour la consommation et pour la production. Nous avons vu l'importance du sucre pour la région et que les algériens comme les autres citoyens du monde consomment du sucre de façon énorme, qui augmente d'année en année. Cette partie nous a permis de mieux comprendre que l'industrie du sucre est devenue l'une des domaines les plus compétitives au monde. Dans ce contexte, nous devons tout faire pour ne pas dépendre des marchés étrangers et devenir l'un des pays producteurs de sucre, a fin de satisfaire la consommation locale et de limité la dépendance du marché étrangers.

# Partie II

# Étude Technique

*"La connaissance seule ne suffit pas, elle doit être accompagnée d'une application"*

Johan Wolfguang fon Goethe

## Partie II : Étude Technique

### Partie II : Étude Technique

|                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| II.1. Introduction : .....                                                                                                                                                            | 51  |
| II.2. La betterave sucrière : .....                                                                                                                                                   | 51  |
| II.3. La culture de la betterave sucrière: .....                                                                                                                                      | 53  |
| II.4. Les étapes de transformations de la betterave sucrière : .....                                                                                                                  | 65  |
| II.4. 1. Les étapes de transformation spécifiques à la betterave sucrière.....                                                                                                        | 67  |
| II.4. 2. Les étapes de transformation spécifiques au sucre de canne .....                                                                                                             | 68  |
| II.4. 3. Les étapes de transformation communes aux deux produits.....                                                                                                                 | 69  |
| II.5. Le raffinage de sucre .....                                                                                                                                                     | 73  |
| II.6. La différence entre le sucre blanc et sucre roux .....                                                                                                                          | 75  |
| II.7. Le sucre et la santé:.....                                                                                                                                                      | 77  |
| II.9. Etude stratégique du choix de site de localisation de l'usine par rapport au positionnement<br>des zones de production et des grandes villes de consommation de l'Oranie :..... | 78  |
| 1. Le choix du site.....                                                                                                                                                              | 79  |
| 1.1. Généralité sur la région d'Oranie .....                                                                                                                                          | 79  |
| 1.2. Justification de choix de l'Oranie.....                                                                                                                                          | 80  |
| 2. Description du problème.....                                                                                                                                                       | 81  |
| 2.1. Modèle mathématique Pour choix du site : .....                                                                                                                                   | 82  |
| 2.2. Le modèle mathématique pour la détermination des pourcentages des quantités des<br>betteraves sucrières fournie par les zones d'implantation .....                               | 84  |
| 3. Logiciel LINGO .....                                                                                                                                                               | 88  |
| A. Définition du logiciel LINGO.....                                                                                                                                                  | 88  |
| B. Modèle d'aide à la décision stratégique codé sur le Solver LINGO Pour choix de site : ..                                                                                           | 89  |
| II.10. Etude tactique du plan production .....                                                                                                                                        | 91  |
| Phase 1 : La récolte de la betterave sucrière et son organisation .....                                                                                                               | 92  |
| 1.1. Choix de technologies de la machine de la récolte (arracheuse) : .....                                                                                                           | 92  |
| 1.2. Détermination des nombres des arracheuses.....                                                                                                                                   | 100 |
| 1.3. Détermination de seuil de démarrage de l'usine : .....                                                                                                                           | 103 |
| 1.4. La détermination des nombres des camions nécessaires pour la récupération de la<br>betterave sucrière plus les nombres des déterreurs : .....                                    | 111 |
| 1.5. La gestion de la récolte en cas de stockage : .....                                                                                                                              | 113 |
| Phase 2 : Choix du fournisseur des technologies (Alternatives) de la production: .....                                                                                                | 117 |
| 2.1. Les critères de sélection.....                                                                                                                                                   | 117 |

## **Partie II : Étude Technique**

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 2.2. Choix de la méthode .....              | 117 |
| 2.3. Approche de résolution.....            | 118 |
| 2.4. Application de la méthode TOP SIS..... | 124 |
| II.11.Conclusion : .....                    | 147 |

## Partie II : Étude Technique

### II.1. Introduction :

Cette partie représente le cœur de notre projet. Dans cette partie nous allons présenter l'aspect technique relatives l "étude de faisabilité de l'unité de transformation sucrière. Dans ce cadre nous allons présentée trois problématiques différentes, la première concerne l'organisation de la récolte de la betterave sucrière dans le but d'identifier le seuil de démarrage de notre usine. la deuxième problématique concerne processus de fabrication et le choix technologique approprié de la transformation de la betterave sucrière en sucre et la troisième point concerne localisation de site de production contenu la contrainte de la culture de betterave plus le choix des zones d'implantation de la betterave sucrière (Les fermes) avec la détermination des pourcentages de la demande par zone

### II.2. La betterave sucrière : (Betterave Sucrière, 2008)

Les premiers travaux et la découverte de l'extraction du sucre a partir de betteraves a commencer au XVIIIème siècle, Un siècle et demi plus tard, en 1747, Andreas Marggraf apporte la première preuve véritable au sujet du sucre contenu dans la betterave. Il parvient à extraire le sucre à partir des tranches minces de betterave, en utilisant l'alcool et en favorisant la cristallisation dans une fiole au repos où les cristaux sont récupérés après plusieurs semaines. Ce qui a inspiré plusieurs chercheurs à faire de véritable évolution dans le domaine tel représenté dans le tableau en dessous afin d'arrivée a des processus industriels actuels très élaborée pour la transformation sucrière.

|                                   |                                                                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Olivier de Serres (17 eme siècle) | • remarqua la forte teneur en sucre de la betterave                                           |
| Andreas Marggraf (1747)           | • apporte la première preuve véritable au sujet du sucre contenu dans la betterave            |
| Franz Karl Achard (1799)          | • entreprend un projet expérimental pour la culture de la betterave et la production de sucre |
| Delessert (1811)                  | • réussit à produire des cristaux de sucre de bonne qualité                                   |
| David Lee Child (1838)            | • la première usine a été mise en fonctionnement dans l'état de Massachussetts                |

Tableau II. 1: Etat de l'art de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005)

Dans le monde, la culture de betterave sucrière occupe environ 7 millions d'hectares, surtout en Europe du Nord et aux États-Unis. En 2004, la production mondiale de betterave sucrière était de 208,85 millions de tonne. La France est le premier producteur mondial de sucre de betterave devant les États-Unis et l'Allemagne. À l'heure actuelle, la betterave sucrière fournit environ 26 % de la production mondiale de sucre.

## Partie II : Étude Technique

### II.2.1. Carte d'identité de la betterave sucrière :

**Nom :** Betterave sucrière

**Nom scientifique :** Beta vulgaris

**Famille :** Chénopodiacees

**Origine :** Europe centrale



Figure II. 1 : La betterave sucrière

### II.2.2. Portrait d'une betterave sucrière : (La filière betteravière, 2006)

- Elle mesure au total environ 50 cm de hauteur
- Les feuilles sont réparties en bouquet et constituent le laboratoire où se fabrique le sucre grâce à la photosynthèse.
- La racine est le magasin de réserve où s'accumule le sucre élaboré dans le bouquet foliaire.
- Elle est rugueuse et de forme conique, blanche ou grise, et mesure 15 à 35 cm de long.
- La région du collet (point d'insertion des feuilles sur la racine) contient du sucre un peu plus difficilement extractible.
- La partie renflée de la racine est la plus riche en sucre.
- La racine est parcourue par deux sillons saccharifères bien accusés, propres à la betterave sucrière.
- Des radicelles latérales s'insèrent sur la racine principale.
- Le pivot s'enfonce profondément dans le sol, jusqu'à 2 m de profondeur.

La betterave sucrière (« Beta vulgaris ») est un légume-racine à chair blanche bisannuel principalement cultivé dans les climats tempérés de l'Amérique du Nord, de l'Asie et de l'Europe. Elle est presque complètement enfouie dans le sol. En fonction d'où elle pousse, ses feuilles sont plus ou moins grandes. Au XVIII<sup>ème</sup> siècle, la betterave sucrière a été adoptée en remplacement de la canne à sucre. En effet, elle contient jusqu'à 16 % de saccharose dans ses racines blanches, dont 80 % peut être extrait par un processus industriel (Miloud, 2009).

La betterave sucrière récemment récoltée contient 75,9 % d'eau, 2,6 % de composants non-sucrés (Des protéines, pectines, minéraux (potassium et sodium), acides organiques,... etc), 16,0 % de sucre et 5,5 % de pulpe. La pulpe est composée de cellulose insoluble, d'hémicellulose et de pectine, Tel qu'indiqué au Tableau 1. (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005)

| Composant  | Teneur (%) |
|------------|------------|
| Eau        | 75,9       |
| Non-sucrés | 2,6        |
| Sucre      | 16 ,0      |
| Pulpe      | 5,5        |



## Partie II : Étude Technique

|       |       |
|-------|-------|
| Total | 100,0 |
|-------|-------|

Tableau II. 2: Composition moyenne de la betterave sucrière (Pennington et Baker, 1990). (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005)

La production de sucre blanc correspond à 83,1 % du contenu en sucre dans la betterave sucrière. On en perd environ 12,5 % dans la mélasse. On note aussi d'autres pertes, telles que le sucre restant dans la pulpe après l'extraction, dans le tourteau de chaux après le lavage et dans les filtres rotatifs sous vide. Des pertes sont également dues à l'action bactérienne, au renversement de liquides tout au long du procédé, à l'inversion du sucre et à la caramélisation du sucre par exposition aux surfaces chaudes dans le procédé. (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005)

Les produits dérivés de la betterave sucrière sont plusieurs et très intéressants qui nous sont utiles dans notre vie quotidienne tels que : la pulpe, partie tendre et riche en éléments nutritifs qui sert à l'alimentation animale; les feuilles, qui servent à fabriquer de l'engrais pour les champs; la mélasse, résidu sirupeux de la cristallisation qui sert, entre autres, à fabriquer la levure de boulangerie et l'alcool qui sert dans des produits ménagers, chimiques ou carburant.

| Produit dérivé | Teneur en sucre (kg de sucre/tonne betterave) |
|----------------|-----------------------------------------------|
| Sucre blanc    | 160                                           |
| Mélasse        | 18.14                                         |
| Pulpe          | n.d.                                          |
| Autres         | 6.34                                          |

Tableau II. 3 : Teneur en sucre des produits obtenus à partir de la betterave sucrière (Pennington et Baker, 1990). (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005)

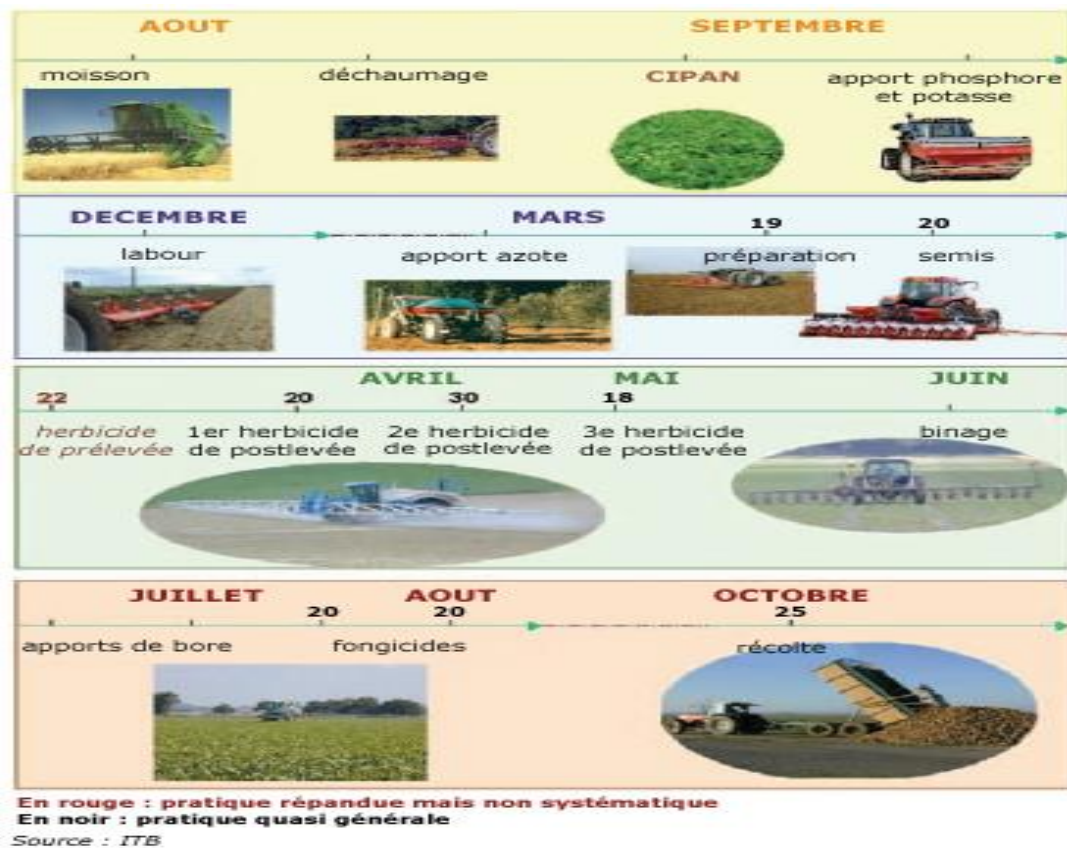
### II.3. La culture de la betterave sucrière:

#### II.3. 1. Cycle de la culture : (La filière betteravière, 2006)

La betterave sucrière est une plante bisannuelle, c'est-à-dire que son cycle dure 2 ans :

- La 1ère année a lieu la phase végétative durant laquelle la plante se développe et constitue son stock de sucre dans sa racine.
- La 2ème année a lieu la phase reproductive où la plante se reproduit : elle puise dans ses réserves pour produire une hampe florale qui évolue en fruits et graines.
- La culture de la betterave pour le sucre comporte uniquement la phase végétative, laquelle dure environ 200 jours (de mars-avril à octobre) et suit les étapes suivantes :

## Partie II : Étude Technique



Figure

Figure II. 2 : Cycle de la culture de la betterave sucrière

**En hiver, la terre est préparée :** Le planteur de betteraves mesure la quantité d'azote présente dans le sol et l'ajuste.

**Au printemps (début avril) ont lieu les semis,** après les gelées de mi-mars à fin avril.

- La betterave sucrière exige des terres très riches, bien préparées en profondeur.
- Les graines sont déposées avec des semoirs de précision dans le sol à 2 ou 3 cm de profondeur et régulièrement espacées de 45 cm.
- Un binage doit être effectué quelques semaines après les plantations pour supprimer les mauvaises herbes.
- La terre est régulièrement aérée pour permettre une bonne pénétration de l'eau.
- Assez fragile, la betterave nécessite des traitements contre les maladies.

**A l'automne ont lieu les récoltes :** En France, la récolte commence fin septembre et doit être terminée avant les grands froids.

Principale préoccupation du planteur : livrer aux usines une betterave de qualité avec le moins de terre possible. L'arrachage se fait mécaniquement. Une même machine permet d'effectuer ce travail : elle comporte à l'avant une effeuilleuse, et à l'arrière une arracheuse.

Avant le transport, les déterreuses assurent le nettoyage des betteraves.

## Partie II : Étude Technique

Les betteraves arrachées perdent très vite de leur teneur en sucre, elles doivent donc être rapidement transportées à l'usine. Pendant les deux ou trois mois de récolte, les sucreries travaillent jour et nuit.

La betterave est une plante " nettoyante ", qui favorise le rendement en blé l'année suivante. On dit que " le sol conserve le souvenir de la betterave ".



Figure II. 3: La récolte de la betterave sucrière.

Globalement la culture de betterave est Une culture en trois temps c'est-à-dire si la culture de la betterave occupe le sol huit mois de l'année, l'agriculteur, lui, soigne sa terre 12 mois sur 12. Cette culture rentre dans un processus qui prend en compte la préservation de la terre, de l'air et de l'eau. En hiver, le planteur de betteraves fait des analyses de terre pour mesurer la quantité d'azote présente dans le sol. Au printemps, les terres sont ensemencées. A l'automne, c'est la récolte.

La culture de la betterave sucrière nécessite les travaux suivants : (PREMIERE PARTIE La betterave)

| Période de l'année        | Nature des travaux                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Automne-hiver</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>- Déchaumage</li><li>- Mise en place d'une culture intermédiaire piège à nitrates notamment en zone vulnérable après épandage de vinasse</li><li>- Apport et enfouissement de l'engrais phospho- potassique</li><li>- Labour en sols moyens à lourds</li><li>- Préparation d'automne en sols argileux (herse rotative)</li></ul> |
| <b>Printemps</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>- Prélèvement de sols pour analyse des reliquats azotés</li><li>- Apport et enfouissement d'engrais azoté (sauf en cas d'amendement organique ou d'apport d'azote en localisé au semis)</li><li>- Labour de printemps en sols légers</li><li>- Préparation du sol pour le semis (sauf en cas de préparation d'automne)</li></ul> |
| <b>10 mars – 15 avril</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Semis avec éventuellement apport d'azote par enfouissement localisé au semis</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>20 avril – 10 juin</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Désherbage chimique et binage jusqu'à la couverture du sol</li><li>- Surveillance de la culture : attaques parasitaires</li></ul>                                                                                                                                                                                              |

## Partie II : Étude Technique

|                                   |                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1er juillet – 15 août</b>      | - Irrigation dans certaines zones en fonction du déficit hydrique<br>- Surveillance de la culture : maladies du feuillage, attaques parasitaires |
| <b>15 septembre - 15 novembre</b> | - Récolte et mise en silo                                                                                                                        |

Tableau II. 4 : Les travaux nécessaires pour la culture de la betterave sucrière

**II.3. 2. Les zones de la culture :** La culture de betterave sucrière occupe 7 millions d'hectares à travers le monde. Elle est présente dans près de 70 pays (USA, Turquie, Russie, Pologne). La France se situe au deuxième rang mondial des pays producteurs de sucre de betterave derrière l'Allemagne. (Betterave Sucrière, 2008)

En France, les régions betteravières se situent presque exclusivement au nord de la Loire. Ainsi on retrouve cette culture dans le Nord et le Nord-est du pays, en Ile-de-France, en Normandie, et dans le Centre. (Betterave Sucrière, 2008)

Avec plus de 400 000 ha cultivés, la betterave sucrière occupe 2,5% des terres arables. (Betterave Sucrière, 2008)

### **II.3. 3. Précédent cultural et Rotation :** (Miloud, 2009)

La betterave est une tête de rotation idéale dont son introduction à de nombreux avantages tels que l'amélioration du sol (travail du sol en profondeur) ; apport en humus et elle restitue au sol une partie importante en éléments nutritifs (enfouissement de feuilles et de collets). (SOLTNER D., 1988)

Il existe diverses rotations possibles dont la betterave est en tête de rotation :

*Assolement à rotation triennale :*

**Exemples :** Betterave/Blé/Fourrage ;  
Betterave/Blé/Légumineuse.

*Assolement à rotation quadriennale :*

**Exemples:** Betterave/Blé/Betterave/Orge ;  
Betterave/Blé/Pomme de terre/Blé ;  
Betterave/Blé/Pomme de terre/Fourrage ;  
Betterave/Blé/Pomme de terre/Légumineuse.

La betterave sera généralement suivie par un blé pour lequel elle est considérée, dans la plupart des cas, comme le meilleur des précédents, malgré l'inconvénient de conduire à des semis souvent bien tardif (DARPOUX R., DEBELLEY M., 1967).

## Partie II : Étude Technique

Notre choix pour la culture betteravière dans l'Algérie est basé de plus sur celle du Maroc puisque le climat de l'Algérie est identique du Maroc :

### II.3. 4. Aire de la culture : (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Au Maroc, la betterave à sucre est une culture d'automne semée en Octobre, Novembre et récoltée en Juin, Juillet. Elle est cultivée sous deux types de climat différents :

- Sub-humide : Gharb, Loukkos, Tanger et Tétouan.
- Semi-aride : Tadla, Doukkala, Moulouya et Haouz.

### II.3. 5. Exigences Pédoclimatiques : (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

**II.3. 5. 1. Température :** La betterave à sucre a besoin de 2400 à 2600 degrés jours pour accomplir son cycle. La germination débute aux environs de 5°C et augmente à peu près linéairement jusqu'à 28°C et puis diminue. Les basses températures affectent la morphologie des feuilles et entraînent une diminution de la surface foliaire et du poids final. Les températures maximales les plus favorables à la croissance sont comprises entre 20°C et 28°C. Les températures élevées, par contre favorisent davantage la transpiration que la photosynthèse et entraînent par la suite la chute du poids (matière sèche totale) et la teneur en sucre. Au Maroc, les températures estivales élevées constituent le facteur le plus limitant du rendement sur pied de la betterave et imposent les dates limites de récolte.

Par ailleurs et quand la betterave est au stade 6 feuilles, l'action d'une basse température (5°C) pendant au moins 30 jours peut induire une montée à graine. La plante ayant subi un effet vernalisation développe une hampe florale au lieu de développer la racine qui reste fibreuse et ne grossit pas, ce qui affecte le poids des pieds de betterave.

**II.3. 5. 2. Lumière :** La betterave sucrière requiert une luminosité dont l'intensité est relativement élevée. Le poids et la quantité du sucre doublent quasiment lorsque la durée du jour passe de 8 à 10-14 heures/jour. Aussi, les intensités lumineuses élevées augmentent la surface foliaire et le rendement sucre. L'utilisation de l'énergie lumineuse est dépendante des caractéristiques du feuillage de la durée et de la phase culturale dans l'année. Plus le feuillage est dressé, mieux est l'interception de la lumière.

### II.3. 5. 3. Type de sol et la fumure

**A. Type de sol :** Les sols favorables sont des sols à texture fine, homogène et sans cailloux, car des obstacles au niveau du profil entraînent le développement de betteraves fourchues. Des sols sensibles au tassement présentent le même inconvénient. Un pourcentage de limon élevé peut entraîner un phénomène de battance entraînant une mauvaise germination ou une mort au démariage. Le pouvoir de rétention en eau est spécialement important pour la culture en sec. Le pH doit être compris entre 6,5 et 7,5

## Partie II : Étude Technique

**B. Fumure :** L'absorption des oligoéléments dépendait de nombreux facteurs du milieu : humidité du sol, granulométrie, stabilité structurale, salinité.

- L'azote : un excès d'azote diminue la valeur technologique de la betterave.
- Le phosphore : est important pour la betterave notamment en période de jeunesse. Il peut s'accumuler dans le sol.
- Le potassium : il est très rare de trouver des signes de carence en région méditerranéenne
- Le bore : une carence en bore entraîne un dépérissement de la plante et notamment la maladie du cœur.

### II.3. 6. Le matériel végétal (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Il existe trois types de variétés de la betterave sucrière :

- **Type Z** : à cycle court avec rendement en racines faible par rapport aux autres types de variétés : Adonis, Amira, Arosa, Atlantis, Cresus, Elvis, Fox, Helena, Henrike, Jacana, Kevin, Koala, Liza, Lysandra, Maravedi, Motor, Nemeton et Partition.

- **Type N** : présente une richesse saccharine moyenne, rendement moyen et un cycle moyen : Anemona, Antek, Ardan, Atair, Avia, Beretta, Bersea, Betasuc, Bingo, Bolide, Brigita, Britney, Candimax, Canyon, Caracal, Centaure, Chopin, Clavier, Colibri, Indigo, Molly.

- **Type E** : présente un cycle long, une richesse en sucre faible et un rendement racine élevé : Virtus, Verdi, Symbol, Solarion, Rosagold, Pepite, Monmedia, Lord, Lennika, Laetitia, Klaxon, Divona, Casino, calixta.

### II.3. 7. Matériel agricole (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Le matériel nécessaire pour la culture des betteraves se divise en deux grandes catégories :

-Matériel strictement betteravier : semoir, bineuse, matériel de récolte,

-Matériel servant à d'autres usages : tracteurs, outils pour le labour et la préparation du sol, pulvérisateurs, remorques pour le transport des betteraves au moment de la récolte.

### II.3. 8. Semences (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Il faut actuellement 1,1 à 1,3 unité de semences par ha (1 unité = 100 000 graines). Ces quantités correspondent approximativement à des espacements de 18 et de 17 centimètres entre chaque graine. Les graines utilisées sont "monogermes", c'est-à-dire qu'elles donnent naissance à une seule plantule (on évite ainsi l'opération de démariage qui nécessitait autrefois une abondante main-d'œuvre).

## Partie II : Étude Technique

Les semences sont pratiquement toujours enrobées, ce qui leur donne une forme sphérique, laquelle facilite le semis à équidistance et permet une adjonction de protections phytosanitaires. On estime qu'à l'heure actuelle :

- 96 % environ des graines sont enrobées,
- 4 % environ des graines sont nues mais pelliculées.

Il existe de nombreuses variétés commercialisées, mais quelques-unes seulement sont largement utilisées. En 2003, environ 86 % des graines commercialisées appartenaient aux 35 variétés recommandées par l'Institut Technique de la Betterave (ITB).

### II.3. 9. Installation de culture (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

**II.3. 9.1. Préparation du sol :** Les travaux de préparation du sol ont pour objectifs fondamentaux, d'une part de réussir une germination et une émergence rapide et régulière des graines, et d'autre part de permettre un enracinement profond. Ils doivent donc aboutir à une bonne structure superficielle tout en conservant la structure profonde réalisée par le labour. Ces travaux doivent être raisonnés dès la récolte du précédent tout en recherchant des façons culturales soignées et un lit de semences bien nivelé. Ceci exige un choix judicieux des outils de préparation du sol et que chaque intervention soit réalisée dans des conditions de sol optimales.

**II.3. 9.2. Date de labour :** Dans le cas des périmètres betteraviers du Maroc, les labours précoces, juste après la récolte, sont à conseiller dans la mesure où les sols sont encore humides et faciles à travailler. La reprise de ces labours en automne est d'autant plus aisée que le sol aura été sujet à une forte activité structurale liée aux effets climatiques (Fragmentation des mottes).

**II.3.9.3. Intérêt de la pré-irrigation :** Lorsqu'il n'est pas possible de procéder à un labour précoce, la pré-irrigation offre un intérêt majeur dans la préparation du sol et représente une pratique qu'il faut encourager, notamment dans les sols secs. En effet, celle-ci permettra les avantages suivants:

- Faire germer les semences d'adventices ;
- Faciliter la reprise des terres avec notamment une économie d'énergie et une usure moindre des outils.

**II.3.9.4. Le labour :** La racine pivotante de la betterave exige une structure homogène. En conditions normales (pas de semelle de labour, terre non dégradée), le labour profond se fait sur une grande profondeur d'environ 25 à 35 cm afin de faciliter la croissance sans déformation des racines. En effet, la betterave est très sensible à la qualité de la structure des horizons profonds du sol. Les tassements ont pour conséquence une moindre prospection racinaire et une difficulté de croissance de la plante située dans la zone compactée. Le pivotement de la betterave est par ailleurs sensible aux hétérogénéités de structure, donc aux

## Partie II : Étude Technique

alternances de zones fragmentées et de zones plus massives qui entraînent l'apparition de racines fourchues.

**II.3.9.5.Densité :** En ce qui concerne le semis, celui-ci est réalisé soit manuellement ou mécaniquement par des semoirs de précision équipés d'éléments semeurs à des interlignes de 50 à 60 cm et à des espacements entre graines variant entre 16 et 20 cm.

### II.3.10.Opérations culturales (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Les façons culturales essentielles sont :

- Préparation du lit de semences.
- Semis à plat, sur billons ou sur planches.
- Désherbage: Sarclage mécanique, sarclage à traction animale, sarclage manuel avec la houe ou collecte manuelle des adventices.
- Lutte contre les ravageurs, maladies et les mauvaises herbes.
- Irrigations fertilisations régulières.
- Arrachage des betteraves.

### II.3.11.Fertilisation (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

La betterave à sucre, multigerme ou monogerme, est une plante qui se distingue des autres, par une grande consommation en éléments minéraux notamment l'azote, le potassium et le phosphore. En effet, une récolte de betterave à sucre prélève par tonne de racines 4 à 4,5 kg d'azote, 1,5 à 2,5 kg de phosphore et 6 à 7 kg de potassium. Cependant, l'enfouissement des feuilles et des collets au sol restitue à ce dernier par tonne de racines récoltées 1,75 à 2,5 kg d'azote, 0,5 à 1,25 kg de phosphore et plus de 2,5 kg de potassium. Toutefois, les besoins de la betterave en éléments minéraux, dépendent du niveau de production escompté.

**II.3.11.1.Fertilisation azotée :** La dose d'azote optimale à recommander aux agriculteurs n'est pas la même pour tous les périmètres betteraviers. Ceci est Lié aux conditions pédodimatiques de chaque périmètre. Par ailleurs, la dose optimale d'azote dépend de la durée du cycle et du précédent cultural. Aussi, cet optimum dépend également de l'équilibre de l'azote avec d'autres éléments fertilisants notamment le potassium. La dose optimale d'azote à recommander est de 240 à 300 U/ha dans les Doukkala et Tadla, de 170 à 290 U/ha au Gharb et de 320 U/ha à la basse Moulouya.

**II.3.11.2.La fertilisation potassique :** Plusieurs travaux de recherche ont montré que le potassium affecte positivement le rendement racine et la qualité technologique de la betterave à sucre. Les exportations en potassium sont d'autant plus importantes que les rendements racines sont élevés. En effet, le rendement racine augmente avec l'addition du potassium, vu le rôle bénéfique de ce dernier dans la translocation des hydrates de carbone de la partie aérienne vers le pivot, et par la suite dans l'édification de la partie souterraine. C'est pour cette



## Partie II : Étude Technique

raison qu'à la récolte, la grande partie du potassium absorbée se trouve au niveau du pivot (2/3). Les exportations de la betterave peuvent atteindre 800 Kg de K<sub>2</sub>O/ha.

**II.4.11.3. La fertilisation phosphatée :** La dose optimale de phosphore n'est pas la même pour tous les périmètres betteraviers. Ceci est lié à la différence de richesse du sol en cet élément. La dose recommandée est en moyenne de 83 U/ha, 100 U/ha, 120 U/ha et 160 U/ha respectivement au Doukkala, au Gharb, au Tadla et à la basse Moulouya.

**II.4.11.4. Fertilisation boratée :** Plusieurs oligo-éléments sont nécessaires pour le développement de la betterave à sucre. Cependant, le bore demeure l'élément le plus important pour cette culture. En effet, une carence en cet oligo-élément provoque l'apparition de la maladie dite "pourriture du coeur noir" de la betterave. Il en résulte par la suite un mauvais développement du bourgeon terminal puis sa destruction, ce qui engendre une réduction de la productivité, aussi bien quantitative que qualitative de la culture. Un apport préventif de 2 à 3 kg de bore par hectare ou une application foliaire à mi-saison peut éviter l'apparition d'une telle carence.

### II.3. 12. Irrigation (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Les études menées dans différents périmètres betteraviers montrent que pour un semis d'automne, la culture de betterave consomme 8 à 10 mm d'eau par tonne de racines récoltées. Autrement dit, une betterave évaporant 600 mm produira 60 Tonnes de racines, tandis que pour un cycle Long, pendant lequel la même culture consomme 800 mm conduira à une production de 80 tonnes. Cependant, la consommation maximale en eau d'une betterave ayant un cycle de 250 jours, s'étalant de fin Octobre à fin Juin s'élève à 880 mm en année climatique favorable.

L'irrigation totale d'une culture de betterave est très variable. En effet, plus on sème tardivement, plus le cycle végétatif s'étale dans les périodes sèches et plus les besoins en eau d'irrigation augmentent. Ce sont alors les semis tardifs qui sont les plus exposés au déficit hydrique. La dose d'irrigation totale dépend également de la date de récolte et de la répartition des pluies. Comme ordre de grandeur, on peut dire que la culture de betterave consomme 70 mm pour produire une tonne de sucre pour un semis de mi-October contre 90 mm pour un semis de mi-Décembre.

La stratégie à adopter pour la conduite de l'irrigation de la betterave à sucre consiste à cibler les irrigations de complément aux précipitations sur les phases les plus sensibles de la culture:

➤ **Etablissement et pré-tubérisation :** L'apport d'eau pendant cette phase vise non seulement à satisfaire la consommation en eau de la plantule, mais aussi à réhumecter le sol pour assurer une bonne levée. Une irrigation complémentaire aux pluies, appliquée juste après le semis, assure un bon démarrage de la culture et par conséquent un bon développement du peuplement.

## Partie II : Étude Technique

- **Début de la tubérisation** : Pour les semis précoces, cette phase coïncide avec la période pluvieuse (de Janvier à Mars) et il est donc rare d'avoir recours à l'irrigation, excepté pour les semis de Décembre qui nécessitent une irrigation en Mars.
- **Pleine tubérisation** : Pendant cette phase, une bonne alimentation hydrique est à assurer étant donné que les racines sont en phase de grossissement intense.
- **Maturation** : L'allongement de la période culturale sous irrigation entraîne certes une augmentation du rendement en poids des racines de la betterave à sucre. Cependant, il n'en est pas de même pour la teneur en sucre. En ce sens, l'expérience marque l'intérêt de suspendre les arrosages 15 à 20 jours avant la récolte de manière à favoriser la migration des sucres de la partie aérienne des betteraves vers la partie racinaire. Néanmoins, est déconseillé de suspendre les arrosages plus de 45 jours avant la récolte. En effet, si l'irrigation s'arrête trop tôt, non seulement le rendement en sucre diminue, mais aussi, la qualité des racines se détériore.

### II.3. 13. Protection phytosanitaire (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)

Parmi les ravageurs de la betterave à sucre, on cite : la casside, les noctuelles, les limaces et les escargots.

- **La casside** : est le ravageur le plus rencontré dans toutes les régions.

#### Lutte :

- Le seuil de tolérance économique est de l'ordre de 3 adultes par pieds.
- Lutte chimique : utilisation des organophosphorés et les pyréthrinoïdes d'une manière alternée.

- **Les noctuelles, limaces et escargots**

#### Lutte :

- La lutte chimique raisonnée.

Les principales maladies sont : la cercosporiose, pourriture molle, l'oïdium, la rouille, l'altenariose, la maladie du cœur, Tumeurs causées par *Agrobacterium tumefaciens*, tumeur marbrée, *Sclerotium*.

- **La cercosporiose, pourriture molle, l'oïdium, la rouille, l'altenariose**

#### La lutte

#### Méthodes culturales préventives :

- Rotation, enfouissement des résidus de la betterave à sucre.
- Les semis tardifs (après mi-novembre) réduisent les risques d'infection précoce de la culture par La cercosporiose.

## Partie II : Étude Technique

- Utilisation des variétés résistantes qui permettent de maintenir la maladie à des niveaux économiquement acceptables même sous des conditions favorables à l'infection.
- La lutte chimique : le recours à la lutte chimique est souvent nécessaire, lorsque la variété est sensible et les conditions sont favorables à l'infection et à la dissémination de l'agent pathogène.

### ○ La maladie du cœur

#### La lutte

- Eviter de planter la betterave dans un sol à pH très élevé,
- Eviter le stress hydrique,
- Traiter avec des produits boratés dès le mois de février (en général 2 applications espacées de 15 à 20 jours sont conseillées).
- Application du bore dans le sol avec les engrais de fond est déconseillée vu l'alcalinité des sols du Gharb qui inhibe l'absorption de cet élément par la plante.

### ○ Tumeur marbrée

#### La lutte

- Un bon drainage et ressuyage du sol.

### ○ Sclerotium

#### La lutte

- L'usinage rapide et en priorité des parcelles infectées permet de réduire la prolifération de la maladie en silos et éviter les pertes en sucre pouvant être engendrées par l'usinage des racines complètement ramollies.

### **II.3.13.1. Mesures de lutte préventive (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015)**

**A. Avant l'installation de la culture :** Le choix et la préparation de la parcelle destinée à la culture de betterave sont importants pour la réussite de cette culture :

Il faut éviter de cultiver betterave sur betterave, pour ne pas avoir de problèmes de maladies (pourritures, cercosporiose) dont les agents responsables se conservent sur les résidus de cette culture.

Il est conseillé de labourer la parcelle destinée à la betterave juste après la récolte de la culture précédente, afin d'exposer les agents qui se conservent dans le sol au rayonnement solaire estival. Dans certains pays, on a recours de plus en plus au semis direct, à l'installation de cultures de couverture ou à la lutte biologique.

## Partie II : Étude Technique

En fonction de leur disponibilité, on peut choisir des variétés résistantes ou tolérantes à certaines maladies qui peuvent être importantes dans la zone : rhizomanie, cercosporiose, pourriture à *Sclerotium*, rhizoctone brun, ...etc.

La semence doit être protégée avec un fongicide contre les agents responsables des fontes de semis. Le produit de base utilisé par les sociétés semencières est le TMTD (Thirame).

**B. A l'installation de la culture :** L'application d'un insecticide granulé au sol au moment du semis est une mesure préventive contre les taupins.

**II.3.14. Récolte de la betterave sucrière (FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE, 2015) :** L'opération de récolte consiste à extraire du sol les racines, en les débarrassant de leurs feuilles et collets et en éliminant le maximum de terre attenante. La récolte mécanique est en cours de développement dans les Doukkala, en dépit de la réticence des agriculteurs qui préfère garder les feuilles et collets qui sont commercialisés ou utilisés comme aliment du bétail.

Dans le cas de la récolte mécanique, l'opération consiste en l'arrachage et décolletage des racines, andainage et chargement, comme le montre les photos ci-dessous.

L'arrachage mécanique a l'avantage d'accélérer les chantiers des travaux de récolte avec un gain substantiel en main d'œuvre.

La date de récolte de la betterave n'est pas définie par un stade de maturité physiologique, mais cette culture est plutôt récoltée quand sa production en sucre est optimale. La maturité de la betterave, qui se traduit par le jaunissement des feuilles, est difficile à apprécier avec précision. Aussi, la date de récolte de la betterave est bien plus déterminée par les exigences de travail, la possibilité de livraison à la sucrerie ou la libération du sol, que par la maturité physiologique.

Les travaux de recherches menés dans différents périmètres betteraviers marocains montrent que la phase de maturation de la betterave doit être la plus ensoleillée que possible et suffisamment longue, sans toutefois être exagérée. D'une manière générale, la teneur en sucre dans la racine suit une courbe en cloche: elle est trop faible en avril-début mai, acceptable en fin mai, bonne en juin, élevée en juillet, tandis qu'elle décroît en août. Par conséquent, le fait de retarder la récolte s'avère néfaste pour le rendement et surtout pour la qualité technologique de la betterave. En effet, les betteraves récoltées en août sont moins riches en sucre que celles arrachées en juillet, à cause des hautes températures estivales qui font chuter leur teneur en sucre.

Le poids des racines augmente considérablement jusqu'à la première quinzaine de juillet, se traduisant par un gain de rendement racine par jour de 0.4 T/ha. Par la suite, la diminution devient forte, surtout en août. Il en est de même pour la pureté du jus qui est satisfaisante à

## Partie II : Étude Technique

partir du mois d'avril jusqu'à la première quinzaine de juillet. D'une manière générale, si la récolte n'est pas faite à ce moment Là, la racine continue de respirer sans photosynthétiser et perd ainsi de son poids et de sa richesse en sucre, et ceci est d'autant plus accentué que la température est élevée.

Aussi, une fois récoltées, les racines de la betterave sucrière peuvent subir sous l'action du climat, généralement chaud à la période de la récolte, des transformations plus ou moins préjudiciables à leur aptitude technologique et à la production en sucre. Ainsi lorsque la durée de stockage des betteraves en plein champ augmente, elle se traduit par une chute de poids des racines et une détérioration assez remarquable de la qualité technologique.



Figure II. 4: Arrachage et décolletage des racines



Figure II. 5: Andainage des racines



Figure II. 6 : Chargement de la betterave sucrière

### II.4. Les étapes de transformations de la betterave sucrière :

Le sucre de betterave est obtenu après un processus d'extraction. Il s'agit d'isoler le saccharose en éliminant, par étapes, d'autres composants des betteraves. Pour enlever le sucre des cellules végétales, il faut le séparer des impuretés et éliminer l'eau. Au terme de ces différents opérations, le sucre est successivement extrait, purifié, concentré et cristallisé sans aucune

## Partie II : Étude Technique

altération ni transformation chimique. Le procédé d'extraction de sucre comprend principalement les opérations unitaires suivantes (voir le schéma de procédé à la Figure) :

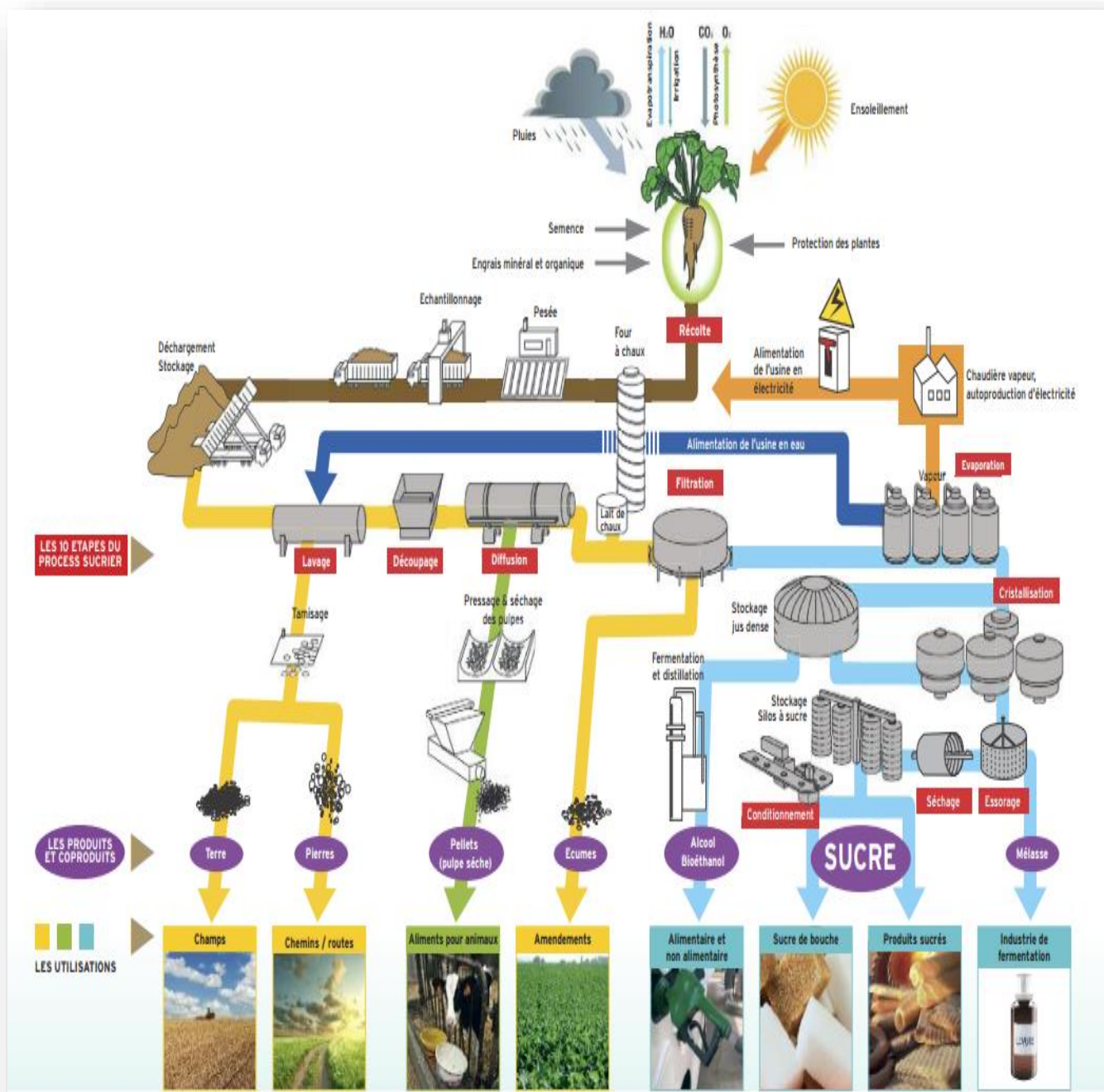


Figure II. 7 : Schéma générale de la fabrication du sucre de betterave

Les deux principales voies d'extraction commerciales de sucre sont celles de la canne à sucre et de la betterave sucrière. En dehors de la première opération d'extraction du sucre qui se fait par broyage pour la canne à sucre et par diffusion pour la betterave, les étapes ultérieures de transformation sont identiques.

## Partie II : Étude Technique

### Mesure de la teneur en sucre (Sucre: un produit naturel?)

La première chose à faire une fois l'approvisionnement effectué, c'est de mesurer la teneur en sucre des cannes à sucre ou betteraves à exploiter, ce qui permettra de prédire la quantité produite. En moyenne, la betterave contient 16 à 18% de sucre, la canne 13 à 15%. (Petite parenthèse économique à nouveau –nous promettons que ce sera la dernière– : cette mesure définit aussi le cours des plantes, le prix du kilogramme augmentant avec la teneur en sucre.).

La série de mesures unitaires sur les échantillons de plantes font plus ressembler la sucrerie à une usine de chimie qu'à un atelier de l'industrie agro-alimentaire.

### II.4. 1. Les étapes de transformation spécifiques à la betterave sucrière (La filière sucre en Algérie, 2005)

**II.4. 1.1. La pesée :** Une fois les betteraves arrivées à l'usine, un échantillon est prélevé, pesé (soit en utilisant le mode de pesée directe soit par le mode de pesée géométrique), nettoyé, puis repesé. Le différentiel de poids entre la première et la seconde pesée permet de déterminer une "tare-terre" (généralement 0,5% à 2%) et d'évaluer par conséquent le poids de betterave effectivement livré après nettoyage.

**II.4. 1.2. Déchargement de betterave, stockage à l'usine :** Le déchargement de la betterave se fait par deux méthodes : soit par déchargement hydraulique soit par un déchargement à sec. Les racines de betteraves sont ensuite stockées dans des silos réservés à cet effet pendant une durée moyenne de deux jours. Pendant cette période, le métabolisme respiratoire de la plante continue de se faire, il faut donc qu'elle soit la plus courte possible afin d'éviter une trop grande déperdition en sucre.

**II.4. 1.3. Lavage, épierrage et dépaillage des betteraves :** La première opération de transformation consiste à laver les betteraves pour les débarrasser de la terre, de l'herbe, des graviers ainsi que des autres corps étrangers. Le matériel utilisé à cet effet est en principe constitué d'un trommel, d'un épierreur et d'un tapis balistique.

**II.4. 1.4. Découpage en cossettes :** Les racines sont ensuite découpées en "cossettes" de un à deux millimètres d'épaisseur, ce qui va permettre, au cours de la phase de diffusion, d'augmenter la surface de la racine en contact avec l'eau chaude et donc d'accroître la proportion de sucre récupéré.

**II.4. 1.5. Diffusion de sucre :** Au cours de cette opération dite de diffusion, les cossettes sont expédiées dans un diffuseur où circule de l'eau chauffée à 70°C environ qui se charge en sucre en traversant les tranches. L'opération dure environ une heure.

### II.4. 1.6. Résultat de la première opération



## Partie II : Étude Technique

➤ **Jus de diffusion** : Liquide à la sortie du diffuseur contenant entre 15% et 20% de saccharose et quelques impuretés (environ 1% à 3%).

➤ **Drèche ou pulpes** : Résidus fibreux humides qui sortent de la phase de diffusion. Ils contiennent à ce stade moins de 10% de matière sèche. Leur séchage va les rendre apte à servir d'aliments pour le bétail qui constituent leur utilisation principale.

100 Kg de betterave sucrière fournissent de 110 à 120 litres du jus sucré et 60 Kg de pulpes épuisées.



Figure II. 8: Les trois étapes de Lavage, coupe-racines et la diffusion de la betterave sucrière

### II.4. 2. Les étapes de transformation spécifiques au sucre de canne (La filière sucre en Algérie, 2005)

#### II.4. 2. 1. Le découpage et le broyage

Une fois les cannes arrivées à l'usine, elles doivent être traitées immédiatement (maximum : une demi-journée après la coupe) afin de ne pas perdre trop de leur teneur en saccharose. En effet, plus le temps entre la récolte et le traitement est long, plus le rendement en sucre est faible. Les cannes sont coupées en tronçons à l'aide de coupe-cannes. Afin de rendre le traitement ultérieur plus aisé.

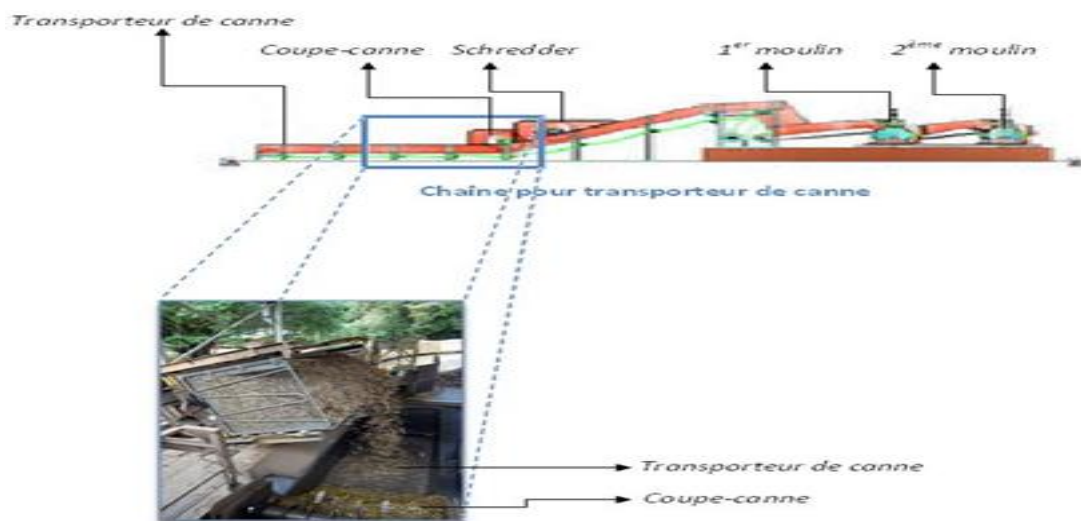


Figure II. 9: Le découpage de la canne à sucre



## Partie II : Étude Technique

**II.4. 2. 2. Séparateur magnétique :** Il retient tous les bouts de métal qui risqueraient d'endommager les machines et évite les incidents aux moulins.

**II.4. 2. 3. Le défibreur :** Constitué par un moulin de deux cylindres à rainures qui entraînent la canne la broient et la déchirent. (Le broyage de la canne). L'extraction du jus de canne à sucre (vesou) se fait par broyage dans une série de moulins successifs formée de trois cylindres horizontaux montés en triangle qui tournent avec une vitesse de 4 à 6 tours /min. Un résidu fibreux est extrait en même temps que le jus : la bagasse. Tout au long de cette étape, un flux d'eau chaude est injecté afin de faciliter l'extraction du sucre de canne.

### II.4. 2. 4. Résultat de la première opération

➤ **Jus :** Liquide translucide de couleur brune assez sombre contenant un peu moins de 20% de saccharose.

➤ **Bagasse :** Résidu fibreux des cannes à sucre qui résulte de la première opération (extraction du jus). Elle peut être utilisée comme combustible au niveau de l'entreprise elle-même ou dans des centrales qu'elle alimente en biomasse (c'est le cas par exemple des centrales bagasse / charbon). Elle peut également être destinée à une autre industrie de transformation comme celle de la trituration par exemple.

Une tonne de canne= 700 à 800 kg de jus environ ou 250 à 300kg de bagasse.

### II.4. 3. Les étapes de transformation communes aux deux produits (La filière sucre en Algérie, 2005)

**II.4. 3. 1. Epuration des jus de diffusion :** Après avoir extrait le jus, l'étape ultérieure de transformation consiste à séparer le sucre des impuretés. Les jus sortant de la diffusion sont noirs-grisâtres et contiennent environ 13-14% du sucre, 1-2% d'impuretés dont essentiellement : sels minéraux, constituants organiques non azotés (acide oxalique, les pectines, le raffinose ...), constituants organiques azotés (acides aminés...) et environ 83% d'eau. Ces impuretés gênent la cristallisation du sucre donc il faut éliminer les impuretés par épuration et l'eau par évaporation.

**II.4. 3. 2. Chaulage CaO :** Ce processus dit d'épuration ou de purification se fait généralement par chaulage simple (défécation) dans le cas de la canne à sucre ou de chaulage et carbonatation dans le cas de la betterave sucrière. L'ajout de lait de chaux et de dioxyde de carbone entraîne une précipitation des impuretés (décantat).

**II.4. 3. 3. La première carbonatation :** Le jus chaulé est réchauffé puis met en présence de gaz carbonique qui vient barboter dans la masse. Celui –ci provoque la formation de carbonates de chaux qui en se disposant entrainera les impuretés. Pour éviter la redissolution des impuretés. On laisse au jus une certaine alcalinité correspondante à un pH=11.

## Partie II : Étude Technique

**II.4. 3. 4. Filtration :** Le tout est ensuite filtré. Le décantât peut être utilisé en tant qu'amendements pour réduire l'acidité des sols. Le jus filtré va ensuite subir une étape de décoloration. L'utilisation de la chaux entraînant une calcification du jus, l'élimination des ions calcium évite l'encrassement de l'équipement employé lors des étapes ultérieures d'évaporation et de cristallisation. La décalcification se fait par le passage à travers des résines d'échange d'ions.

**II.4. 3. 5. La deuxième carbonatation :** Après réchauffage du jus, on possède à une deuxième carbonatation opération analogue à la première suivit d'une filtration.

**II.4. 3. 6. Evaporation :** L'étape épuré est une solution sucrée limpide de couleur jaune pâle qui contient environ 13% du sucre, 87% d'eau et 1% d'impuretés dissoutes, pour concentrer cette solution, le moyen le plus sûr est d'éliminer l'eau par évaporation. Elle est réalisée sous pression et sous vide dans un ensemble de plusieurs chaudières chauffées à la vapeur, reliées entre elles et portant le nom d'appareil à multiples effets cette opération est très économique, elle est réalisée de la façon suivante : la chaudière de l'usine alimente la première chaudière et la vapeur dégagée par le jus alimente à son tour la deuxième chaudière, la dernière chaudière est reliée à une pompe à vide, la diminution progressive de la pression a pour effet de permettre l'ébullition du jus à des températures de plus ou moins élevées. Le sirop est de couleur jaune brun plus concentré très dense qui sort de la dernière chaudière contient (60% à 70% de saccharose) qui va entrer dans le processus de cristallisation.



Figure II. 10: Les trois étapes de l'épuration, filtration et l'évaporation du la betterave sucrière ou bien canne à sucre

**II.4. 3. 7. Cristallisation :** Pour cela, il est déversé dans une cuve sous-vide à une pression d'environ 0,2 bar et maintenu à température inférieure à 80°C (ce qui évite la caramélisation et permet l'évaporation). Le sirop continue à se concentrer jusqu'à formation des cristaux. Afin d'accélérer le processus, on peut introduire des cristaux de sucre (souvent du sucre glace) d'une taille de cinq à dix microns dans la chaudière (c'est l'étape du grainage). Afin de contrôler le niveau de grossissement des cristaux de sucre et leur quantité, le mélange est remué sans interruption et du sirop est ajouté au fur et à mesure de l'opération. Une fois que les cristaux ont atteint la taille et la quantité désirée, le mélange (masse cuite) passe dans des essoreuses afin de séparer les cristaux de l'eau encore présente. Cette eau ou égout pauvre repart au niveau des phases d'évaporation et de cristallisation pour un deuxième voire un

## Partie II : Étude Technique

troisième traitement. Les cristaux obtenus sont lavés par pulvérisation d'eau (clairçage). L'eau obtenue après clairçage est également appelée égout riche. Les cristaux appelés aussi sucre de premier jet sont finalement séchés sous vide, puis stockés dans des silos. Ils contiennent 99,9% de saccharose.

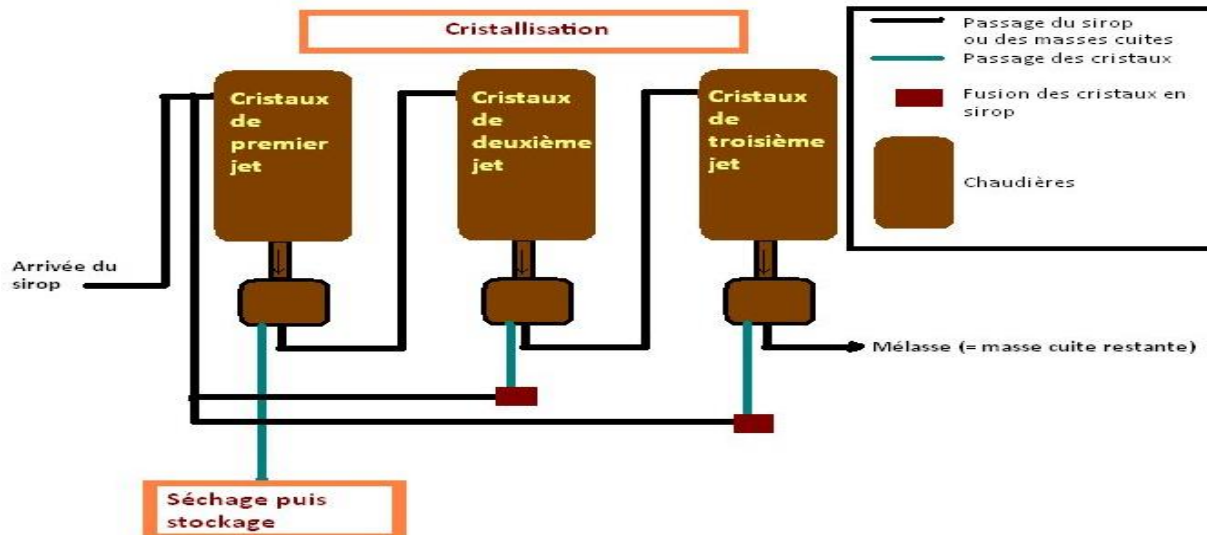


Figure II. 11: description de l'étape de Cristallisation

**II.4. 3. 8. Malaxage :** Lors des deuxième et troisième traitements, le sucre encore présent est retiré par le biais des mêmes processus. Le sirop final est qualifié de jet d'épuisement (mélasse). Le sucre obtenu lors des deuxième et troisième traitements peut être décoloré par addition de charbon actif ou animal ou dans des échangeurs d'ions afin de répondre aux exigences de l'industrie de transformation du sucre.

**II.4. 3. 9. Turbinage et obtention du sucre de 1er jet :** La masse cuite est introduite dans des appareils d'essorage centrifuges appelés turbine à sucre qui tournent à très grande vitesse ce qui permet de séparer les cristaux de saccharose de l'eau mère qui les enrobe. Ces turbines à sucre sont composés en rôle perforée revêtue d'une toile filtrante métallique, le sucre est retenu dans le panier tandis que l'eau-mère est chassée hors du panier. Les cristaux du sucre obtenus sont appelés sucre de 1er jet. Avant de recueillir ce sucre on lui fait subir un clairçage c'est-à-dire un jet de vapeur pour enlever les dernières traces de l'eau mère. Le sucre obtenu est très blanc, très pur et destiné directement à la consommation. L'eau mère chassée par centrifugeuse est recueillie et forme l'égout de 1erjet encore fortement sucré qui est reprise en fabrication, après une nouvelle cuite (en cristallisation) et un nouvelle essorage on obtient un sucre de 2èmejet dont le nouvelle égout permettra d'obtenir un sucre de 3èmejet. Ces sucres (2èmejet et 3èmejet) qui n'ont ni la blancheur ni la pureté des sucres des 1erjets. Sont des sucres roux qui seront raffinés par la suite. Enfin, l'égout obtenu après le sucre de 3èmejet constitue la mélasse qui contient sous forme incristallisable la moitié de son poids en sucre à cause des impuretés.

## Partie II : Étude Technique

**II.4. 3. 10. Le séchage, ensachage et stockage :** Le sucre cristallisé blanc est évacué par un transporteur à secousses, encore chaud et humide le sucre est séché par un air chaud dans des cylindres séchoirs rotatifs puis refroidi. Le sucre est ensuite tamisé, classé et pesé puis dirigé vers l'atelier d'ensachage automatique ou vers de vastes silos dans lesquels il est conservé en vrac (dans des lieux bénéficiant d'une humidité relative de 65% environ).



Figure II. 12: Le séchage, ensachage et stockage du sucre

### II.4. 3. 11. Résultat de la deuxième partie :

- **Sucre de deuxième et troisième jets.**
- **Mélasses :** La mélasse qui représente environ 3% à 6% de la quantité de matière première utilisée, se présente sous la forme d'un sirop visqueux et très épais. Elle est la partie du produit du troisième jet de cristallisation qui ne peut être cristallisée. Elle contient des quantités variables de saccharose (généralement entre 40% et 50%) et se reconnaît à sa forte odeur. Elle peut être utilisée dans l'alimentation animale ou humaine quand elle subit une transformation. Dans certaines régions, elle peut remplacer la confiture ou le sucre dans des préparations. Elle peut également entrer dans l'industrie de la distillerie.

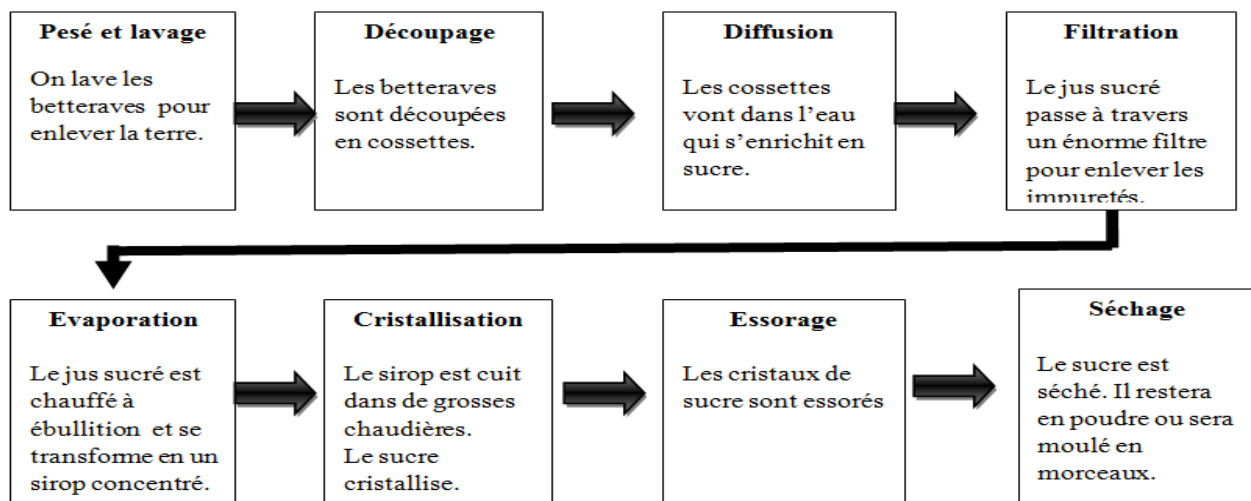


Figure II. 13: Schéma de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière

## Partie II : Étude Technique

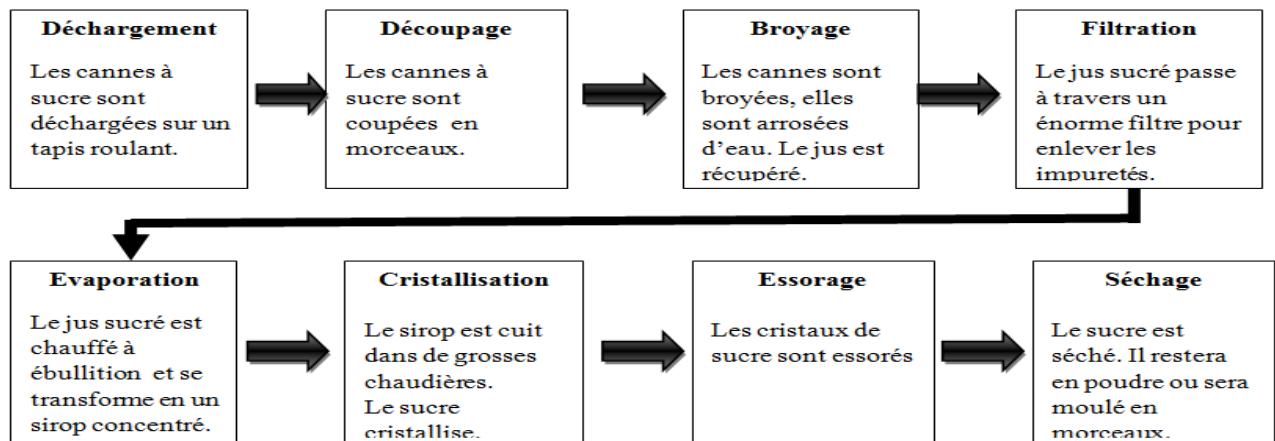


Figure II. 14: Schéma de l'extraction du sucre à partir de la canne à sucre

**II.5. Le raffinage de sucre :** Il y'a une différence entre une sucrerie et une raffinerie d'où dans une sucrerie, il entre des betteraves sucrières ou de la canne à sucre ; on y extrait le sucre qu'elles contiennent en le cristallisant. Il sort du sucre blanc et / ou du sucre roux et dans une raffinerie « est une partie considérable du marché sucrier se trouve dans des régions où ni la betterave ni la canne ne peuvent être cultivées. Ces marchés peuvent être alimentés grâce à de grands bateaux transportant le sucre de canne brut qui doit encore être raffiné avant d'être commercialisé. », il n'entre pas de plantes sucrières mais seulement du sucre roux.

Seul le sucre blanc de canne est du sucre raffiné. Dans une sucrerie de betterave ou de canne, on recueille le jus sucré qui est filtré puis concentré par évaporation avant la cristallisation. Le sucre de betterave sort naturellement blanc (Le sucre blanc de betterave n'est pas raffiné) et contient 99,80% de saccharose tandis que le sucre de canne cristallise avec une coloration qui va du blond au brun, due à des matières organiques et des pigments présents uniquement dans la canne.

Pour devenir blanc, le sucre roux de canne (cassonade) est refondu et débarrassé de ses colorants dans une raffinerie : c'est ce qu'on appelle le raffinage. En France le sucre blanc que l'on consomme est pour 96 % du sucre de betterave et, le sucre blanc de canne (donc le seul sucre raffiné) constitue 4% des sucres commercialisés en France.

**II.5. 1. Procédé de raffinerie de sucre :** (ARZATE, Extraction et raffinage du sucre de canne, 2005)

**II.5. 1. 1. Transport du sucre brut :** Le sucre brut est déchargé sur un convoyeur qui l'amène directement dans l'entrepôt où il est entreposé en piles. Cet entrepôt peut contenir jusqu'à 65 000 tonnes de sucre.

**II.5. 1. 2. Lavage du sucre brut :** À la station d'affinage, à l'aide d'un malaxeur, le sucre brut est imprégné dans un sirop saturé qui favorise la dissolution superficielle des cristaux. La couche superficielle des cristaux, la plus impure, est dissoute. La masse-cuite ainsi obtenue

## Partie II : Étude Technique

est centrifugée pour retirer la mélasse résiduelle en surface. Le sucre obtenu est un sucre d'affinage.

**II.5. 1. 3. Clarification :** Le sucre d'affinage est dissous dans de l'eau chaude. Le sirop trouble formé est alcalinisé par addition de lait de chaux. Les impuretés sont retirées par flottaison et filtration.

**II.5. 1. 4. Décoloration :** La décoloration du sirop se fait en deux étapes. Le sirop passe d'abord dans des citernes remplies de « noir animal » (particules calcinées d'os de bœuf). Par la suite, le sirop passe par des colonnes de résines complétant ainsi la décoloration. Le sirop est presque aussi limpide que l'eau.

La capacité décolorante du noir animal est recouvrée en brûlant dans un four les matières organiques qu'il a retiré du sirop. Quant aux résines, elles sont régénérées par désucrage, à l'aide d'une saumure.

**II.5. 1. 5. Cristallisation, malaxage, turbinage et séchage :** La cristallisation du sucre se fait dans des chaudières à cuire pouvant produire jusqu'à 50 tonnes de sucre à la fois. L'eau est évaporée sous vide à environ 70 °C, ce qui économise l'énergie et empêche la caramélisation du sucre. À partir d'ici le sucre suit les mêmes opérations que celles décrites à l'avant.

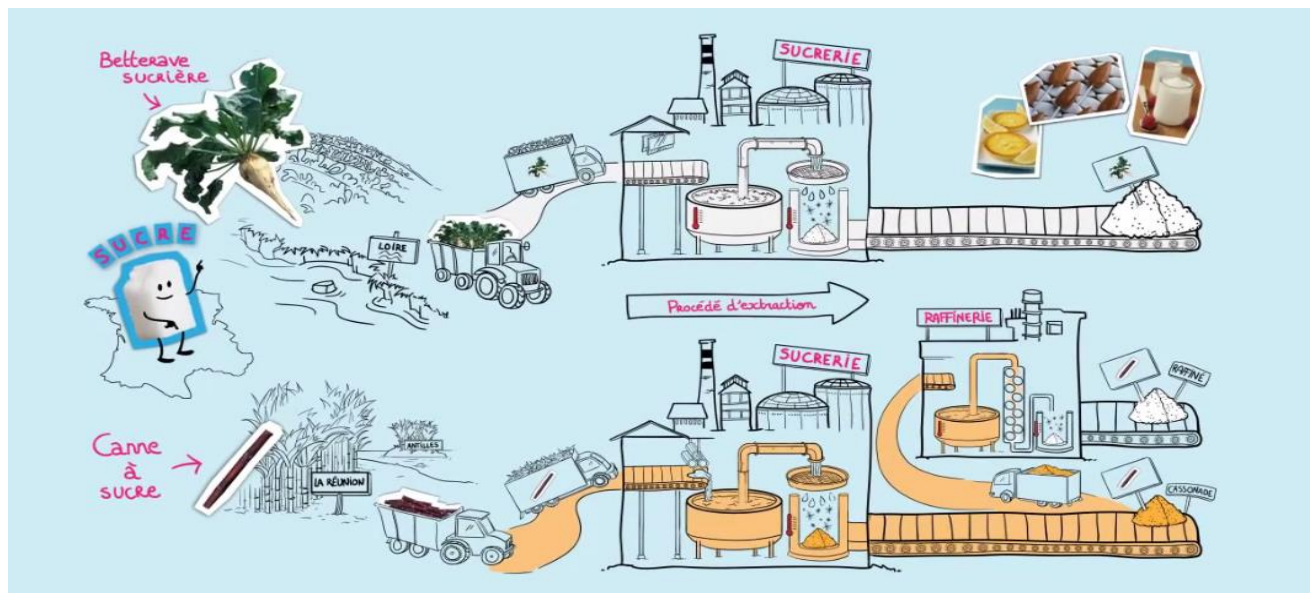


Figure II. 15: La différence entre le sucre blanc de betterave et sucre roux de canne raffiné

Cette figure explique que le sucre, qu'il provienne de la betterave ou de la canne à sucre, est extrait par des procédés mécaniques similaires. Il est naturellement blanc lorsqu'il provient de la betterave et naturellement roux lorsqu'il provient de la canne, à cause de pigments présents uniquement dans la canne. Pour obtenir du sucre de canne blanc, il faut le raffiner : on le refond et on recristallise.



## Partie II : Étude Technique

### II.6. La différence entre le sucre blanc et sucre roux

Le sucre blanc et le sucre roux (parfois appelé sucre brun) ont un goût très différent l'un de l'autre, et on peut les distinguer très facilement grâce à leur couleur (à laquelle ils doivent d'ailleurs leur nom). Mais ce n'est pas là leurs seules différences. Sucre blanc ou roux possèdent tous deux des propriétés spécifiques.



Figure II. 16: sucre roux et blanc

La différence de couleur est due à la méthode de fabrication. Plus le sucre contient d'impuretés, plus sa couleur est rousse. C'est en le raffinant que les producteurs obtiennent le sucre blanc. Certaines marques proposent du sucre roux non naturel : celui-ci est fait à partir de sucre blanc que l'on aromatise et colore.

Sucre blanc ou roux n'ont pas tout à fait les mêmes valeurs nutritionnelles. En effet, le sucre blanc est le résultat d'un affinage industriel, dont l'une des conséquences du processus est de faire perdre à l'aliment ses nutriments. On retrouve donc dans le sucre roux plus de vitamines et minéraux.

Au final, sucre blanc ou roux sont une question de goût et d'envie. Même si nous n'avons besoin que de faibles quantités de sucre, nous aimons généralement son goût. Pour varier les plaisirs, voici les avantages et les inconvénients de chacun (Haberfeld, 2018) qui sont présentées au Tableau suivant :

|                      | Le sucre roux                                                                             | Le sucre blanc                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Avantages</b>     | Moins purifié que le sucre blanc, il reste des traces de calcium, potassium et magnésium. | On le trouve partout et il s'utilise dans les préparations culinaires froides ou chaudes car son pouvoir sucrant reste intact.                                                                                                         |
| <b>Inconvénients</b> | Les diabétiques ne doivent pas dépasser 20 g par jour                                     | En raison de ses lavages, il est dépourvu de minéraux et de vitamines. Il doit être consommé avec modération par les diabétiques du fait de son pouvoir hyperglycémiant : pas plus de 10 à 20 g par jour, soit 2 à 4 cuillères à café. |

## Partie II : Étude Technique

|                             |                                                                                                         |                                                                         |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comment le consommer</b> | à froid comme à chaud. Idéal pour les desserts exotiques (ananas flambé), salade de fruits, cake...etc. | Il sucre :<br>les yaourts, les boissons chaudes, les pâtisseries...etc. |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|

Tableau II. 5: les avantages et les inconvénients du sucre blanc et roux

Plus le sucre est blanc, plus il est pur; plus il est d'un brun foncé, plus il contient des résidus de la canne

| COMPOSANT            | Moyenne | Intervalle  |
|----------------------|---------|-------------|
| Saccharose (%)       | 99.80   | n.d.        |
| Eau (%)              | 0,05    | n.d.        |
| Minéraux totaux (%)  | 0,04    | n.d.        |
| Calcium (mg/100 g)   | 0,60    | (0 – 2)     |
| Fer (mg/100 g)       | 0,30    | (0,1 – 0,5) |
| Magnésium (mg/100 g) | 0,20    | (0 – 0,3)   |
| Phosphore (mg/100 g) | 0,30    | (0 – 0,5)   |
| Potassium (mg/100 g) | 2,00    | (0 – 6)     |
| Sélénium (µg /100 g) | Traces  | (0 – 0,3)   |
| Sodium (mg/100 g)    | 0,30    | n.d         |

Tableau II. 6 : Composition du sucre blanc de betterave sucrière (**ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005**)

| Minéral/Oligo-élément | Sucre roux       | Sucre blanc    |
|-----------------------|------------------|----------------|
| Magnésium (mg/100 g)  | 4.5              | 0              |
| Phosphore (mg/100 g)  | 4                | 0              |
| Fer (mg/100 g)        | 3                | 0.75           |
| Fluor (mg/100 g)      | 3.95             | 0              |
| Cuivre (mg/100 g)     | 0.2              | 0              |
| Manganèse (mg/100 g)  | 0.2              | 0              |
| Zinc (mg/100 g)       | 0.12             | 0              |
| Saccharose (%)        | Entre 85 et 98 % | Plus de 99,5 % |



## Partie II : Étude Technique

Tableau II. 7 : Comparaison des teneurs en minéraux et agro-élément entre le sucre roux de canne et le sucre blanc raffiné (en mg pour 100 g) (ARZATE, EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE, 2005)

**II.7. Le sucre et la santé:** Il existe deux types de sucre disponibles dans le commerce : le sucre raffiné et le sucre non raffiné .Globalement, il est bon de privilégier le sucre non raffiné, car celui-ci conserve les nutriments issus de la canne à sucre.

Le sucre raffiné est uniquement calorique (pur saccharose) et est dangereux pour la santé. Une affirmation qui n'est pas dénuée de sens. En effet, le sucre blanc raffiné contient plus de 99,7 % de saccharose, un sucre dit simple qui, pour être métabolisé, nécessite un apport en vitamines et en minéraux qu'il ne contient pas lui même. Consommer ce type de sucre en quantité importante peut ainsi entraîner du diabète, de l'obésité ou d'autres troubles de la santé.

En France, il estime que plus de 90% du sucre blanc est issu de la betterave et n'est pas raffiné. Le sucre directement extrait de la betterave est déjà blanc et ne nécessite donc pas de raffinage.

En revanche, lorsque l'on achète du sucre de canne blanc (moins de 5% du sucre blanc en France), il s'agit de sucre qui a été raffiné par un procédé industriel. Or, cette étape de purification retire tous les pigments du sucre roux, ainsi que les vitamines et les minéraux.

### II.8. Les produits sucrés : (La filière sucre en Algérie, 2005)

Les produits sucrés sont des produits contenant du sucre ajouté. Ce sont les:

**II.8.1. Les confitures :** Les confitures sont fabriquées à partir d'une quantité égale de sucre (saccharose) et de fruits. Le produit fini contient 60 à 65% de sucres. Le terme de confiture regroupe en fait trois sortes de produits qui diffèrent par la nature de leurs éléments de base :

- **Les confitures proprement** dites : les fruits s'y trouvent entiers ou coupés en quartiers, cuits dans un sirop de sucre.
- **Les gelées** : ce sont des jus de fruits pris en masse compacte sous l'action de la pectine.
- **Les marmelades** : les fruits coupés en morceaux et légèrement écrasés, macèrent dans un sirop de sucre avant cuisson. La teneur en eau est plus élevée que dans les préparations précédentes : 35%.

Au cours de la cuisson et au contact de l'eau, le saccharose se transforme en glucose et en fructoses.

## **Partie II : Étude Technique**

**II.8.2. Les confiseries :** Ce sont des préparations alimentaires dans lesquelles le sucre constitue l'élément dominant. Outre le sucre qui en constitue la base, elles comportent des arômes et colorants (bonbons), ou sont additionnées d'amandes (dragées et pralines), de matières grasses (caramel), de gommes (pâtes à mâcher). La pâte de nougat associée aux différents sucres de l'albumine de l'œuf.

**II.8.3. Le miel :** Est appelé miel la denrée alimentaire produite par les abeilles à partir de nectar de fleurs ou de leur sécrétion.

Grâce à l'invertase contenue dans son jabot, l'abeille transforme presque tout le saccharose en glucose et fructose : saccharose : 6%, 35%, fructose : 35%. La richesse du miel en saccharose fait qu'il possède un pouvoir sucrant supérieur au saccharose.

Au cours du stockage, la composition du miel évolue de part la présence d'invertase en excès (0.23%). Ainsi, au bout de 5 ans, la teneur en saccharose passe de 6 à 3%.

En outre, le miel contient de l'acide formique, d'où l'utilisation populaire dans les infections bronchiques.

**II.8.4. Le chocolat :** Il est obtenu par un mélange de sucre et pâte de cacao, additionné ou non de lait, noisettes, il contient en moyenne 55 à 65% de glucides, 30 à 35% de lipides, 5% de protéines, de minéraux (phosphore, calcium, magnésium), vitamines (thiamine et riboflavine).

Le sucre peut aussi servir à d'autres fins que dans les aliments :

- Le sucre sert à faire certains types de détergent
- Le sucre est utilisé dans l'industrie du textile comme empois et pour la finition
- Le sucre est utilisé dans certains produits pharmaceutiques
- Le sucre sert à guérir les blessures.

## **II.9. Etude stratégique du choix de site de localisation de l'usine par rapport au positionnement des zones de production et des grandes villes de consommation de l'Oranie :**

La localisation de la nouvelle unité est souvent considérée comme le facteur de réussite le plus important pour une organisation du secteur privé ou public. Les organisations privées peuvent tirer profit d'un bon emplacement (localisation), La localisation peut aider à réduire les coûts fixes et indirects et à améliorer l'accessibilité.

## Partie II : Étude Technique

### 1. Le choix du site

**1.1. Généralité sur la région d'Oranie :** L'Oranie est une région socioculturelle de l'ouest algérien comprenant tout le nord-ouest de l'Algérie et correspond approximativement aux wilayas suivantes : Oran, Aïn Témouchent, Mascara, Mostaganem, Relizane, Saïda, Sidi Bel Abbès, Tlemcen, Tiaret. La capitale de la région est la ville d'Oran.

| Numéro | Wilaya         | Superficie | Population     |
|--------|----------------|------------|----------------|
| 13     | Tlemcen        | 9 408      | 946 322        |
| 14     | Tiaret         | 20 673     | 864 202        |
| 20     | Saida          | 7 014      | 312 757        |
| 22     | Sidi-Bel-Abbès | 8 306      | 589 727        |
| 27     | Mostaganem     | 2 165      | 735 075        |
| 29     | Mascara        | 5 699      | 760 523        |
| 31     | Oran           | 2 145      | 1 362 616      |
| 46     | Aïn Témouchent | 2 432      | 366 942        |
| 48     | Relizane       | 5 208      | 699 077        |
| TOTAL  |                | 63 050 km2 | 6 637 241 hab. |

Tableau II. 8 : Liste des Wilayas d'Oranie par leur indicatif



Figure II. 17: Les wilayas de l'Oranie

## Partie II : Étude Technique



Figure II. 18: la carte géographique de l'Oranie

### 1.2. Justification de choix de l'Oranie :

Nous arrivons au choix de l'Oranie pour installer notre usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière parce que la plupart des ensembles de plaines agricoles intérieure dans l'Algérie se situe dans l'ouest (Tlemcen, sidi bel Abbès, Mascara...) et ces plaines sont le plus adapté pour l'implantation de la betterave sucrière aussi les ressources d'eau sont largement disponible dans l'Oranie ; les barrages et les eaux souterraines et Les stations de dessalement.

L'agriculteur dans l'Oranie il a un mental de faire les coopérations et supporte les contrats avec les sociétés industriels et cela est dû à la politique coloniale française dans cette région.

Notre étude d'implantation de la betterave sucrière est basé sur des résultats dans la France et le Maroc surtout ce dernier, alors le climat de l'Oranie est presque le Maroc. Les climats sont déversés dans cette région sans couper des longues distances.

On a décidé d'installer les zones d'implantation de la betterave dans Tlemcen (Maghnia, Hennaya) et Mascara (Ghriss, Sig), Ain Témouchent (Hammam Bou Hadjar, El Malah) et Mostaganem (Mostaganem, Sidi Ali).

|              | Tlemcen                | Mascara               | Ain Témouchent          | Mostaganem                                       |
|--------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Les barrages | Barrage d'El Meffrouch | Barrage de Bouhanifia | Barrage d'Oued Berkèche | Barrage du Cheliff.<br>Volume 110 millions de m³ |
|              | Barrage de Sikkak      | Barrage d'Ouizert     |                         | Barrage de Kramis                                |
|              | Barrage de Béni Bahdel | Barrage de Fergoug    |                         | Barrage de Gargar                                |
|              | Barrage de Hammam      | Barrage de Chorfa     |                         | Barrage de Sidi Abed                             |

## Partie II : Étude Technique

|                                    |                                                                                       |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | Bouhrara                                                                              |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
|                                    | Barrage de Sidi Abdelli                                                               | Barrage d'OuedTaht |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
| <b>Les stations de dessalement</b> | Station de dessalement de Souk Tléta :<br>200 000 m <sup>3</sup> /jour d'eau potable. |                    | -Station de dessalement de Béni Saf : 200 000 m <sup>3</sup> /jour d'eau potable, consacrera 110 000 m <sup>3</sup> /jour à Aïn Témouchent et Béni Saf et 90 000 m <sup>3</sup> /jour à la ville d'Oran<br>-Les villes d'Aïn Témouchent et de Béni Saf ont également bénéficié, chacune, de la réalisation de trois réservoirs de 10 000 m <sup>3</sup> pour le stockage des eaux dessalées avant leur distribution au profit des ménages | Station de dessalement de Mostaganem :<br>200 000 m <sup>3</sup> /jour d'eau potable |
|                                    | Station de dessalement de Honaïne :<br>200 000 m <sup>3</sup> /jour d'eau potable.    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |

Tableau II. 9: Listes des barrages et Les stations de dessalement dans Tlemcen, Mascara, Aïn Témouchent et Mostaganem.

2. **Description du problème :** La localisation est souvent considéré comme le facteur de réussite le plus important pour une organisation du secteur privé ou public. Les organisations privées peuvent tirer profit d'un bon emplacement (localisation), La localisation peut aider à réduire les coûts fixes et indirects et à améliorer l'accessibilité.

Dans cette partie qui s'agit du choix de la meilleure localisation de l'usine, nous avons adopté, les notions de base de problème de localisation par la modélisation mathématique à notre cas pour minimiser la distance « les couts de transports » entre l'usine et zone de la récolte (la ferme) en amont qui se coïncide avec la zone des clients (Grossiste + RHD + SM ) en aval.

## Partie II : Étude Technique

2.1. **Modèle mathématique Pour choix du site** : Un modèle mathématique est une traduction d'une observation dans le but de lui appliquer les outils, les techniques et les théories mathématiques, puis généralement, en sens inverse, la traduction des résultats mathématiques obtenus en prédictions ou opérations dans le monde réel.

Concernant la localisation de site On utilisant le modèle p-média pour l'implémentation de l'unité de transformation tous en réduisant le cout de localisation (cout d'investissement) et les coûts de transport). Notre problème de localisation-allocation est un problème de deux niveaux :

**Niveau 01** : les zones d'implantation de la betterave (Les fermes)→ notre usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière

**Niveau 02** : notre usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière→Les clients

### A. Les indices :

**i** : indice de fournisseur (ferme) tq  $i \in I$

**j** : indice d'un site d'installation d'une usine tq  $j \in J$

**k** : indice de la zone de client tq  $k \in K$

### B. Les données :

**Distance1 ij** : la distance entre fournisseur i et l'usines localisé j

**Distance2 jk** : la distance entre l'usine localisé j et le client k

**Tij** : Le cout de transport unitaire par distance (KM) par unité de mesure (6 tonnes) entre l'usine localisé et le fournisseur.

**TRjk** : Le cout de transport unitaire par distance (KM) par unité de mesure (10 tonnes) entre le client et l'usine localisé.

**Fj** : cout fixe d'ouverture de l'usine dans le site j.

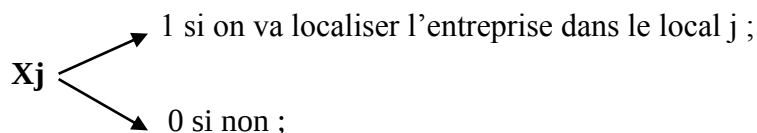
**PRi** : pourcentage de la demande pour chaque fournisseur (les zones d'implantation de la betterave).

**DT** : la demande totale du sucre de l'Oranie.

**DWk** : la demande du sucre du client k.

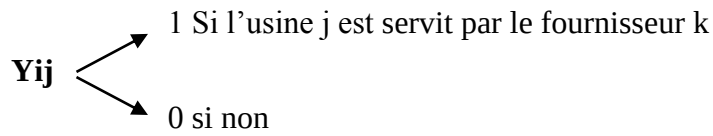
### C. Les variables de décision :

**Xj** : qui répond à la question ou je dois localiser notre usine

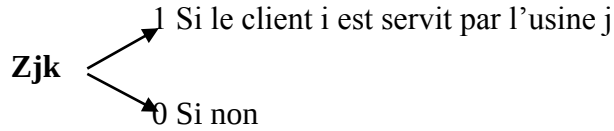


**Yij** : L'usine sera servit par le fournisseur totalement la plus proche

## Partie II : Étude Technique



**Z<sub>jk</sub>** : Le client sera servit par l'usine totalement la plus proche localisé



### D. La fonction objectif :

$$\text{Min} \sum_{j=1}^9 X_j \times F_j + \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^9 \text{Distance}_{2jk} \times \text{TR}_{jk} \times Z_{jk} \times (\text{DW}_k \times 1000000) \\ + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^9 \text{Distance}_{1ij} \times \text{PR}_i \times \text{T}_{ij} \times Y_{ij} \times (\text{DT} \times 1000000)$$

Notre Fonction Objectif est de minimiser le cout d'ouverture de l'usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière et les coutes de transports entre s les zones d'implantation de la betterave(Les fermes) et notre usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière et entre ce dernier et les clients.

### E. Contraintes

**E.1.** On doit localiser qu'une seule usine :

$$\sum_{j=1}^9 X_j = 1 \quad \text{pour} \quad j = 1, 2, \dots, 9 \quad \dots \text{ (II.1)}$$

**E.2.** Le client k ne peut pas être servit par l'usine j si j n'est pas localisé :

$$Z_{jk} \leq X_j \quad \forall k \quad \forall j \quad \dots \text{ (II.2)}$$

**E.3.** Le fournisseur i ne peut pas être affecté à l'usine j si j n'est pas localisé :

$$Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i \quad \forall j \quad \dots \text{ (II.3)}$$

**E.4.** Le client k sera servir par une seule usine localisé j :

$$\sum_{j=1}^9 Z_{jk} = 1 \quad \forall k \quad \dots \text{ (II.4)}$$

**E.5.** Le fournisseur i sera affecté à une seule usine localisé j :

$$\sum_{j=1}^9 Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad \dots \text{ (II.5)}$$

**E.6.** Ou les variables de décision X<sub>j</sub> et Y<sub>ij</sub> et Z<sub>jk</sub> sont binaires :

## Partie II : Étude Technique

$$X_j \in \{0,1\} \quad \dots(\text{II.6})$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \dots(\text{II.7})$$

$$Z_{jk} \in \{0,1\} \quad \dots(\text{II.8})$$

### 2.2. Le modèle mathématique pour la détermination des pourcentages des quantités des betteraves sucrières fournie par les zones d'implantation

**A. TOP SIS :** Le TOPSIS (technique for order performance by similarity to idea solution) a été développé par Hwang & Yoon (1981). Selon cette technique, la meilleure alternative serait celle qui est la plus proche de la solution idéale-positive et la plus éloignée de la solution idéale négative (Ertugrul & Karakasoglu, 2007). La solution idéale-positive est une solution qui maximise les critères de bénéfice et minimise les critères de coût, tandis que la solution idéale-négative maximise les critères de coût et minimise les critères de bénéfice (Wang & Elhag, 2006). En bref, l'idéale positive solution est composée de toutes les meilleures valeurs possibles à partir des critères, tandis que la solution idéale négative se compose de toutes les plus mauvaises valeurs réalisables à partir des critères (Wang, 2007). (Ali mohammadi1, 2011).

**B. Fuzzy TOPSIS :** TOPSIS floue est l'un des différents modèles de prise de décision multi-attributs avec des valeurs floues que jusqu'à présent divers modèles ont été introduits pour cela. Dans cet article, selon ces modèles, une nouvelle méthode est présentée pour TOPSIS flou avec des données triangulaires floues. Donc, il a de meilleurs résultats et plus précis dans comparaison avec les méthodes précédentes (Prabhakar, 2012).

Les processus de calcul de la méthode sont les suivants :

#### Etape 01 : Identification des alternatives

Nous avons 8 fournisseurs :

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| <b>A1</b> | Maghnia           |
| <b>A2</b> | Hennaya           |
| <b>A3</b> | Ghriss            |
| <b>A4</b> | Sig               |
| <b>A5</b> | Hammam Bou Hadjar |
| <b>A6</b> | El Malah          |
| <b>A7</b> | Sidi Ali          |
| <b>A8</b> | Mostaganem        |



## Partie II : Étude Technique

### Etape 2: identification des critères

|           |                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>C1</b> | <b>La surface de la zone agricole</b>                                 |
| <b>C2</b> | La température : [20° 28°]                                            |
| <b>C3</b> | Type de sol : homogène et sans cailloux                               |
| <b>C4</b> | le plat de la terre                                                   |
| <b>C5</b> | La distance minimale entre les zones agricoles et les sites candidats |
| <b>C6</b> | Plus proche aux sources d'eau                                         |

### Etape 3: identification des décideurs : Nous avons 2 décideurs : D1 et D2

### Etape 4 : définition des degrés d'importances des critères

|           | <b>C1</b>  | <b>C2</b>      | <b>C3</b>  | <b>C4</b>      | <b>C5</b>  | <b>C6</b>      |
|-----------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|
| <b>D1</b> | Medium (M) | Very High (VH) | Low (L)    | High (H)       | Medium (M) | Very High (VH) |
| <b>D2</b> | High (H)   | High (H)       | Medium (M) | Very High (VH) | Low (L)    | Very High (VH) |

### Etape 5: évaluation linguistique

|           | <b>A1</b> |           | <b>A2</b> |           | <b>A3</b> |           | <b>A4</b> |           | <b>A5</b> |           | <b>A6</b> |           | <b>A7</b> |           | <b>A8</b> |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> | <b>D1</b> | <b>D2</b> |
| <b>C1</b> | VG        | VG        | F         | G         | G         | G         | G         | VG        | G         | G         | VG        | G         | P         | P         | G         | F         |
| <b>C2</b> | G         | F         | F         | F         | G         | VG        | VG        | G         | P         | G         | VG        | G         | VG        | VG        | VG        | VG        |
| <b>C3</b> | F         | F         | G         | G         | G         | F         | F         | G         | G         | G         | G         | VG        | G         | F         | F         | F         |
| <b>C4</b> | G         | VG        | F         | G         | F         | F         | F         | P         | F         | P         | P         | P         | G         | G         | P         | G         |
| <b>C5</b> | VP        | VP        | VP        | P         | VG        | VG        | VG        | G         | F         | G         | P         | G         | G         | F         | G         | G         |
| <b>C6</b> | G         | F         | F         | F         | F         | F         | VG        | G         | G         | P         | G         | G         | VG        | VG        | G         | VG        |

Tels que :

|                       |
|-----------------------|
| <b>Very Poor (VP)</b> |
| <b>Poor (P)</b>       |
| <b>Fair (F)</b>       |
| <b>Good (G)</b>       |
| <b>Very Good (VG)</b> |

**Etape 6:** conversion des degrés d'importance des critères et l'évaluation linguistique vers des nombres fuzzy :

## Partie II : Étude Technique

| Numéro flou | Évaluation alternative | L'importance des alternatives |
|-------------|------------------------|-------------------------------|
| (1,1,3)     | Very Poor (VP)         | Very Low (VL)                 |
| (1,3,5)     | Poor (P)               | Low (L)                       |
| (3,5,7)     | Fair (F)               | Medium (M)                    |
| (5,7,9)     | Good (G)               | High (H)                      |
| (7,9,9)     | Very Good (VG)         | Very High (VH)                |

**Etape 7 :** Construction de la matrice de décision D plus le vecteur d'importance :

Tels que :

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ij}^k\}, \quad b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, \quad c_{ij} = \max_k \{c_{ij}^k\}$$

**La matrice D :**

|    |   | C1 |   | C2 |   | C3 |   | C4 |   | C5 |   | C6 |   |   |   |   |   |   |
|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 7 | 9  | 9 | 3  | 6 | 9  | 3 | 5  | 7 | 5  | 8 | 9  | 1 | 1 | 3 | 3 | 6 | 9 |
| A2 | 3 | 6  | 9 | 3  | 5 | 7  | 5 | 7  | 9 | 3  | 6 | 9  | 1 | 2 | 5 | 3 | 5 | 7 |
| A3 | 5 | 7  | 9 | 5  | 8 | 9  | 3 | 6  | 9 | 3  | 5 | 7  | 7 | 9 | 9 | 3 | 5 | 7 |
| A4 | 5 | 8  | 9 | 5  | 8 | 9  | 3 | 6  | 9 | 1  | 4 | 7  | 5 | 8 | 9 | 5 | 8 | 9 |
| A5 | 5 | 7  | 9 | 1  | 5 | 9  | 5 | 7  | 9 | 1  | 4 | 7  | 3 | 6 | 9 | 1 | 5 | 9 |
| A6 | 5 | 8  | 9 | 5  | 8 | 9  | 5 | 8  | 9 | 1  | 3 | 5  | 1 | 5 | 9 | 5 | 7 | 9 |
| A7 | 1 | 3  | 5 | 7  | 9 | 9  | 3 | 6  | 9 | 5  | 7 | 9  | 3 | 6 | 9 | 7 | 9 | 9 |
| A8 | 3 | 6  | 9 | 7  | 9 | 9  | 3 | 5  | 7 | 1  | 5 | 9  | 5 | 7 | 9 | 5 | 8 | 9 |

**Calcul de degré de l'importance pour chaque critère :**

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, \quad w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, \quad w_{j3} = \max_k \{w_{jk3}\}$$

|    |   | C1 |   | C2 |   | C3 |   | C4 |   | C5 |   | C6 |   |   |   |   |   |   |
|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|
| Wj | 3 | 6  | 9 | 5  | 8 | 9  | 1 | 4  | 7 | 5  | 8 | 9  | 1 | 4 | 7 | 7 | 9 | 9 |

**Etape 8 :** Normalisation de la matrice D pour obtenir R

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

Tels que :

$$\left. \begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad \text{and} \\ c_j^* &= \max_i c_{ij} \quad (\text{benefit criteria}) \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad \text{and} \\ a_j^- &= \min_i a_{ij} \quad (\text{cost criteria}) \end{aligned} \right\}$$

## Partie II : Étude Technique

Dans notre problème tous les critères sont des critères bénéfiques, Nous obtenons les résultats suivants :

|    |       | C1    |       |       | C2    |       |       | C3    |       |       | C4    |       |       | C5    |       |       | C6    |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1 | 0,778 | 1,000 | 1,000 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,333 | 0,556 | 0,778 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,111 | 0,111 | 0,333 | 0,333 | 0,667 | 1,000 |
| A2 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,333 | 0,556 | 0,778 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,111 | 0,222 | 0,556 | 0,333 | 0,556 | 0,778 |
| A3 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,333 | 0,556 | 0,778 | 0,778 | 1,000 | 1,000 | 0,333 | 0,556 | 0,778 |
| A4 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,111 | 0,444 | 0,778 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,556 | 0,889 | 1,000 |
| A5 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 0,111 | 0,556 | 1,000 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 0,111 | 0,444 | 0,778 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,111 | 0,556 | 1,000 |
| A6 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,556 | 0,889 | 1,000 | 0,111 | 0,333 | 0,556 | 0,111 | 0,556 | 1,000 | 0,556 | 0,778 | 1,000 |
| A7 | 0,111 | 0,333 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 1,000 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,778 | 1,000 | 1,000 |
| A8 | 0,333 | 0,667 | 1,000 | 0,778 | 1,000 | 1,000 | 0,333 | 0,556 | 0,778 | 0,111 | 0,556 | 1,000 | 0,556 | 0,778 | 1,000 | 0,556 | 0,889 | 1,000 |

**Etape 9 :** Pondérer R pour obtenir V tels que :

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

where  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$

|    |       | C1    |       |       | C2    |       |       | C3    |       |       | C4    |       |       | C5    |       |       | C6    |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1 | 2,333 | 6,000 | 9,000 | 1,667 | 5,333 | 9,000 | 0,333 | 2,222 | 5,444 | 2,778 | 7,111 | 9,000 | 0,111 | 0,444 | 2,333 | 2,333 | 6,000 | 9,000 |
| A2 | 1,000 | 4,000 | 9,000 | 1,667 | 4,444 | 7,000 | 0,556 | 3,111 | 7,000 | 1,667 | 5,333 | 9,000 | 0,111 | 0,889 | 3,889 | 2,333 | 5,000 | 7,000 |
| A3 | 1,667 | 4,667 | 9,000 | 2,778 | 7,111 | 9,000 | 0,333 | 2,667 | 7,000 | 1,667 | 4,444 | 7,000 | 0,778 | 4,000 | 7,000 | 2,333 | 5,000 | 7,000 |
| A4 | 1,667 | 5,333 | 9,000 | 2,778 | 7,111 | 9,000 | 0,333 | 2,667 | 7,000 | 0,556 | 3,556 | 7,000 | 0,556 | 3,556 | 7,000 | 3,889 | 8,000 | 9,000 |
| A5 | 1,667 | 4,667 | 9,000 | 0,556 | 4,444 | 9,000 | 0,556 | 3,111 | 7,000 | 0,556 | 3,556 | 7,000 | 0,333 | 2,667 | 7,000 | 0,778 | 5,000 | 9,000 |
| A6 | 1,667 | 5,333 | 9,000 | 2,778 | 7,111 | 9,000 | 0,556 | 3,556 | 7,000 | 0,556 | 2,667 | 5,000 | 0,111 | 2,222 | 7,000 | 3,889 | 7,000 | 9,000 |
| A7 | 0,333 | 2,000 | 5,000 | 3,889 | 8,000 | 9,000 | 0,333 | 2,667 | 7,000 | 2,778 | 6,222 | 9,000 | 0,333 | 2,667 | 7,000 | 5,444 | 9,000 | 9,000 |
| A8 | 1,000 | 4,000 | 9,000 | 3,889 | 8,000 | 9,000 | 0,333 | 2,222 | 5,444 | 0,556 | 4,444 | 9,000 | 0,556 | 3,111 | 7,000 | 3,889 | 8,000 | 9,000 |

**Etape 10 :** Définir l'idéal positif FPIS et l'idéal négatif FNIS :

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad \text{where}$$

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad \text{where}$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

|      |            |           |  |   |           |  |   |       |  |   |           |  |   |           |  |   |       |  |   |
|------|------------|-----------|--|---|-----------|--|---|-------|--|---|-----------|--|---|-----------|--|---|-------|--|---|
| FPIS | A*<br>(j3) |           |  | 9 |           |  | 9 |       |  | 7 |           |  | 9 |           |  | 7 |       |  | 9 |
| FNIS | A-<br>(j1) | 0,33<br>3 |  |   | 0,55<br>5 |  |   | 0,333 |  |   | 0,55<br>5 |  |   | 0,11<br>1 |  |   | 0,777 |  |   |

**Etape 11 :** Pour chaque alternative calculer la distance par rapport à FPIS et FNIS

## Partie II : Étude Technique

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Tels que :

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]}$$

Donc nous obtenons les résultats suivants :

|            |        |            |        |            |        |            |        |
|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| <b>d1*</b> | 26,108 | <b>d3*</b> | 27,002 | <b>d5*</b> | 30,587 | <b>d7*</b> | 25,009 |
| <b>d1-</b> | 32,008 | <b>d3-</b> | 29,439 | <b>d5-</b> | 28,871 | <b>d7-</b> | 31,205 |
| <b>d2*</b> | 29,889 | <b>d4*</b> | 26,219 | <b>d6*</b> | 27,233 | <b>d8*</b> | 26,165 |
| <b>d2-</b> | 26,310 | <b>d4-</b> | 31,337 | <b>d6-</b> | 29,628 | <b>d8-</b> | 31,653 |

**Etape 12 :** Calcule du coefficient de proximité à l'idéal positif pour chaque alternative

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

|     |              |     |              |     |              |     |              |
|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| CC1 | <b>0,551</b> | CC3 | <b>0,522</b> | CC5 | <b>0,486</b> | CC7 | <b>0,555</b> |
| CC2 | <b>0,468</b> | CC4 | <b>0,544</b> | CC6 | <b>0,521</b> | CC8 | <b>0,547</b> |

Après l'exécution d'Excel, les pourcentages des demandes sont comme suit :

|                         |            |       |
|-------------------------|------------|-------|
| <b>Maghnia</b>          | <b>CC1</b> | 0,131 |
| <b>Hennaya</b>          | <b>CC2</b> | 0,112 |
| <b>Ghriss</b>           | <b>CC3</b> | 0,124 |
| <b>Sig</b>              | <b>CC4</b> | 0,130 |
| <b>Hamam Bou Hadjar</b> | <b>CC5</b> | 0,116 |
| <b>El Malah</b>         | <b>CC6</b> | 0,124 |
| <b>Sidi Ali</b>         | <b>CC7</b> | 0,132 |
| <b>Mostaganem</b>       | <b>CC8</b> | 0,131 |

Tableau II. 10: Les pourcentages des demandes de la betterave sucrière par zone d'agricole

### 3. Logiciel LINGO

#### A. Définition du logiciel LINGO :

LINGO est un outil complet conçu pour formuler rapidement, facilement et efficacement les problèmes d'optimisation de modèles linéaires, non linéaires, quadratiques, de cônes du second degré et stochastiques. LINGO met à votre disposition : un langage puissant et un environnement complet pour construire et éditer vos modèles, le tout complété d'un jeu de solveurs ultra-performants.



Figure II. 19: L'icône de Lingo

## Partie II : Étude Technique

### B. Modèle d'aide à la décision stratégique codé sur le Solver LINGO Pour choix de site :

Tels que :

| PLANTS | l'endroit considéré |
|--------|---------------------|
| P1     | Tlemcen             |
| P2     | Tiaret              |
| P3     | Sidi bel Abbès.     |
| P4     | Mostaganem          |
| P5     | Mascara             |
| P6     | Oran                |
| P7     | Ain Témouchent      |
| P8     | Relizane            |
| P9     | Saida               |

Tableau II. 11: la liste des sites candidats

| TERRE | l'endroit considéré |
|-------|---------------------|
| T1    | Maghnia             |
| T2    | Hennaya             |
| T3    | Ghriss              |
| T4    | Sig                 |
| T5    | Hammam Bou Hadjar   |
| T6    | El Malah            |
| T7    | Sidi Ali            |
| T8    | Mostaganem          |

Tableau II. 12: La liste des zones d'implantation de la betterave sucrière

|                 | Maghnia | Hennaya | Ghriss | Sig  | Hammam Bou Hadjar | El Malah | Sidi Ali | Mostaganem |
|-----------------|---------|---------|--------|------|-------------------|----------|----------|------------|
| Tlemcen         | 52,8    | 42,8    | 193    | 193  | 129               | 118      | 287      | 251        |
| Tiaret          | 372     | 332     | 167    | 205  | 289               | 310      | 231      | 236        |
| Sidi bel Abbès. | 166     | 126     | 107    | 136  | 102               | 121      | 230      | 194        |
| Mostaganem      | 311     | 271     | 129    | 95,5 | 178               | 171      | 19,7     | 27,4       |
| Mascara         | 237     | 196     | 21     | 45   | 133               | 153      | 133      | 90,1       |
| Oran            | 214     | 173     | 112    | 55,8 | 77,2              | 70,2     | 126      | 90,4       |
| Ain Témouchent  | 109     | 80,7    | 129    | 123  | 15,2              | 22,5     | 209      | 173        |
| Relizane        | 295     | 255     | 103    | 119  | 194               | 214      | 85       | 88,8       |
| Saida           | 228     | 188     | 77,7   | 131  | 152               | 170      | 213      | 185        |

## Partie II : Étude Technique

Tableau II. 13 : la distance entre les fournisseurs et les sites candidats (distance 1) (maps, 2018)

|                | Tlemcen | Tiaret | Sidi bel Abbas. | Mostaganem | Mascara | Oran | Ain Témouchent | Relizane | Saïda |
|----------------|---------|--------|-----------------|------------|---------|------|----------------|----------|-------|
| Tlemcen        | 0       | 335    | 129             | 274        | 199     | 177  | 89,7           | 258      | 172   |
| Tiaret         | 335     | 0      | 218             | 228        | 162     | 315  | 288            | 156      | 156   |
| Sidi bel Abbas | 129     | 218    | 0               | 249        | 123     | 151  | 101            | 233      | 81,7  |
| Mostaganem     | 274     | 228    | 249             | 0          | 117     | 111  | 237            | 63,1     | 199   |
| Mascara        | 199     | 162    | 123             | 117        | 0       | 98   | 131            | 91,6     | 92,9  |
| Oran           | 177     | 315    | 151             | 111        | 98      | 0    | 91,3           | 159      | 180   |
| Ain temouchent | 89,7    | 288    | 101             | 237        | 131     | 91,3 | 0              | 220      | 151   |
| Relizain       | 258     | 156    | 233             | 63,1       | 91,6    | 159  | 220            | 0        | 179   |
| Saïda          | 172     | 156    | 81,7            | 199        | 92,9    | 180  | 151            | 179      | 0     |

Tableau II. 14: la distance entre les sites candidats et les clients de l'Oranie (distance 2) (maps, 2018)

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Tlemcen         | 13750 |
| Tiaret          | 3500  |
| Sidi bel Abbas. | 13000 |
| Mostaganem      | 14500 |
| Mascara         | 13550 |
| Oran            | 18000 |
| Ain Témouchent  | 11000 |
| Relizane        | 14000 |
| Saïda           | 5649  |

Tableau II. 15: les couts fixes des sites candidats en dinar algérien (TleAl)

|                |         |
|----------------|---------|
| Tlemcen        | 0.02989 |
| Tiaret         | 0.02667 |
| Sidi bel Abbas | 0.01905 |
| Mostaganem     | 0.02353 |
| Mascara        | 0.02469 |
| Oran           | 0.04991 |
| Ain temouchent | 0.01211 |
| Relizain       | 0.02309 |
| Saïda          | 0.01041 |
| Demande totale | 0.21935 |

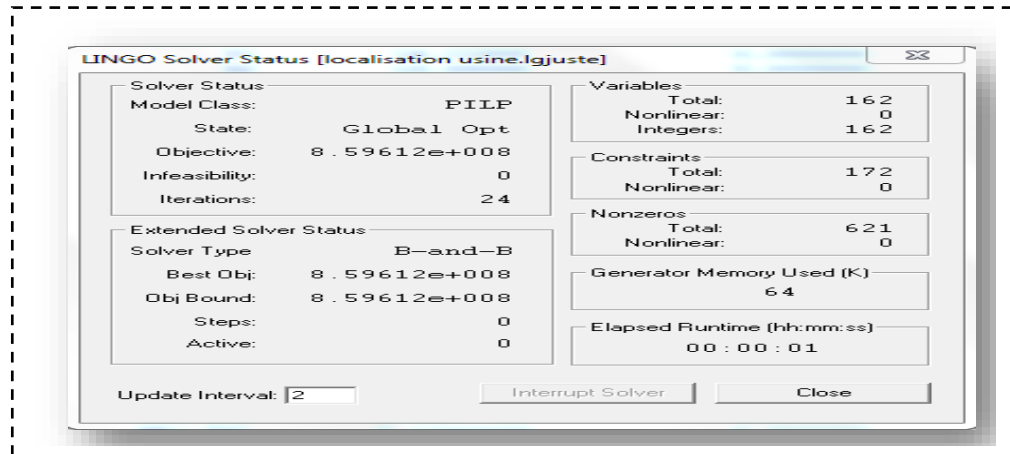
Tableau II. 16 : les demandes de sucre par wilaya exprimé en million de tonne calculé à base des nombres d'habitants par wilaya (millions d'habitants) (Démographie, 2018) et la demande totale de sucre de l'Oranie ( Le marché du sucre en Algérie, 2017)

## Partie II : Étude Technique

Concernant les couts de transport des camions : pour un transport de 150 km le 6 tonnes vaut 14500 da et pour le 10 tonnes il vaut 20000 da ce qui donne :

- Le cout de transport unitaire entre les fermes et site candidat : **16.11 da /km/tonne.**
- Le cout de transport unitaire entre le site candidat et les clients : **13.33 da/km/tonne.**

Les résultats obtenus par ce logiciel :



La fonction objective : 0.8596119E+09

| La variable | Leur valeur |
|-------------|-------------|
| X (P1)      | 0           |
| X (P2)      | 0           |
| X (P3)      | 0           |
| X (P4)      | 0           |
| X (P5)      | 1           |
| X (P6)      | 0           |
| X (P7)      | 0           |
| X (P8)      | 0           |
| X (9)       | 0           |

Tableau II. 17sine selon Lingo

On remarque que notre usine sera affectée dans la zone de **Mascara (P5)**.

### II.10. Etude tactique du plan production

Vue que la culture de betterave n'a pas encours été exploiter et transformer en Algérie sachant que cette aliment exige des conditions particulière pour sa cultive et sa récolte elle a des contraintes particulière sur le sol elle est implanter tous les 2 ans dans le même terrain , le temps nécessaire vue son implantation et sa récolte ne peut pas dépasser les 8 mois pour conserver un taux élever de sucre car au de là de cette période la betterave risque d'avoir une

## Partie II : Étude Technique

détérioration sur sa composition sucrière même elle est toujours implémenté , cette aliment exige aussi une irrigation irrégulière .sa récolte doit être faite a une température et un climat bien déterminer pour les pays de la méditerranéen la période la plus adéquate pour sa récolte est programmé le mois de juin juillet tels que sa été éabler par nos voisin les marocain qui exploite depuis une décennie.

**Phase 1 : La récolte de la betterave sucrière et son organisation :** L'opération de la récolte nécessite une organisation rationnelle des chantiers, plusieurs opérations : Effeuillage, décolletage, arrachage, ramassage, transport. Tout la partie récolte est organiser et gérer par notre sucrerie avec une planification, organisation qui peut pratiquement se passer à l'agriculture.

Notre objectif de cette phase c'est déterminer le seuil de démarrage (l'ordre de fabrication) de notre usine de la transformation de la betterave sucrière tous en évitant l'arrêt de production dans l'usine et éliminer le surplus de stockage de la betterave sucrière au bous d'usine pendant une long durée pour minimiser les risques de pertes de sucres des betteraves. Globalement notre but est de faire une bonne gestion de son planning de récolte plus la détermination de la technologie de l'arrachage.

### 1.1. Choix de technologies de la machine de la récolte (arracheuse) :

L'objectif d'une récolte est d'avoir une production maximale, avec une qualité technologique d'arrachage élevée tout en limitant les pertes de stockage et la tare terre. Quand nous dit la récolte des betteraves, automatiquement nous parlons du système d'arrachage des betteraves, ce dernier est similaire sur toutes les machines, la différence se situe dans la conception et dans le déroulé des chantiers d'arrachage.

C'est pourquoi nous devons d'abord connaître le processus d'arrachage des betteraves en plus des différents types de machines existent sur le marché agricole.

#### ❖ **Le processus d'arrachage des betteraves :**(PIERRE-OLIVIER, 2017)

- **Etape 1 :** L'effeuillage. Cela consiste à broyer les feuilles et à scalper la tête des betteraves.
- **Etape 2 :** L'arrachage (& le nettoyage). Les betteraves sont arrachées en les extirpant du sol, nettoyées pour limiter la quantité de terre dessus puis elles sont disposées en andains.
- **Etape 3 :** Le ramassage & le stockage. Les betteraves sont ensuite ramassées pour être acheminées au bout du champ où elles seront ensuite récupérées par les sucreries.

#### ❖ **Les différents types des chantiers :**( Une récolte difficile, 2012)

Il existe différents types d'arracheuses à betterave suivant la manière de procéder :



## Partie II : Étude Technique

### A. Arracheuse et chargeuse

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Les photos des machines</b>              | <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Figure II. 21: Chargeuse Franquet</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Figure II. 20: Arracheuse Gilles</div> </div> |
| <b>Caractéristiques principales</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible coût d'exploitation.</li> <li>-Dissociation entre les opérations d'arrachage et de chargement /débardage.</li> <li>-Circuit de nettoyage moins performant que sur les automoteurs récents.</li> <li>-Utilisation de bennes de débardage.</li> <li>-Trémie d'attente limitée.</li> <li>-Main d'œuvre.</li> </ul>                                                                                                                                                                                             |
| <b>Conseils pour une récolte de qualité</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser le chantier sur une surface raisonnable &lt; 70 ha.</li> <li>- Aménager le fond de silo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>A éviter</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Plan de charge trop élevé.</li> <li>- Recharger les betteraves après une pluie.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

### B. Arracheuse et débardeuse :

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Les photos des machines</b>              |  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 10px;">Figure II. 22 : Débardeuse Gilles</div>                                 |
| <b>Caractéristiques principales</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dissociation entre les opérations d'arrachage et de chargement/débardage.</li> <li>-Main d'œuvre limité à deux personnes.</li> <li>-Ramasseuse-débardeuse avec pneus larges.</li> <li>-Silos hauts.</li> </ul> |
| <b>Conseils pour une récolte de qualité</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Profitez de la souplesse du chantier (vitesse d'arrachage, ressuyage des betteraves en andains).</li> </ul>                                                                                                   |
| <b>A éviter</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de charge trop élevé.</li> </ul>                                                                                                                                                                         |

## Partie II : Étude Technique

|  |                                            |
|--|--------------------------------------------|
|  | -Recharger les betteraves après une pluie. |
|--|--------------------------------------------|

### C. Arracheuse-chargeuse :

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Les photos des machines              |  <p>Figure II. 23: Grimme Rootster</p>                                                                                                                          |
| Caractéristiques principales         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Coût d'exploitation limité.</li> <li>-Circuit de nettoyage moins performant que sur les automoteurs récents.</li> <li>-Utilisation de bennes de débardage.</li> <li>-Trémie d'attente limitée.</li> </ul> |
| Conseils pour une récolte de qualité | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Utiliser le chantier sur une surface raisonnable &lt; 100 ha.</li> <li>-Aménager le fond de silo.</li> <li>-Penser à l'équipement en pneumatiques.</li> </ul>                                             |
| A éviter                             | - Plan de charge trop élevé.                                                                                                                                                                                                                      |

### D. Automotrices :

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Les photos des machines              |  <p>Figure II. 24 : Moreau Lexxis</p>                                                                                                                                                                                     |
| Caractéristiques principales         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Utilisation de bennes de débardage.</li> <li>-Trémie d'attente de faible capacité.</li> </ul>                                                                                                                                                                         |
| Conseils pour une récolte de qualité | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Utiliser le chantier sur une surface raisonnable 200 à 250 ha en conditions moyennes. Variation de 100 à 300 ha maximum suivant le type de terre et l'âge de la machine.</li> <li>-Aménager les fonds de silo.</li> <li>-Pensez à l'équipement des bennes.</li> </ul> |
| A éviter                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Plan de charge trop élevé.</li> <li>-Fonds de silos dégradés</li> </ul>                                                                                                                                                                                               |

## Partie II : Étude Technique

### E. Intégrales

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Caractéristiques principales</b>         | <p>-Matériel coûteux, mais possible d'avoir un chantier avec une seule personne.</p> <p>-Pas de roue qui passe entre les rangs non récoltés.</p> <p>-Trémie plus grande facilitant les détourages, ouvertures et pointes et surtout permettant à la machine de fonctionner seule (c'est le sens du terme « intégrale »).</p> <p>-Compte tenu du coût d'un tel matériel, le travail en plusieurs postes est quasiment inévitable. Fiabilité du matériel et organisation du travail sont primordiaux.</p> |
| <b>Conseils pour une récolte de qualité</b> | <p>-Fonds de silos mieux respectés si la machine fonctionne seule (vidange latérale).</p> <p>-Si matériel de débardage inévitable : Utiliser des plate-formes aménagées.</p> <p>-Utiliser une machine avec une trémie en rapport avec la longueur des parcelles (minimiser le nombre de cas où une plusieurs bennes sont adjointes au chantier). Trémie 12 à 30 T.</p>                                                                                                                                  |
| <b>A éviter</b>                             | <p>-Compte tenu du coût, plan de charge qui l'oblige à travailler en mauvaises conditions.</p> <p>-Mauvaises conditions = résultats moins mauvais que les autres chantiers mais moins bons que les autres quand il fait beau.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Dans l'intégrale on a trois types des technologies :

- **Intégrales de petites capacités**



Figure II. 26Kleine Beetliner Compact (Groupe Grimme)



Figure II. 25Agrifac Quattro (Groupe Excel Industries)

- **Intégrales de moyennes capacités :**



Figure II. 27Holmer Terra Dos T3



Figure II. 28Moreau Xérris (Groupe Excel Industries)

- **Intégrales de grandes capacités :**

## Partie II : Étude Technique



Figure II. 30Holmer T4



Figure II. 29Ropa Euro-Tiger

**1.1.1. Choix de méthode :** D'après notre étude sur la culture de la betterave sucrière, nous avons identifié les facteurs suivants qui représentent les critères utilisés dans les outils de MCDM :

- Prix d'achat **(C1)**
- Durée d'amortissement **(C2)**
- Rendement **(C3)**
- Consommation **(C4)**
- Frais d'entretien **(C5)**
- La surface raisonnable du chantier pour une récolte de qualité **(C6)**

Nous avons choisi la matrice de décision comme un outil de prise de décision multicritère pour déterminer la meilleure alternative.

### ✓ **Outil de prise de décision (matrice de décision) « mohamed »**

Pour faire des choix pertinents entre différentes machines et technologies de transformation de la betterave sucrière à un produit final qui est le sucre plus les co-produits comme la pulpe, nous allons vous choisir un outil simple et connue et efficace et le plus utilisée dans la littérature dans le but d'hierarchiser et choisir vers quelle technologie se tourner. Il s'agit de la matrice de décision.

Nous devons sélectionner une marque, mais nous avons du mal à départager les candidats. Cette situation est classique lorsque de nombreux paramètres entrent en ligne de compte dans la décision finale.

- Allons-nous opter pour le moins cher ?
- Celui qui est capable de s'engager sur le respect des délais de livraison ?
- La société la plus solide financièrement ?...

Pas facile d'appréhender tous ces critères de choix. C'est là qu'intervient la matrice de décision. Elle facilite la sélection en rationalisant et synthétisant le poids de chaque facteur pour évaluer les alternatives possibles.

La matrice de décision ne s'agit pas de rechercher un optimum, mais une solution de compromis qui peut prendre diverses formes : choix, affectation ou classement.

## Partie II : Étude Technique

Elle est un outil très adapté aux décisions collectives avec des points de vue divergents. La sélection de la solution est le résultat d'une comparaison rationnelle entre des options et des critères. Pour bien utiliser cet outil, les interprétations doivent être évitées car puisque la négociation s'effectue au niveau de la pondération des critères et non au niveau de l'analyse des solutions.

Dans le cadre d'une résolution de problème, cet outil entre en action une fois l'état de la situation réalisé, l'analyse menée et l'éventail des solutions pour répondre à la problématique, identifié (DJAFER Mohamed, 2017).

**A. Mise en pratique de l'outil :** La matrice de décision repose sur l'évaluation de chaque option positionnée en ligne dans un tableau, à partir de critères prédéfinis placés en colonne et pondérés selon leur importance dans le choix final.

### B. Voyons les différentes étapes

➤ **Étape 1 : Lister les éléments et les critères à comparer :** D'après notre étude sur les machines de la récolte de la betterave sucrière (arracheuse) le plus utilisable nous avons choisi de faire notre étude sur ces 5 arracheuses suivantes :

| Les éléments (alternative) | Nom                                  | Type                                                |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Alternative 1              | HOLMER LECTRA V3                     | AUTOMOTRICE                                         |
| Alternative 2              | HOLMER TERRA DOS T3                  | INTÉGRALE                                           |
| Alternative 3              | CHANTIER DECOMPOSE (GILLES + SOPÉMA) | ARRACHEUSE-ALIGNEUSE<br>AD49-DÉBARDEUSE<br>RB640-DL |
| Alternative 4              | GRIMME ROOSTER 604                   | ARRACHEUSE-CHARGEUSE                                |
| Alternative 5              | ROPA EURO-TIGER 6 RANGS              | INTÉGRALE                                           |

| Les critères | Signification                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------|
| C1           | Prix d'achat (€)                                               |
| C2           | Durée d'amortissement (an)                                     |
| C3           | Rendement (hectare/heure)                                      |
| C4           | Consommation (l/ha)                                            |
| C5           | Frais d'entretien (€/ha)                                       |
| C6           | La surface raisonnable du chantier pour une récolte de qualité |

## Partie II : Étude Technique

### ➤ Étape2 : Remplir la matrice de décision

| Les Machines                                        | C1                         | C2 | C3        | C4 | C5 | C6                                                                     |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|----|-----------|----|----|------------------------------------------------------------------------|
| HOLMER LECTRA V3                                    | 250 000                    | 10 | 1         | 40 | 22 | 200 à 250 ha en conditions moyennes. Variation de 100 à 300 ha maximum |
| HOLMER TERRA DOS T3                                 | 450 000                    | 10 | 1,2       | 35 | 32 | 550 à 700 ha                                                           |
| CHANTIER DECOMPOSE (GILLES + SOPÉMA)                | 60 000 + 120 000 (180 000) | 12 | 1         | 30 | 18 | 300à 500 ha                                                            |
| GRIMME ROOSTER 604                                  | 150 000                    | 12 | 0,9       | 45 | 18 | 100 ha                                                                 |
| ROPA EURO-TIGER 6 RANGS(La plus puissance au monde) | 245 000                    | 10 | 0,8 à 1,5 | 45 | 23 | 1 000 ha                                                               |

- **Étape 3 : Affecter un poids à chacun des critères (coefficient) :** Évaluation pondérer pour chaque critères Notez les options au regard de chaque critère (généralement de 0 à 5). Calculons la note pondérée puis faites le total en ligne. Nous obtenons l'évaluation globale de chaque option.

| Critère                        | Le poids |
|--------------------------------|----------|
| Prix d'achat                   | 1        |
| Durée d'amortissement          | 3        |
| Rendement                      | 1        |
| Consommation                   | 4        |
| Frais d'entretien              | 5        |
| La surface du chantier récolté | 2        |

### ➤ Étape 4:Effectuer un vote pour chaque élément :

Définir une note minimale et une note maximale puis NOTER, exemple : point (=mauvais), 2 points (=moyen), 3 points (=bon), ou 4 points (Excellent).

| Les Machines                                        | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|-----------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| HOLMER LECTRA V3                                    | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  |
| HOLMER TERRA DOS T3                                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 3  |
| CHANTIER DECOMPOSE (GILLES + SOPÉMA)                | 1  | 3  | 2  | 3  | 4  | 2  |
| GRIMME ROOSTER 604                                  | 4  | 3  | 2  | 2  | 4  | 1  |
| ROPA EURO-TIGER 6 RANGS(La plus puissance au monde) | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 4  |

### ➤ Étape 4: Multiplier chaque résultat du vote par le poids du critère

## Partie II : Étude Technique

### ➤ Étape 5 : Additionner les éléments de chaque colonne

| Critère                                             | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total                                    |
|-----------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|------------------------------------------|
| Poids                                               | 1  | 3  | 1  | 4  | 5  | 2  |                                          |
| HOLMER LECTRA V3                                    | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | $(3*1)+(3*2)+(1*2)+(4*3)+(5*3)+(2*2)=42$ |
| HOLMER TERRA DOS T3                                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 3  | 39                                       |
| CHANTIER DECOMPOSE (GILLES + SOPÉMA)                | 1  | 3  | 2  | 3  | 4  | 2  | 48                                       |
| GRIMME ROOSTER 604                                  | 4  | 3  | 2  | 2  | 4  | 1  | 45                                       |
| ROPA EURO-TIGER 6 RANGS(La plus puissance au monde) | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 4  | 43                                       |

### ➤ Étape 6 : choisir la solution qui obtient le total le plus élevé

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le score le plus élevé : **CHANTIER DECOMPOSE (GILLES + SOPÉMA)** avec un prix de **20959789,48 DZD**

### ❖ Description des matérielles pour l'arrachage de la betterave sucrière :

Sur le tracteur on trouve une effeuilleuse TR16T à haut rendement avec centrale hydraulique, vitesse d'éparpilleur réglable depuis la cabine, vitesse d'aspiration des feuilles 1270t/min et évacuation des feuilles par tapis.

L'arracheuse AD49 est équipée de grands disques. Une autre alternative est le bâti à socs animés. Les patins sont réglables pour assurer une bonne extraction des racines. Les vitesses de rotation des turbines sont réglables. Les boîtiers de vitesses sont renforcés et munis de roulements coniques.

La position de l'andain est modulable.

La RB640-DL est une nouvelle génération de débardeuse. Grâce au déchargement latéral elle peut déverser les betteraves dans les bennes tout en roulant, constituer des silos aux dimensions requises par les déterreurs à table d'avalage. La trémie a une capacité de 36m<sup>3</sup> avec fond mouvant. Un ramasseur turbo clean assure le chargement de l'andain. La débardeuse est équipée d'un moteur Mercedes de 460CV, de pompes Sauer et de moteurs hydrauliques Poclain. Les pneumatiques avant sont des 710/65 R26 et les arrières des 750/65 R26 et 1050/65 R26.

| Arracheuse         |                           | Débardeuse (640 DL)                             |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|
| Effeuilleuse TR16T | mono rotor avec scalpeurs | Ramassage turbo clean + 4 turbines de nettoyage |



## Partie II : Étude Technique

|                        |                                                    |                                                                                       |
|------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Arracheuse AD49</b> | Arrachage par grands disques (possibilité de socs) | Trémie de 36 m3                                                                       |
|                        | Reprise et nettoyage par 3 turbines                | Déchargement latéral                                                                  |
|                        | Puis mise en andains des betteraves                | à 2 ou 3 essieux avec des capacités de trémie allant de 16 a 25 tonnes de betteraves. |

Tableau II. 18 Les caractéristiques d'arracheuse et de débardeuse



Figure II. 32 Arracheuse e



Figure II. 31 Débardeuse

**1.2. Détermination des nombres des arracheuses :** Notre arracheuse est une arracheuse qui permet d'arracher une surface de 300 à 500 hectares et est reposée pour une récolte de qualité. En outre, nous avons 8 zones agricoles, pour déterminer les nombres des arracheuses nécessaires nous avons besoin de quelques informations tels que :

| La sucrerie                                                                                   | La machine d'arrachage                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Combien de jours de production ?                                                              | Quelle est le rendement de l'arracheuse par heure? |
| Quelle est la quantité de betterave traitée par la sucrerie? par saison, par jours, par heure | Quelle est le rendement de l'arracheuse par jours? |
| Quelle est la demande pour la betterave sucrière par la sucrerie ?                            |                                                    |

Tableau II. 19: les différentes questions posées sur la sucrerie et le rendement des arracheuses

### 1.2.1. La sucrerie :

**A. Les nombres des jours de production :** L'importance des investissements et du volume de matières premières transformées font de **l'industrie sucrière une industrie lourde**. Le rythme de production est saisonnier, il est lié à la culture de la betterave qui est semée entre Octobre, Novembre. La récolte mécanisée commence en Juin ou juillet. Les betteraves peuvent être transformées dans les 48 heures suivant leur récolte ou être entreposées (surplus) pendant une période de 70 à 160 jours, dépendant de la température. Donc l'entreposage des betteraves dépend du pays (conditions climatiques) et de sa production. La sucrerie de betterave travaille pendant les trois ou quatre de l'année et les betteraves doivent être transformées sans délai, au risque de voir se dégrader le sucre qui y est contenu (200 à 400 g de sucre/tonne de betterave par jours pendant leur entreposage à cause



## Partie II : Étude Technique

de leur respiration). Les usines tournent 24h sur 24 et 7 jours sur 7. Ce qui ne veut pas dire que pendant les neuf autres mois de l'année, l'activité de l'usine s'arrête. L'activité des usines se poursuit en dehors de la période de "campagne" soit par la production de sirop et/ou d'alcool destinés à l'industrie et par des opérations de maintenance sur le matériel qui ne peuvent être réalisées pendant la "campagne".

**B. La quantité de betterave traitée par la sucrerie :** Nous avons dit déjà que la demande annuelle de l'Oranie est : **0.21935 Million de tonnes du Sucre**. Ce chiffre est équivalent à **220000 tonne du Sucre (à raison de taux de d'équivalence près de 10 %)**

Nous savons que:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ tonne} & \longrightarrow & 1000 \text{ kilogrammes} \\ 220000 \text{ tonne} & \longrightarrow & X \end{array}$$

Ce qui donne :

➤ **X=220000 000 Kg du sucre**

Pour répondre au besoin du marché d'Oranie le long de toute l'année, la quantité de betterave sucrière X à produire par notre usine sera :

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ tonne de betterave} & \longrightarrow & 100 \text{ kg du Sucre} \\ X & \longrightarrow & 220000 \text{ 000 Kg du sucre} \end{array}$$

➤ **X=220000 000/100= 2200000 tonne de betterave/Saison**

Pour estimer l'équivalent de la demande annuelle X en terme de la capacité journalière de notre usine qui est Y, on doit se faire des normes métriques. Mondialement, la capacité journalière de la transformation de la betterave sucrière des sucreries est située entre 5000 à 20 000 tonnes/jour (à la raison du rendement des machines existant dans le marché).

Pour cela plusieurs scénarios seront proposés à base des nombres des jours ouvrables du premier processus de transformation de la betterave en sirop:

✓ **Scénario de 2 mois d'arrachage:**

$$Y1 = 2200000 \text{ tonne de betterave} / 60 \text{ jours} = \mathbf{37\ 000 \text{ tonnes/jour}}$$

✓ **Scénario de mois 3 d'arrachage:**

$$Y2 = 2200000 \text{ tonne de betterave} / 90 \text{ jours} = \mathbf{24\ 500 \text{ tonnes/jour}}$$

✓ **Scénario de 4 mois d'arrachage:**

$$Y3 = 2200000 \text{ tonne de betterave} / 120 \text{ jours} = \mathbf{18\ 400 \text{ tonnes/jour}}$$

## Partie II : Étude Technique

Tant que  $Y1$  et  $Y2 > 20\,000$  (le seuil de la capacité journalière des sucreries mondiales) → Refusés puisque des investissements plus lourds seront exigés.

De ce faite, notre choix sera porté sur →  $Y3 < 20\,000$  ( Accepté )

**Au total la capacité journalière est  $Y3= 18\,400$  tonnes par jour.**

De même le passage du niveau stratégique vers l'opérationnel journalier, nous mène au calcul de la quantité de betterave sucrière  $Z$  à produire par notre usine par heurs où:

$$Z=18\,400/24 =767 \text{ tonne /heure}$$

### C.La demande pour la betterave sucrière par la sucrerie :

Par la suite à raison d'un rendement de 100 kg de sucre équivalent 1 tonne de betterave, l'équivalent de la récolte de betterave par les huit zones de la culture dispersées sur l'ouest de l'Algérie. Les valeurs de la demande en tonne de betterave sont groupées sur le tableau suivant :

| Zone d'agricole   | Demande        |
|-------------------|----------------|
| Maghnia           | 288895,252     |
| Hennaya           | 245565,545     |
| Ghriss            | 273592,215     |
| Sig               | 285591,22      |
| Hammam Bou Hadjar | 254698,602     |
| El Malah          | 273316,049     |
| Sidi Ali          | 291178,743     |
| Mostaganem        | 287162,374     |
| <b>Somme</b>      | <b>2200000</b> |

Tableau II. 20: Les quantités des betteraves sucrières fournies par les zones d'implantation de la betterave sucrière

#### 1.2.2. La machine d'arrachage :

Idem, si au moyen l'arracheuse un rendement près de **1 hectare / heure**, la question est combien ont en a besoin de ces machines à raison de **24 hectare/ jour** ? Mais aussi il faut tenir compte du rendement de la terre cultivé en termes de tonnes de betterave par hectare.

## Partie II : Étude Technique

Pour soulever cette complexe équation, nous avons fait une comparaison notre pays voisin avoir le Maroc. Selon la publication de (haddou, 2017), la production sucrière du Maroc réalise un record pour la troisième année consécutive 2015/16/17. Dans son édition du mercredi le 14 juin 2017, l'Économiste avance que la barre des 14 tonnes de sucre à l'hectare sera franchie à l'année 2017 équivalent à un rendement moyen de 85 tonnes de betterave à l'hectare, contre à 70 tonnes de betteraves par hectare durant les années précédentes. Comme l'expérience culture de betterave sucrière peut être acquise en Algérie, nous prenons le rendement de 80 tonne/hectare. De ce faite, le rendement journalier d'une arracheuse est:

- $80 \text{ tonne/hectare} \times 1 \text{ hectare} / \text{heure} = \mathbf{80 \text{ tonne/heure}}$
- $80 \text{ tonne/heure} \times 24 \text{ heure} = \mathbf{1920 \text{ tonne /jour}}$

**1.2.3. Les nombres des arracheuses :** Pour calculer le nombre d'arracheuses nécessaires pour une récolte de qualité, les données 18400 tonnes/ jours et 1920 tonnes par jours, nous conduit à un nombre de 10 arracheuse.

### A. Première méthode :

$Nm = 18\,400 \text{ tonne par jour} / 1920 \text{ tonne par jour}$

Ce qui donne :

➤  **$Nm = 10$  arracheuses de même type**

### B. Deuxième méthode :

$Nm = 767 \text{ tonne par heure} / 80 \text{ tonne de betterave par heure}$

Le résultat sera :

➤  **$Nm = 10$  arracheuses de même type**

## 1.3.Détermination de seuil de démarrage de l'usine :

Afin de résoudre le problème qui est caractérisé par le désarroi entre le temps de démarrage de la récolte de la betterave sucrière et le temps de lancement du processus de la transformation, par rapport au déplacement des machines d'arrachage, nous avons considéré cet ennui comme un problème de voyageur du commerce (Traveling Salesman Problem TSP).

### 1.3.1. Le problème du voyageur de commerce :

**A. Description du problème du voyageur de commerce :** Le problème du voyageur de commerce mieux connu sous le nom de « Travelling Salesman Problem TSP » C'est un problème classique de la recherche opérationnelle, il a été posé pour la première fois en 1934 par HASSLEY WHITNEY lors d'une conférence à l'université de Princeton (FLOOD, 1956). Il consiste à trouver la plus courte tournée qui visite toutes les villes une seule fois et de revenir au point de départ. Les distances entre les villes sont connues. Il faut trouver le chemin qui minimise la distance parcourue.

## Partie II : Étude Technique

La notion de distance peut être remplacée par d'autres notions comme le temps qu'il met ou l'argent qu'il dépense.

On peut trouver le problème du voyageur de commerce dans des nombreuses situations par exemple dans les problèmes de logistique, dans les problèmes d'ordonnancement, et plus largement toutes sortes de problèmes de transport aussi bien de marchandises que de personnes.

Le problème du voyageur de commerce est l'un des problèmes les plus connus dans le domaine de l'optimisation combinatoire car en plus de sa simplicité il est typiquement NP-complet.

Ce problème est appliqué lorsqu'on a plusieurs points de vente desservis par un entrepôt et par le même véhicule telle que est donné par la figure 1.9. La difficulté de ce problème est de trouver l'ordre dans lequel chacun des clients sera visité, en minimisant un certain nombre de critère (temps ou coût du parcours, ou bien longueur totale parcourue...) (SMAILI YAMINA.2012).

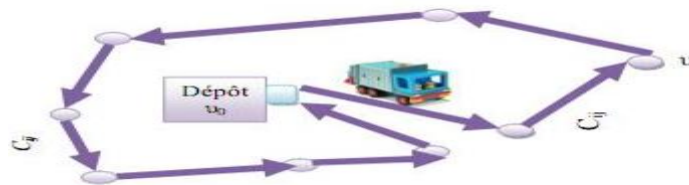


Figure II. 33 Présentation graphique du problème de voyageur de commerce TSP

**B.Modélisation mathématique du problème :** Dans notre cas La résolution du problème de voyageur de commerce consiste à minimiser la distance totale parcourue par le véhicule. En d'autres termes minimisés les heures de déplacement des arracheuses (Temps maximal de tournée du véhicule) d'un point à une autre.

➤ **Les indices**

**i** : l'indice de la zone agricole (1..8)

**j** : l'indice de la zone agricole (1..8)

➤ **Les Paramètres :**

**U (i)** : le numéro de la séquence des zones ;

**N** : nombre de sommets ;

**Temps<sub>ij</sub>** : temps nécessaire au véhicule (arracheuse) pour voyager du sommet i au sommet j. Pour obtenir le séquençement dans les zones d'élevage, nous avons utilisé les informations de géométrie (longitude) et nous obtenu l'arrangement suivant représenté dans la figure:

## Partie II : Étude Technique

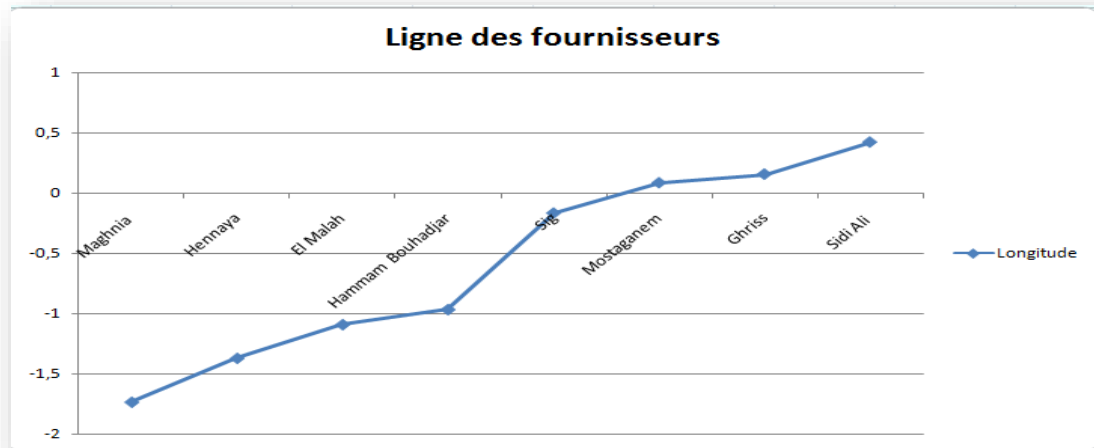


Figure II. 34 la ligne des fournisseurs

Pour plus de détail, le tableau suivant représente le temps nécessaire au véhicule pour voyager de la zone i à la zone j exprimé en heure :

|                               | T1   | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   | T7   | T8   |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Maghnia (T1)</b>           | 0    | 0.78 | 1.66 | 1.9  | 2.38 | 3.3  | 3.2  | 3.85 |
| <b>Hennaya (T2)</b>           | 0.78 | 0    | 1.05 | 1.28 | 1.72 | 2.65 | 2.52 | 3.18 |
| <b>El Malah (T3)</b>          | 1.66 | 1.05 | 0    | 0.37 | 1.62 | 2.15 | 2.62 | 2.72 |
| <b>Hammam Bou Hadjar (T4)</b> | 1.9  | 1.28 | 0.37 | 0    | 1.62 | 2.27 | 2.4  | 2.83 |
| <b>Sig(T5)</b>                | 2.38 | 1.72 | 1.62 | 1.62 | 0    | 1.45 | 1.2  | 1.98 |
| <b>Mostaganem (T6)</b>        | 3.3  | 2.65 | 2.15 | 2.27 | 1.45 | 0    | 2.3  | 0.8  |
| <b>Ghriss (T7)</b>            | 3.2  | 2.52 | 2.62 | 2.4  | 1.2  | 2.3  | 0    | 2.81 |
| <b>Sidi Ali (T8)</b>          | 3.85 | 3.18 | 2.72 | 2.83 | 1.98 | 0.8  | 2.81 | 0    |

Tableau II. 21: Le temps nécessaire pour qu'une véhicule voyage d'une zone d'implantation de la betterave sucrière à l'autre

### ➤ Variables de décision :

$X_{ij}$

### ➤ La fonction objectif :

Minimiser  $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\text{Temps } ij) * 3 * X_{ij}$

### ➤ Les contraintes de problème :

## Partie II : Étude Technique

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \dots (II.1)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \dots (II.2)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \dots (II.3)$$

$$U(1)=1 \quad \dots (II.4)$$

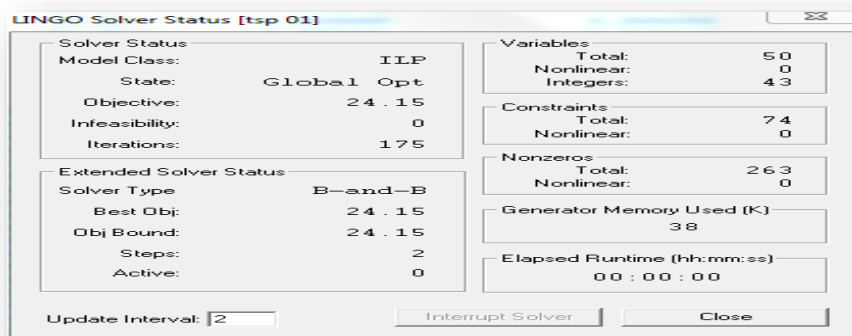
$$U_i - U_j + N * x_{ij} \leq N-1, \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \dots (II.5)$$

$$X(8, j) = 0, \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \dots (II.6)$$

$$X(i, 1) = 0 \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \dots (II.7)$$

- L'équation (1) : un seul point i doit être visité avant j.
  - L'équation (2) : un seul point j doit être visité après i.
  - Les équations (1) et (2) : assurent que le véhicule n'entre et ne sorte qu'une seule fois par le sommet.
  - L'équation (3) : assure que le variable est binaire
  - L'équation (4) : c'est Le choix d'un point de départ qui est Maghniya.
  - L'équation (5) : élimine tous les sub-tours possibles au sein d'un tour.
  - L'équation (6) : supprimer la continuité d'une tournée par un véhicule au niveau de le point de départ Sidi Ali (point 8) : le nœud 8 visité ne doit pas être quitté.
  - L'équation (7) : supprimer la continuité d'une tournée par un véhicule au niveau de le point d'arrivée Maghniya (point 1) : le nœud d'arrivé 1 ne doit pas être visité.
  - Les équations (6) et (7) se sont des contraintes qui sont assurées l'incontenuité d'un tour
- **Le modèle LINGO** : L'algorithme a été développé et implémenter sous le logiciel de programmation LINGO et les résultats obtenus sont représentés dans la figure.

**Résultat obtenue :**



| Les zones    | le numéro de la séquence des zones |
|--------------|------------------------------------|
| Maghnia U(1) | 1                                  |

## Partie II : Étude Technique

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Hennaya U (2)           | 2 |
| El Malah U (3)          | 3 |
| Hammam Bou Hadjar U (4) | 4 |
| Sig U (5)               | 6 |
| Mostaganem U (6)        | 7 |
| Ghriss U (7)            | 5 |
| Sidi Ali U (8)          | 8 |

Tableau II. 22: Le routage des arracheuses dans les zones d'implantation

| le voyage d'arracheuse entre les zones | Le sélection de la variable X (i,j) |
|----------------------------------------|-------------------------------------|
| X(1,2)                                 | 1                                   |
| X (2,3)                                | 1                                   |
| X(3,4)                                 | 1                                   |
| X(4,7)                                 | 1                                   |
| X(5,6)                                 | 1                                   |
| X(6,8)                                 | 1                                   |
| X(7,5)                                 | 1                                   |

Tableau II. 23 : Le routage des arracheuses dans les zones d'implantation exprimé par la variable X

Le résultat obtenu du routage des arracheuses ou bien le séquençement des zones d'agricultures est montré dans la figure suivante :





## Partie II : Étude Technique

de la production. Pour cela nous supposons un scénario de déplacement de 10 arracheuses dans les champs de culture de la betterave situés dans l'ouest de l'Algérie.

### 1.3.2. Calcule la date de lancement de l'usine sans stockage et sans maintenance des machines :

Afin de réduire le temps de déplacement des machines, nous avons noté qu'il est préférable de diviser notre gamme des machines de récolte en deux groupes. Chaque ensemble est composé de 5 arracheuses se déplaçant dans deux régions. Ainsi chaque région se compose de 4 zones d'agriculture. Les régions de culture sont présentées sur les tableaux ci-dessous :

**Premier région :** Maghnia, Hennaya, El Maleh, Hammam Bou Hadjar.

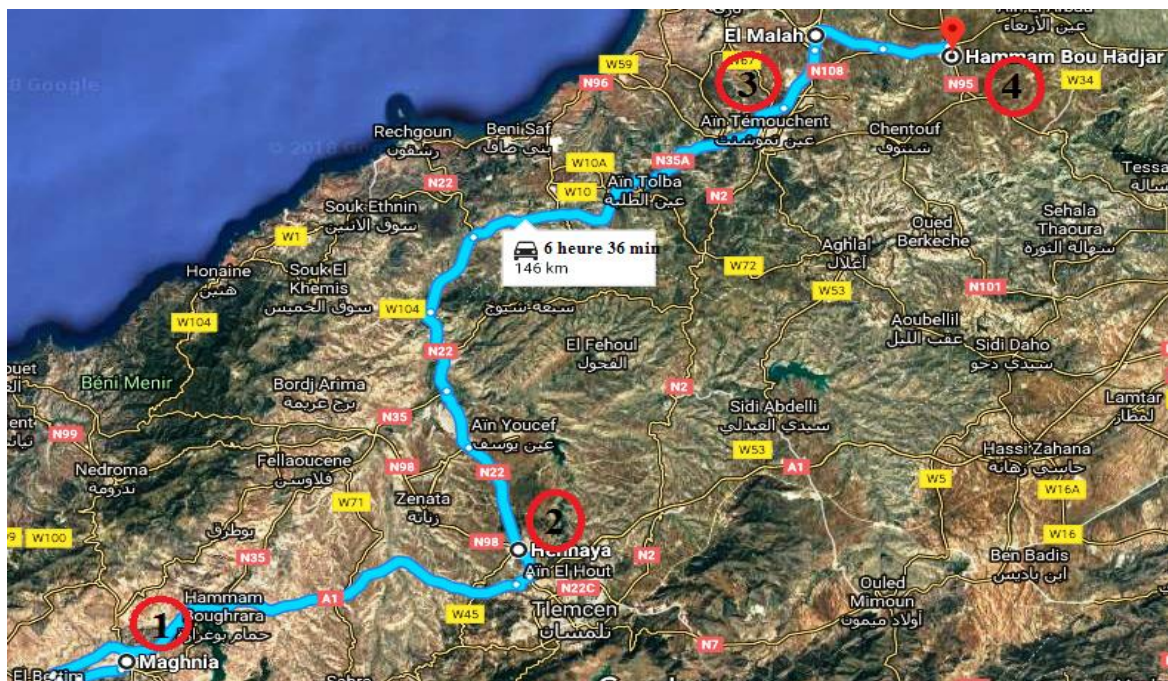


Figure II. 36 Le routage des arracheuses dans la première région

**Deuxième région:** Ghriss, Sig, Mostaganem, Sidi Ali.



## Partie II : Étude Technique



Figure II. 37 Le routage des arracheuses dans la deuxième région

Après le choix de tournées des arracheuses, la détermination du lancement du seuil de démarrage l'usine, dépend ce repère qui est la date de lancement de la récolte est le premier Juin à huit heures du matin (8 h00) :

### A. Premier région :

Le nombre d'heures nécessaires pour faire un écart (ND) dépend  

$$= \sum_{j=1}^4 \text{Temps de déplacement des arracheuses Entre les zones}$$

$$ND = (0.78 \times 3) + (1.05 \times 3) + (0.37 \times 3)$$

**ND= 6.6 heures.**

$$ND = 6.6 / 24 = \mathbf{0.275 \text{ jours.}}$$

Le nombre 3 signifié que la durée de déplacement d'une arracheuse prend trois fois la durée de déplacement des voitures.

En Conclusion la récolte commence dans la première zone à **6.6 heures** avant la date de lancement annuelle de l'usine.

Donc La date de lancement de la transformation de la betterave sucrière (DL) sera :

$$DL = 8 \text{ h00} + 6.6 \text{ heures}$$

**DL=15 h 00 de 1 juin.**

### B. Deuxième region:

$$ND = (1.2 \times 3) + (1.45 \times 3) + (0.8 \times 3)$$

**ND=10.35 heures**

$$ND = 10.35 / 24 = \mathbf{0.431 \text{ jours.}}$$

## Partie II : Étude Technique

En Conclusion la récolte commence dans la deuxième zone à **10.35 heures** avant la date de lancement annuelle de l'usine.

Donc La date de lancement de la transformation de la betterave sucrière (DL) sera :

**DL=8 h00+10.35 heures**

**DL=19 h00 de 1 juin.**

### 1.3.3. Calcule la date de lancement de l'usine avec la contrainte de la maintenance des machines et sans stockage :

En réalité les machines d'arrachage fonctionnent sans arrêt mais avec un temps de maintenance après un nombre d'heure de fonctionnement. Sachant les arracheuses font des actions de maintenance après chaque de 400 hectares d'arrachage, que devient la date de lancement de l'usine ? Pour information on a :

#### A. Les nombres des heures de travail des machines par saison de 4 mois est:

$120 \times 24 = 2880$  heures/ arracheuses.

#### B. Les nombres des heures de la maintenance des machines (Nm) par saison deviennent :

Comme c'est mentionné auparavant, le rendement de l'arracheuse est 1 hectare/heure d'où chaque machine a besoin de 400 heures pour terminer 400 hectares.

A base de ce rapport, et i nous supposons que les machines nécessitent 6 heures de maintenance alors :

Nm  $\longrightarrow$  2880 heures de travail

6 heures  $\longrightarrow$  400 heures

**Nm= (6\*2880)/400**

**Nm=43.2 heures**

**Nm=43.2/24=1.8 jours.**

De ce faite, les dates de lancement des machines avec considération de temps de déplacement des machines entre les champs de la récolte et le temps moyen de maintenance sont respectivement par région et par zones tel que:

#### B.1. Premier région :

La date de lancement de la transformation de la betterave sucrière (DL) sera :

**DL=8 h00 +6.6 heure+43.2 heures**

**DL=11 h00 de 3 juin.**

En Conclusion la récolte commence dans la première zone à **49, 8 heures** avant la date de lancement annuelle de l'usine.

## Partie II : Étude Technique

### B.2. Deuxième region:

La date de lancement de la transformation de la betterave sucrière (DL) sera :

**DL=8 h00+10.35 heures +43.2 heures**

**DL=15 h00 de 3 juin.**

En Conclusion la récolte commence dans la deuxième zone à **53.55 heures** avant la date de lancement annuelle de l'usine.

### 1.4. La détermination des nombres des camions nécessaires pour la récupération de la betterave sucrière plus les nombres des déterreurs :

**1.4.1. Etude de la phase du camion :** Après avoir organisée la phase de date de début des arracheuses, dans cette partie nous passons à définir le calendrier de fonctionnement des camions de transport de la ferme vers l'usine de fabrication de sucre sis Mascara. Pour raison de non-conformité de non route à supporter des poids lourds de 40 tonnes de traction, nous nous sommes limités à l'usage en premier temps des camions de charge permise de 6 tonnes. Comme premier scenario et sans stockage au niveau de la ferme ; étant que la betterave est une matière périssable (contrairement au blé par exemple), elle doit être transformée au plus vite pour préserver sa teneur en sucre et éviter sa dégradation.

### Spécificités du transport de betterave par rapport les autres matières premières :

Les hypothèses de fonctionnement transport sans les suivantes :

- ✓ notre usine fonctionne en continu, il convient que l'acheminement des betteraves depuis les champs vers les sucreries soit assuré de façon homogène et constante pour garantir un approvisionnement en adéquation avec la cadence du notre sucrerie.
- ✓ Le transport de la matière première est assuré à notre charge de l'entreprise, d'où un calendrier de sous-traitance avec un operateur de transport doit e faire dan cette phase de planification.
- ✓ Ceux-ci fait appel à des sociétés de transport locales, qui dédient de façon exclusive la flotte concernée à la campagne betteravière. Les transporteurs souscrivent un contrat pour la campagne et sont ainsi assurés de travailler pendant toute cette période.
- ✓ Le transport est continu sur 120 jours qui constituent la campagne sucrière : les livraisons ont lieu jours et nuits lorsque le centre de réception est ouvert.
- ✓ Nous avons dit qu'il est préférable de regrouper les zones d'implantation de la betterave à deux régions où chaque région compose de 4 zones d'agriculture. Ainsi à base de cette logique, nous avons calculé la quantité de la betterave livrée par chaque région :

**18400/2=9200 tonne de betterave/jour**

## Partie II : Étude Technique

✓ En utilisant le calcul de temps de voyage sur l'application de Google Earth, le temps parcouru de camions avec un temps additionnel de 20 min est estimé pour les deux zones. Le voyage de la première zone vers la sucrerie localisée est d'environ deux heures et 50 minutes, cependant, le voyage de la deuxième zone vers la sucrerie est de deux heures et 20 minutes.

✓ Pour information ce temps est estimé basé sur : le temps de chargement des betteraves dans un camion est 10 min et de même le temps de déchargement au niveau de la sucrerie sont égaux à 10 minutes.

D'après les hypothèses présentées, la question c'est combien, nous devons engager de camions par zone et par heure ?

### A. Pour la première région :

Il faut assurer le transport de :  $9200/24 = 383.33$  tonne de betterave/heure

Ce qui implique que le nombre des camions de charges de 6 tonnes par heures est de :

$$383.33/6 = 64 \text{ camions/heure}$$

D'où si le voyage dure deux heures et 50 minutes, alors à base de cette fréquence il faut :

$$64 + 64 + (64 \times 5/6) = 181 \text{ camions/deux heures et 50 min}$$

### B. Pour la deuxième région :

Sachant qu'il faut assurer une charge de matière première de l'ordre  $9200/24 = 383.33$  tonne de betterave/heure

Alors chaque heure à besoin de :

$$383.33/6 = 64 \text{ camions/heure}$$

Ainsi, si le voyage dure deux heures et 20 minutes, alors à base de cette fréquence il faut :

$$64 + 64 + (64 \times 2/6) = 149 \text{ camions/deux heures et 20 min.}$$

### 1.4.2. Etude de la phase du déterrage :

La dernière étape pour assurer le transport est le chargement. En pratique il existe deux types de déterreur à savoir :

- ✓ Déterreur type avaleur où une table d'avaloir qui prend les betteraves en premier temps, puis grâce des rouleaux en arrières, ces derniers vont les nettoyer avant les charger dans les camions
- ✓ la deuxième type c'est le déterreur à trémie où grâce à une grue le chargement de la betterave est fait à travers une trémie incluse. Après un nettoyage, le chargement est expédié vers le camion.

Mais pour quoi le déterrage ?

Il va permettre d'enlever environ 50 % de la tare terre<sup>4</sup> accrochée aux betteraves d'un silo, donc 50 % de la terre au moins sera éliminé. D'où des gains de transport économique et aussi environnementaux seront atteints.

---

<sup>4</sup>On appelle la tare terre l'ensemble des matières étrangères, à savoir tous les corps étrangers à la betterave et notamment la terre, les boules de terre, les cailloux, les feuilles, mauvaises herbes, bois.

## Partie II : Étude Technique

Afin d'éviter la file d'attente des camions et en plus le stockage des betteraves sucrières au bords des champs, Le calcul de nombres des déterreurs est important tels que:

### A. Pour la première région :

$(181 \times 10) / 170 = 11$  déterreurs.

Tels que **170 min** est la dure de voyage des camions d'un zone à l'autre :

$170 = 2 \text{ (heures)} \times 60 \text{ (min)} + 50 \text{ (min)}$

Et le **10 min** concerne le temps de chargement des betteraves dans un camion.

### B. Pour la deuxième région :

$(149 \times 10) / 140 = 11$  déterreurs.

Tels que **140 min** est la dure de voyage des camions d'un zone à l'autre :

$140 = 2 \text{ (heures)} \times 60 \text{ (min)} + 20 \text{ (min)}$

Et le **10 min** concerne le temps de chargement des betteraves dans un camion.

Alors à base de cette fréquence il faut connaitre que le prix d'un déterreur est **8 364 dollar (980766,49 DZD)** ce qui implique **184008 dollar (21576862,77 DZD)** pour 22 déterreurs.

Remarque : il existe plusieurs propositions qui servent à augmenter le tonnage de sucre transporté par camion et réduit le besoin d transport betteravier comme :

- L'utilisation des camions de 32 tonnes qui sont aujourd'hui plus utilisés pour transporter 90% des betteraves dans le monde.

- La diminution du tonnage de terre transporté avec les betteraves des champs vers les usines qui permet une diminution à due proportion du nombre de camions.

- L'augmentation de la teneur en sucre des betteraves permet de réduire le tonnage de betteraves transportées pour une même quantité de sucre : l'optimisation agronomique et génétique y contribue.

### 1.5. La gestion de la récolte en cas de stockage :

Pour augmenter la durée de la campagne sucrière, nous proposons de faire aussi un stockage au niveau de la ferme. Cette proposition est importante, car elle est systématiquement sur la date de la récolte qui est dépendante de par la date d'enlèvement des betteraves et la durée de stockage. Comme inconvenient, ce planning temporel doit être optimal afin de minimiser les dégradations de la betterave et donc les pertes en sucre.

Durant la conservation, des pertes en sucre et en eau sont inévitables. Elles sont liées au métabolisme des betteraves avec notamment la respiration. Le développement de moisissures durant la conservation de longue durée augmentera aussi le niveau de pertes.

Afin de pouvoir objectiver la période de conservation des betteraves, cette dernière est exprimée selon le niveau de degrés jours qui est la somme des températures journalières moyennes des jours de stockage. De cette façon, la durée de conservation et la température de

## Partie II : Étude Technique

conservation sont associées. On observe ainsi, en conditions réelles ou en conditions de laboratoire, que des moisissures de conservation commencent à apparaître de façon mesurable après 250-300 degrés jours, quelle que soit la température de conservation (5°C, 10°C, 15°C, ...). Jusque 300 degrés jours (soit un équivalent de deux mois (60 jours) à une température moyenne de 5°C :  $60 \text{ jours} \times 5^\circ\text{C} = 300 \text{ degrés jours}$ ), les betteraves présentent peu de parties pourries ( $\pm 2 \%$  en poids) et conservent leur qualité marchande.

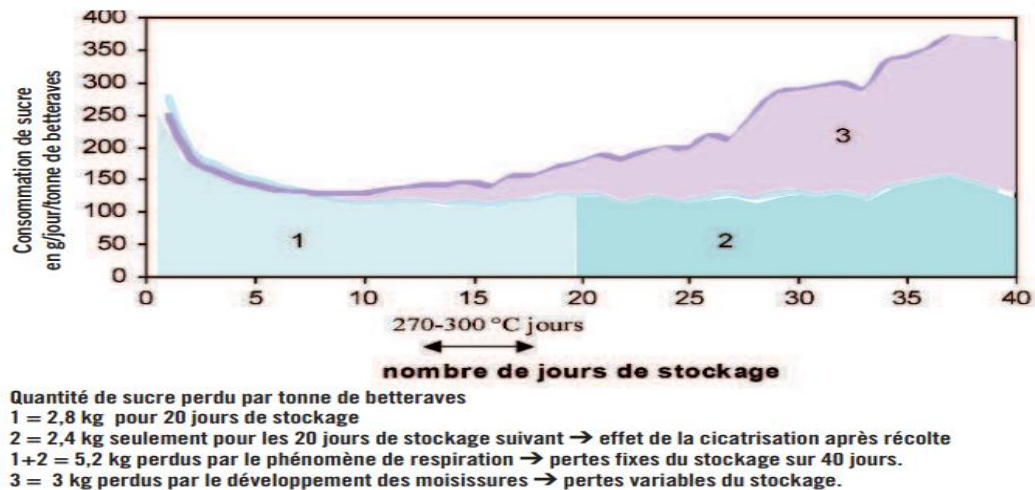


Figure II. 38 Evolution de la consommation de sucre mesuré par respirométrie au cours de la période de stockage

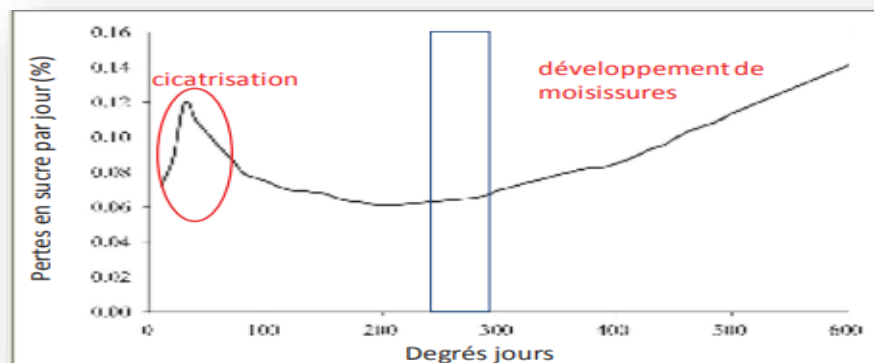


Figure II. 39 Courbe de perte en sucre (en %) des betteraves en cours de stockage. Juste après arrachage, il y a un pic des pertes en sucre lié à la cicatrisation des blessures et des bris de pointe. Entre 250 et 300 degrés jours, le développement de moisissures provoque une augmentation exponentielle des pertes de sucre.

Le développement des moisissures et des parties pourries évolue au-delà du seuil de 300 degrés jours. Ce développement devient exponentiel au-delà de 450 degrés jours (soit 3 mois à 5°C). Du fait que la température au cœur d'un tas de betteraves est plus élevée que la température extérieure, il est parfois nécessaire de nuancer les degrés jours selon qu'ils sont

## Partie II : Étude Technique

atteints au centre du tas ou à l'extérieur. Ainsi, 300 degrés jours établis à l'intérieur d'un tas de betteraves correspondent à  $\pm 250-270$  degrés jours établis selon la température extérieure.

D'ailleurs au moment des fortes chaleurs, les betteraves se conservent très mal et la récolte est beaucoup plus délicate, c'est pour cela nous avons vu qu'il n'est pas possible de prolonger cette période jusqu'à **60 jours** (la durée de la conservation des betteraves sucrières). A cause de ça, nous proposons de faire diminuer la période de stockage à **30 jours**, nous l'avons vu, que la durée de récolte peut être envisagée, dans ce cas, dès le début de Juin jusqu'à Octobre. Il sera ainsi possible, au moins théoriquement, d'allonger la campagne industrielle jusqu'à **150 jours** environ, ce qui serait extrêmement avantageux.

A partir de début Juin et dans un objectif de stockage, les réglages des arracheuses devront être adaptés afin de trouver le bon compromis entre pertes (bris de pointe), tare terre et blessures. En conditions humides, il faudra parfois accepter un peu plus de tare terre afin de ne pas blesser les betteraves et leur assurer une bonne conservation.

| Adapter le réglage de la machine: Compromis entre les pertes, la tare terre et le développement des moisissures de stockage |                                                                                                                                                                                                      |                                                              |                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                             | But                                                                                                                                                                                                  | Conditions sèches                                            | Conditions humides                                                                               |
| En début de campagne<br><br>Livraison immédiate                                                                             | Rendement maximal                                                                                                                                                                                    | Ne <b>pas perdre</b> ou casser les betteraves                | Eliminer le maximum de terre                                                                     |
| A partir de début Septembre<br><br>stockage!!!                                                                              | Evaluer le risque maladies de stockage en fonction de la date de livraison<br><br><br><b>Eviter les blessures</b> | Ne <b>pas casser</b> et ne <b>pas blesser</b> les betteraves | Eliminer le <b>maximum</b> de terre<br><br><b>Limiter les casses de pointes et les blessures</b> |

Tableau II. 24: tableau résumant les objectifs à atteindre lors de l'arrachage suivant la date de livraison et les conditions d'humidité du sol.

Dans ce cas on va jouer sur des paramètres d'un autre scénario de 5 mois de production (un mois de stockage)

### 1.5.1. La quantité de betterave traitée par la sucrerie :

La demande annuelle de l'oranie : **220000 tonne du Sucre**

**220000 000 Kg du sucre**

**2200000 tonne de betterave/Saison**

## Partie II : Étude Technique

La capacité journalière de notre usine Y pendant **5 mois**:

$$Y = 2200000 \text{ tonne de betterave} / 150 \text{ jours} = \mathbf{14\ 666 \text{ tonnes/jour}}$$

Le calcul de la quantité de betterave sucrière Z à produire par notre usine par heure sera :

$$Z = 14\ 666 \text{ tonnes} / 24 = \mathbf{611 \text{ tonne /heure}}$$

### 1.5.2. Les nombres des arracheuses :

#### A. Première méthode :

$$Nm = 14\ 666 \text{ tonne par jour} / 1920 \text{ tonne par jour}$$

Ce qui donne :

➤ **Nm = 8 arracheuses de même type**

#### B. Deuxième méthode :

$$Nm = 611 \text{ tonne par heure} / 80 \text{ tonne de betterave par heure}$$

Le résultat sera :

➤ **Nm = 8 arracheuses de même type**

Nous avons remarqué que le nombre des arracheuses sera diminué, la chose qui est très importante pour la sucrerie, malgré la présentation de cette avantage nous préférons de ne pas allonger la durée de compagne, la raison est du la température élevée durant la compagne sucrière (>300 à degrés jours).

| mois         | janvier |   |   | Février |   |   | Mars |   |   | avril |   |   | mai |   |   | Juin |   |   | juillet |   |   | août |   |   | septembre |   |   | octobre |   |   | novembre |   |   | décembre |   |   |
|--------------|---------|---|---|---------|---|---|------|---|---|-------|---|---|-----|---|---|------|---|---|---------|---|---|------|---|---|-----------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|
|              | 1       | 2 | 3 | 1       | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 | 1       | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 | 1         | 2 | 3 | 1       | 2 | 3 | 1        | 2 | 3 | 1        | 2 | 3 |
| betterave    |         |   |   |         |   |   |      |   |   |       |   |   |     |   |   |      |   |   |         |   |   |      |   |   |           |   |   |         |   |   |          |   |   |          |   |   |
| conservation |         |   |   |         |   |   |      |   |   |       |   |   |     |   |   |      |   |   |         |   |   |      |   |   |           |   |   |         |   |   |          |   |   |          |   |   |
| sucrerie     |         |   |   |         |   |   |      |   |   |       |   |   |     |   |   |      |   |   |         |   |   |      |   |   |           |   |   |         |   |   |          |   |   |          |   |   |

Tableau II. 25: Synthèse de calendrier de la gestion de la culture de betterave sucrière et de la compagne sucrière

#### La légende :

|  |                                                                                   |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  | La semée de la betterave sucrière (culture d'automne)                             |
|  | La récolte de la betterave sucrière                                               |
|  | Le stockage de la betterave au début de la compagne s'il existe (pas obligatoire) |
|  | La compagne sucrière                                                              |



## Partie II : Étude Technique

### Phase 2 : Choix du fournisseur des technologies (Alternatives) de la production:

**2.1. Les critères de sélection :** La sélection et l'évaluation des fournisseurs sont des tâches essentielles et basiques pour prendre la bonne décision pendant le processus d'achat. Choisir le bon fournisseur implique plus que simplement lire une série de listes de prix, le choix dépendra d'un large éventail de facteurs, tels que:

- La qualité de traitement des machines ;
- Coût (prix d'achat raisonnable) ;
- Méthode de fonctionnement (rendement et fiabilité) ;
- Capacité de production ;
- La fiabilité et le service.

**2.2. Choix de la méthode** (Abderrahmane, 2013): Le but des méthodes d'aide à la décision n'est pas seulement de faire du profit autant que possible, mais aussi d'éviter autant que possible les risques. Partant de ce principe, le grand apport de TOPSIS est l'introduction des notions d'idéal et d'anti-idéal.

Le principe de TOPSIS est basé sur la distance des alternatives par rapport à l'idéal positif  $V^+$  et l'idéal négatif  $V^-$  (appelé aussi anti-idéal). Le positif idéal  $V^+$  représente une solution fictive prenant la meilleure valeur (parmi les valeurs des alternatives) de chaque critère. Inversement, l'idéal négatif  $V^-$  prend les pires valeurs. TOPSIS peut être utilisée comme une forme a posteriori pour aider le décideur à faire son choix parmi les solutions Pareto optimales. TOPSIS est capable de trier les solutions du front Pareto en considérant les solutions comme des alternatives et les valeurs des fonctions objectif de chaque solution comme des critères.

La méthode TOPSIS se définit en sept étapes :

- 1) Établir une matrice  $X$ , où un ensemble d'alternatives  $a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_k$  sont comparés sur des critères  $C_1, C_2, C_i, \dots, C_n$ .
- 2) Normaliser la matrice de décision pour obtenir une nouvelle matrice  $R$  d'élément  $r_{ij}$  tel que :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^k x_{ij}^2}} \dots (1)$$

- 3) Calculer la matrice normalisée pondérée. Les poids  $w_i$  sont donnés par les décideurs pour représenter leurs préférences entre les critères :

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \dots (2)$$

## Partie II : Étude Technique

- 4) Définir l'idéal positif  $V^+$  et l'idéal négatif  $V^-$  :

$$V^+ = (best_j(v_{1j}), best_j(v_{2j}), \dots, best_j(v_{nj})) \dots (3)$$

$$V^- = (worst_j(v_{1j}), worst_j(v_{2j}), \dots, worst_j(v_{nj})) \dots (4)$$

- 5) Calculer pour chaque alternative, la distance euclidienne entre l'idéal positif et l'idéal négatif, notées  $d_j^+$  et  $d_j^-$  respectivement :

$$d_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2} \dots (5)$$

$$d_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2} \dots (6)$$

- 6) Calculer le degré de proximité au positif idéal  $D_j^+$ . Plus  $D_j^+$  est important, plus l'alternative  $j$  est proche de l'idéal positif et loin de l'idéal négatif :

$$D_j^+ = \frac{d_j^-}{d_j^- + d_j^+} \dots (7)$$

- 7) Finalement, trier les solutions par rapport à  $D_j^+$ . Les alternatives seront alors classées par ordre de préférence.

**2.3. Approche de résolution** : Durant les 3 derniers mois, nous n'avons pas cessé de chercher les meilleurs entreprises dans le domaine de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière. Et d'après l'enquête que nous avons menée auprès le site web, il s'avère que la chine et la France sont les leaders dans le domaine. Et c'est la principale raison pour laquelle, nous les avons contactées plus de 10 sociétés par mail dans le but d'investir mais malheureusement Parmi ces 10 entreprises, nous n'avons pas une réponse.

En raison de notre incapacité à obtenir des informations concernant les caractéristiques des machines directement auprès des fournisseurs, nous avons dû compter sur des quelques informations fournies par le site **ALI BABA**.

Les tableaux suivant représentent les offres des fournisseurs :

| Entreprise/critère          | Type    | Poids | Prix \$     | Puissance ( Kw) | Garantie | Tension | Capacité (/h) |
|-----------------------------|---------|-------|-------------|-----------------|----------|---------|---------------|
| Guangdong, China (Mainland) | QM-2    | 300kg | 4,180       | 2.4KW           | 1 an     | 380V    | 1 tonne       |
| Guangdong, China (Mainland) | QX-818  | 360Kg | 2,800-3,200 | 2.2kw           | 1 an     | 380V    | 2 tonne       |
| Henan, China (Mainland)     | GG-5000 | 700kg | 2316.00     | 5.5kw           | 1 an     | 380v    | 5000kg        |

Tableau II. 26: les machines de lavage

## Partie II : Étude Technique

| Entreprise/<br>critère         | Type                                 | Poids<br>(Kg) | Prix \$         | Puissance | Garantie | Tension       | Capacité<br>(kg/h) | forme de<br>coupe:            | Taille de<br>coupe              |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------|-----------|----------|---------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Taiwan                         | FC-301                               | 135           | 1-1,000 /       | 1875W     | 1 an     | 220V<br>/380V | 500~1000           | tranche,<br>julienne,<br>cube | 0~60mm                          |
| Guangdong, China<br>(Mainland) | GG-306<br>Multifunction<br>Vegetable | 150           | 1,000-<br>3,000 | 1900W     | 1 an     | 220V/380<br>V | 500~1500           | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 0-60mm                          |
| Guangdong, China<br>(Mainland) | GG-306                               | 140           | 2,000-<br>4,000 | 1900 W    | 1 an     | 220V/380<br>V | 800-1500           | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 0-60mm                          |
| Guangdong, China<br>(Mainland) | GG-305                               | 100           | 1,000-<br>2,000 | 1900 W    | 1 an     | 380 V         | 500-800            | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 0-60mm                          |
| Guangdong, China<br>(Mainland) | QC-100                               | 75            | 1500.00         | 0.75KW    | 1 an     | 220V          | 300-800            | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 0-60mm                          |
| Guangdong, China<br>(Mainland) | GGHD-<br>100                         | 100           | 500-1,500       | 0.75kw    | 1 an     | 220v          | 800-1000           | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 4, 5, 6, 8,<br>10, 12, 15<br>mm |
| Henan,<br>China<br>(Mainland)  | QCJ-100                              | 80            | 1,000-<br>4,800 | 2570w     | 1 an     | 380v          | 300-800            | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 0-60 mm                         |
| France                         | LG-502                               | 110           | 100-2,500       | 1.1kw     | 1 an     | 220V/380<br>V | 600                | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 0-60 mm                         |
| Henan,<br>China<br>(Mainland)  | Gj 801                               | 140           | 350-2,850       | 2.75kw    | 1 an     | 220V/380<br>V | 800                | Tranche,<br>julienne,<br>cube | 1-60 mm                         |

Tableau II. 27: Les machines de découpage

| Entreprise/critère                                                                                                                                     | Type    | Poids  | Prix \$         | Puissance | Garantie | Tension        | Capacité |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------------|-----------|----------|----------------|----------|
| France                                                                                                                                                 | MTDT100 | 5000kg | 570,000-980,000 | 100KW     | 2 ans    | 220 V/380<br>V | 100-500  |
| tonnes de betterave entrée par jour 20-100tons, sirop de sucre par jour +pulpe de betterave (fabrication de pastilles pour l'alimentation de la vache) |         |        |                 |           |          |                |          |

Tableau II. 28: les machines de diffusion

| Entreprise/critère         | Type                | Prix \$       | Garantie | Tension   | Capacité (t/h) |
|----------------------------|---------------------|---------------|----------|-----------|----------------|
| Jiangsu, China (Mainland)  | Stainless Steel 304 | 2,000-50,000  | 1 an     | 380V 50Hz | 1t-150         |
| Jiangsu, China (Mainland)  | WTS series          | 1-5,000       | 1 an     | 380V 50Hz | 1-50           |
| Zhejiang, China (Mainland) | RO-3000             | 10,000-11,000 | 1 an     | 380 V     | 1-20           |

## Partie II : Étude Technique

Tableau II. 29: les machines d'épuration

| Entreprise/<br>critère        | type    | Poids<br>(Kg) | Prix \$         | Puissance | Garantie | Tension   | Capacité<br>(t/h) | Modèle      |
|-------------------------------|---------|---------------|-----------------|-----------|----------|-----------|-------------------|-------------|
| France                        | MZGL100 | 500           | 40,000-90,000   | 4kw       | 60mois   | 380v      | 0.04-4.16         | Automatique |
| France                        | MTDT100 | 5000          | 570,000-980,000 | 100KW     | 24mois   | 220v/380v | 4.16              | Membranes   |
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | FOM-60  | 1000          | 750-22,000      | 100 kw    | 1 mois   | 380 v     | 50-75             | Automatique |

Tableau II. 30filtration

| Entreprise/<br>critère           | type         | Poids        | Prix \$         | Puissance              | Garantie | Tension      | Capacité                                 | Température<br>D'évaporation<br>(C°)                                                              |
|----------------------------------|--------------|--------------|-----------------|------------------------|----------|--------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hebei,<br>China<br>(Mainland)    | MTZ-ms       | 50tons       | 400000.00       | 1500kW                 | 24 mois  | 220V/380V    | 20-1000tonne/jours                       | 1 <sup>er</sup> effet : 90-80<br>2 <sup>ème</sup> effet : 70-75<br>3 <sup>ème</sup> effet : 45-60 |
| Zhejiang,<br>China<br>(Mainland) | Zfq          | Personnalisé | 10,000-1000,000 | Personnalisé           | 18 mois  | Personnalisé | 500 Kg/h à 80 T/heure                    | 1 <sup>er</sup> effet : 80-85<br>2 <sup>ème</sup> effet : 70-75<br>3 <sup>ème</sup> effet : 75-52 |
| Jiangsu,<br>China<br>(Mainland)  | personnalisé | Personnalisé | 100000.00       | personnalisé           | 12 mois  | personnalisé | 0.1-100 tonne par heure                  | 1 <sup>er</sup> effet : 90-85<br>2 <sup>ème</sup> effet : 70-75<br>3 <sup>ème</sup> effet : 43-57 |
| Zhejiang,<br>China<br>(Mainland) | ACE-ZFQ-A36  | 5000 Kg      | 10,000-99,999   | 3.9-11kw               | 12 mois  | personnalisé | 50L--20000L/heure (42 kg-16667 kg/heure) | 1 <sup>er</sup> effet : 75<br>2 <sup>ème</sup> effet : 66.5<br>3 <sup>ème</sup> effet : 48        |
| Zhejiang,<br>China<br>(Mainland) | EVAPORATOR   | Personnalisé | 500-8,000       | L'exigence des clients | 12 mois  | 380-440V     | 100-10000kg/h                            | 1 <sup>er</sup> effet : 80-90<br>2 <sup>ème</sup> effet : 65-80<br>3 <sup>ème</sup> effet : 55-65 |

Tableau II. 31machines d'évaporation

| Entreprise/critère         | type    | Poids<br>(Kg) | Prix \$         | Puissance | Garantie | Tension   | Capacité           |
|----------------------------|---------|---------------|-----------------|-----------|----------|-----------|--------------------|
| Hebei, China<br>(Mainland) | MZ-1000 | 1500          | 29000.00        | 3KW~6KW   | 1 an     | 380v/50HZ | 0.2-3 tonne /heure |
| Hebei, China<br>(Mainland) | MTZ-b   | 26000         | 350,000-410,000 | 1500W     | 2 ans    | 220v/380V | 20- 50tonne / jour |

## Partie II : Étude Technique

|                                  |                |      |              |      |       |           |                 |
|----------------------------------|----------------|------|--------------|------|-------|-----------|-----------------|
| Shanghai,<br>China<br>(Mainland) | A-BT2-<br>490b | 2000 | 5,000-50,000 | 40kw | 2 ans | 380 v50Hz | 100 tonne /jour |
|----------------------------------|----------------|------|--------------|------|-------|-----------|-----------------|

Tableau II. 32machines de cristallisation

| Entreprise/cr<br>itère | Type       | Poids<br>(Kg) | Prix \$ | Puissance         | Garantie | Tension | Capacité<br>(/h) | Fréquence (r<br>/ min) |
|------------------------|------------|---------------|---------|-------------------|----------|---------|------------------|------------------------|
| China<br>(Mainland)    | HXSJ -2600 | 300-<br>2000  | 1000.00 | 5.5k w            | 1 an     | 450 v   | 45-60<br>tonne   | 1500                   |
| China<br>(Mainland)    | HXSJ -2000 | 300-<br>2000  | 1000.00 | 4.0 kw            | 1 an     | 380 v   | 30-60<br>tonne   | 1500                   |
| China<br>(Mainland)    | HXSJ -1600 | 300-<br>2000  | 1000.00 | 2.2 kw            | 1 an     | 220 v   | 25-50<br>tonne   | 960                    |
| China<br>(Mainland)    | HXSJ       | 380           | 5999.00 | 1.5/2.2/3/4k<br>w | 1 an     | 415 v   | 10Kg-<br>10Tonne | 960                    |

Tableau II. 33machines d'essorage

| Entreprise/cr<br>itère        | Type                        | Poids<br>(T)  | Prix \$           | Puissance<br>électrique<br>(Max) | Garanti<br>e | Tension      | La vitesse<br>(r/min) | températ<br>ure de<br>séchage<br>(°C) | Capacité<br>(T/H) |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|----------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | ZKRDΦ30<br>00×25000<br>(mm) | 2.9-<br>104.9 | 3,000-<br>60,000  | 3-75kw                           | 1 an         | 220-<br>440v | 1.5-5                 | 250-760                               | 30-45             |
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | ZKRDΦ30<br>00×20000<br>(mm) | 78            | 3,000-<br>60,000  | 55 kw                            | 1 an         | 220-<br>440v | 1.5-5                 | 300-800                               | 25-40             |
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | TDSG181<br>8                | 30            | 10,600-<br>32,500 | 20.5kw                           | 1 an         | 380v         | 1.5-5                 | 200-800                               | 5-5.5             |
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | DLSG291<br>2/3              | 76            | 20,000-<br>30,000 | 155<br>Kw                        | 1 an         | 380v         | 1.5-5                 | 350±30                                | 9.93              |
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | ZKRDΦ30<br>00×20000         | 78            | 3,000-<br>60,000  | 55 kw                            | 1 an         | 220-<br>440v | 1.5-5                 | 250-760                               | 25-40             |
| Henan,<br>China<br>(Mainland) | Guoxin                      | 28.8          | 15000.0<br>0      | 18.5kw                           | 1 an         | 380v         | 4-7                   | 230                                   | 1-3.8             |

## Partie II : Étude Technique

|                                |         |    |          |      |      |      |     |         |         |
|--------------------------------|---------|----|----------|------|------|------|-----|---------|---------|
| <b>Henan, China (Mainland)</b> | 1.5x14m | 20 | 35000.00 | 15kw | 1 an | 380v | 3-5 | 700-800 | 5.3-6.6 |
|--------------------------------|---------|----|----------|------|------|------|-----|---------|---------|

Tableau II. 34séchage

| Entreprise/critère                 | type                   | Plage de remplissage                               | Prix \$       | Puissance | Vitesse d'emballage                                                         | Tension              | Garantie |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------|
| <b>Zhejiang, China (Mainland)</b>  | TH--3308               | 10-1000g (la fixation de la vis doit être changée) | 30,000        | 4kw       | 10-60pouches / min (dépend de l'état du produit et du poids de remplissage) | 380 v/3phases 50hz   | 1 an     |
| <b>Zhejiang, China (Mainland)</b>  | AH-KLQ500              | 100-500g                                           | 2,300-7,200   | 2 kw      | 1200sacs/h                                                                  | 220v/50HZ            | 1 an     |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | VL-450 packing machine | 110-600 g                                          | 8,500-15, 000 | 2.5kw     | 20~60sacs/min                                                               | 220v                 | 1 an     |
| <b>China mainland</b>              | KF02-PD                | 200-800 g                                          | 3,745-4,458   | 1.2 kw    | 1.5 kw35-70 sacs/min                                                        | 220v 110v            | 1 an     |
| <b>Henan, China (Mainland)</b>     | BGJ-50                 | 15-50kg/min                                        | 4,000-8,000   | 1.1kw     | 3-4sacs/min                                                                 | 380v                 | 1 an     |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | JT-420W                | 1kg<br>2kg<br>5kg                                  | 18,000-22,000 | 3kw       | 5-60 sacs /min                                                              | 220v                 | 1 an     |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | DS-720BZ               | 1kg                                                | 1,000-30,000  | 3.5kw     | 10-40 sacs/min                                                              | 220v ,50/60 HZ,3.6Kv | 1 an     |
| <b>Henan, China (Mainland)</b>     | GG-500                 | 1kg                                                | 4,500-5,500   | 1.8kw     | 18-35 Sacs /min pour les dimensions : 40-320mm                              | 220v                 | 1 an     |
|                                    |                        |                                                    |               |           | 40-65 sacs/min pour les dimensions 40-220mm                                 |                      |          |
| <b>Shanghai, China (Mainland)</b>  | YB-300K                | 500g<br>1kg                                        | 4,500-5,300   | 1.6kw     | 20-60 sacs/min                                                              | 220v                 | 1 an     |
| <b>Henan, China (Mainland)</b>     | GG60AF                 | 1 kg                                               | 2,000-4,000   | 1.9kw     | 30-60 sacs/min                                                              | 220v/50Hz            | 1 an     |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | MK-420E                | 1kg                                                | 11,200-16,000 | 2.5kw     | 30-50sacs /min                                                              | 220v/50-60Hz         | 1 an     |
| <b>Zhejiang, China (Mainland)</b>  | DB-300                 | 1kg                                                | 10,000-18,000 | 1.5kw     | 5-15 sacs / min                                                             | 220v                 | 1 an     |

## Partie II : Étude Technique

|                                    |                           |                                |               |        |                               |                            |                               |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------|--------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <b>guangzhou of China</b>          | MY-690KB packing machine  | 1kg                            | 4,000-6,000   | 1.85kw | 40-60 sacs/min                | 380v                       | 1 an                          |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | TOPY-VFFS 4 heads Weigher | 1 kg                           | 6,900-19,000  | 2.2kw  | 15-60sacs/min                 | 220v/380v /110v/ 240v/415v | 2 ans                         |
| <b>Tianjin, China (Mainland)</b>   | CB-300G                   | 1 kg                           | 3,000-5,000   | 2kw    | 50-90 sacs /min               | 220 v                      | 1 an                          |
| <b>Hubei, China (Mainland)</b>     | KF02-G                    | 1kg                            | 2,700-3,800   | 1.5 kw | 35-70 sachets /min            | 220v                       | un an, service de longue date |
| <b>Shanghai, China (Mainland)</b>  | DCS-2.5B-ZD-DJ            | 1-2 kg                         | 8,000-15,000  | 1kw    | 20-30 sacs/min                | 220 v                      | 1 an                          |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | CB-4230                   | 1kg- 10kg                      | 21,000-29,000 | 4 kw   | 5-60sacs /min                 | 220v                       | 1 an                          |
| <b>Zhejiang, China (Mainland)</b>  | HTL-420A                  | 1 kg                           | 9,500-12,500  | 3.5kw  | 30-70sacs/min                 | 220v/380v                  | un an, service de longue date |
| <b>Shanghai, China (Mainland)</b>  | JB-300K                   | 300K 150g 300g 1kg             | 4,200-4,800   | 1.9kw  | 20-60sacs/min                 | AC220v, 50/60HZ            | 1 an                          |
| <b>Hebei, China (Mainland)</b>     | MZRS100                   | 1 kg                           | 19,000-28,000 | 7.5kw  | 1000kg /heurs 17 kg(sacs)/min | 220v/380v                  | 3 ans                         |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | LD-720D                   | 1 kg                           | 5,600-30,000  | 3kw    | 5-55 sacs /min                | 220v, 50/60HZ              | 1 an                          |
| <b>Shanghai, China (Mainland)</b>  | YQK-80                    | 500g 1kg                       | 4,500-5,000   | 1.5kw  | 30-60sacs/min                 | 220v/50H Z                 | 1 an                          |
| <b>Henan, China (Mainland)</b>     | THPM-G                    | 1 kg                           | 2,500-3,200   | 0.5kw  | 40-60 sacs /min               | 220 v                      | 1 an                          |
| <b>Guangdong, China (Mainland)</b> | TCLB-420AZ                | 1kg 2kg 5kg                    | 8,000-20,000  | 2.2kw  | 5-60sacs/min                  | 220v                       | 1 an                          |
| <b>Jiangsu, China (Mainland)</b>   | LCS-ST                    | 1kg to 5kg, 2kg, 25kg to 50kg, | 5,800-9,800   | 2.8kw  | 180-600sacs/heurs             | 110-480v                   | 1 an                          |
| <b>Liaoning, China (Mainland)</b>  | SKL-C420/SK L-520         | 1kg 2kg 5kg                    | 6,000-8,000   | 3.0kw  | 25-65sacs/min                 | 220v                       | 1 an                          |

## Partie II : Étude Technique

|                             |          |                       |               |        |                      |                            |      |
|-----------------------------|----------|-----------------------|---------------|--------|----------------------|----------------------------|------|
| Tianjin, China (Mainland)   | ND-K320  | 1- 5 Kg               | 2,000-5,000   | 1.8 kw | 3000-4000 sacs/heurs | 220v/380v /110v; 50Hz/60Hz | 1 an |
| Guangdong, China (Mainland) | SL-420C  | 1kg                   | 29,100-35,800 | 2.6kw  | 5-60sacs/min         | 220v                       | 1 an |
| Guangdong, China (Mainland) | ZE-420LB | 500g 1kg              | 11,500-13,500 | 2.2kw  | 5-60sacs/min         | 220v                       | 1 an |
| Henan, China (Mainland)     | DPP-999  | 1-1000g 1kg           | 1,000-5,000   | 0.2 kw | 30-60sacs/min        | 220v                       | 1 an |
| Guangdong, China (Mainland) | ZV-420C  | 10g 100g 1kg 5kg 10kg | 8,950-35,000  | 2kw    | 40-60 sacs/Min       | 220v                       | 1 an |

Tableau II. 35mballage

**2.4. Application de la méthode TOP SIS :** Pour départager les fournisseurs et choisir la meilleure offre, nous eut recours à la méthode TOPSIS.

Lors de l'application de la méthode TOPSIS à notre problème de sélection de ressources, nous rencontrerons la difficulté suivante: Étant donné que de nombreux fournisseurs proposent plusieurs périphériques, TOPSIS peut choisir le meilleur périphérique pour chaque station à la fois. Si nous nous contentons de ceci, nous finirons avec des machines de différents fournisseurs, ce qui causera certainement des problèmes lors de l'installation et de fonctionnement,...etc.

Pour éviter de tomber dans ce problème, nous proposons une approche « double TOPSIS », nous allons appliquer TOPSIS non pas une seul fois, mais sur deux phases. La première pour sélectionner les meilleures technologies (machines). La deuxième phase exploitera les résultats de la première pour ne sélectionner finalement qu'un seul fournisseur.

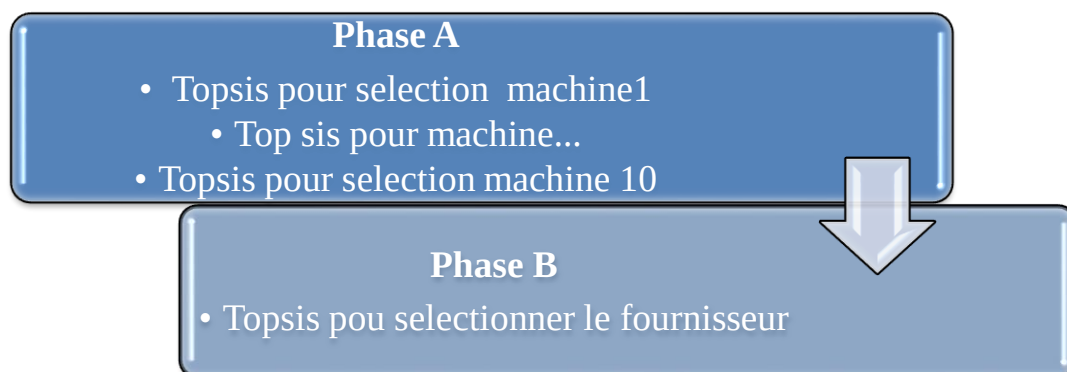


Figure II. 40 Représentation des phases de la méthode TOPSIS

### Phase A



## Partie II : Étude Technique

### ➤ Le choix pour la machine lavage

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids   | 0.1   | 0.2  | 0.1       | 0.1     | 0.3      | 0.2             |
|---------|-------|------|-----------|---------|----------|-----------------|
| Xij     | Poids | Prix | Puissance | Tension | Capacité | Garantie (mois) |
| QM-2    | 300   | 4180 | 2.4       | 380     | 1        | 12              |
| QX-818  | 360   | 3200 | 2.2       | 380     | 2        | 12              |
| GG-5000 | 700   | 2316 | 5.5       | 380     | 5        | 12              |

#### Etape 02 : la matrice R

| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 842,377 | 5751,196 | 6,391     | 658,179 | 5,477    | 20,784   |
|--------------------------------|---------|----------|-----------|---------|----------|----------|
| Rij                            | Poids   | Prix     | Puissance | Tension | Capacité | Garantie |
| QM-2                           | 0,356   | 0,726    | 0,375     | 0,577   | 0,182    | 0,577    |
| QX-818                         | 0,427   | 0,556    | 0,344     | 0,577   | 0,365    | 0,577    |
| GG-5000                        | 0,830   | 0,402    | 0,860     | 0,577   | 0,912    | 0,577    |

#### Etape 03 : la matrice V

| Vij     | Poids  | Prix  | Puissance | Tension | Capacité | Garantie |
|---------|--------|-------|-----------|---------|----------|----------|
| QM-2    | 0,0356 | 0,145 | 0,037     | 0,057   | 0,054    | 0,115    |
| QX-818  | 0,0427 | 0,111 | 0,034     | 0,057   | 0,109    | 0,115    |
| GG-5000 | 0,083  | 0,080 | 0,086     | 0,057   | 0,273    | 0,115    |

#### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|    |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V+ | 0,035 | 0,080 | 0,086 | 0,057 | 0,273 | 0,115 |
| V- | 0,083 | 0,145 | 0,034 | 0,057 | 0,054 | 0,115 |

#### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines | dj+   | dj-   |
|--------------|-------|-------|
| QM-2         | 0,233 | 0,047 |
| QX-818       | 0,175 | 0,076 |
| GG-5000      | 0,047 | 0,234 |

#### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal Dj+.

| Les machines | Dj+ | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|--------------|-----|----------------|------------------------------|
|--------------|-----|----------------|------------------------------|

## Partie II : Étude Technique

|         |       |   |     |
|---------|-------|---|-----|
| QM-2    | 0,169 | 3 | 13% |
| QX-818  | 0,302 | 2 | 23% |
| GG-5000 | 0,831 | 1 | 64% |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **GG-5000**.

### ➤ Le choix pour la machine du découpage :

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Les poids | 0.05  | 0.2  | 0.05      | 0.05    | 0.25     | 0.25                 | 0.15     |
|-----------|-------|------|-----------|---------|----------|----------------------|----------|
| Xij       | Poids | Prix | Puissance | Tension | Capacité | taille de coupe (mm) | Garantie |
| FC-301    | 135   | 1000 | 1875      | 380     | 1000     | 60                   | 12       |
| GG-306    | 150   | 3000 | 1900      | 380     | 1500     | 60                   | 12       |
| GG-306    | 140   | 4000 | 1900      | 380     | 1500     | 60                   | 12       |
| GG-305    | 100   | 2000 | 1900      | 380     | 800      | 60                   | 12       |
| QC-100    | 75    | 1500 | 750       | 220     | 800      | 60                   | 12       |
| GGHD-100  | 100   | 1500 | 750       | 220     | 1000     | 15                   | 12       |
| QCJ-100   | 80    | 4800 | 2570      | 380     | 800      | 60                   | 12       |
| LG-502    | 110   | 2500 | 1100      | 380     | 600      | 60                   | 12       |
| Gj 801    | 140   | 2850 | 2750      | 380     | 800      | 60                   | 12       |

#### Etape 02 : la matrice R

| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 352,207 | 8480,123 | 5554,098  | 1052,425 | 3069,201 | 170,367              | 36       |
|--------------------------------|---------|----------|-----------|----------|----------|----------------------|----------|
| Rij                            | Poids   | Prix     | Puissance | Tension  | Capacité | taille de coupe (mm) | Garantie |
| FC-301                         | 0,383   | 0,117    | 0,337     | 0,361    | 0,325    | 0,352                | 0,333    |
| GG-306                         | 0,425   | 0,353    | 0,342     | 0,361    | 0,488    | 0,352                | 0,333    |
| GG-306                         | 0,397   | 0,471    | 0,342     | 0,361    | 0,488    | 0,352                | 0,333    |
| GG-305                         | 0,283   | 0,235    | 0,342     | 0,361    | 0,260    | 0,352                | 0,333    |
| QC-100                         | 0,212   | 0,176    | 0,135     | 0,209    | 0,260    | 0,352                | 0,333    |
| GGHD-100                       | 0,283   | 0,176    | 0,135     | 0,209    | 0,325    | 0,088                | 0,333    |
| QCJ-100                        | 0,227   | 0,566    | 0,462     | 0,361    | 0,260    | 0,352                | 0,333    |
| LG-502                         | 0,312   | 0,294    | 0,198     | 0,361    | 0,195    | 0,352                | 0,333    |

## Partie II : Étude Technique

|               |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Gj 801</b> | 0,397 | 0,336 | 0,495 | 0,361 | 0,260 | 0,352 | 0,333 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

### Etape 03 : la matrice V

| Vij             | Poids | Prix  | Puissance | Tension | Capacité | taille de coupe (mm) | Garantie |
|-----------------|-------|-------|-----------|---------|----------|----------------------|----------|
| <b>FC-301</b>   | 0,019 | 0,023 | 0,016     | 0,0180  | 0,081    | 0,088                | 0,05     |
| <b>GG-306</b>   | 0,021 | 0,070 | 0,017     | 0,0180  | 0,122    | 0,088                | 0,05     |
| <b>GG-306</b>   | 0,019 | 0,094 | 0,017     | 0,0180  | 0,122    | 0,088                | 0,05     |
| <b>GG-305</b>   | 0,014 | 0,047 | 0,017     | 0,0180  | 0,065    | 0,088                | 0,05     |
| <b>QC-100</b>   | 0,010 | 0,035 | 0,006     | 0,0104  | 0,065    | 0,088                | 0,05     |
| <b>GGHD-100</b> | 0,014 | 0,035 | 0,006     | 0,0104  | 0,081    | 0,022                | 0,05     |
| <b>QCJ-100</b>  | 0,011 | 0,113 | 0,023     | 0,0180  | 0,065    | 0,088                | 0,05     |
| <b>LG-502</b>   | 0,015 | 0,058 | 0,009     | 0,0180  | 0,0488   | 0,088                | 0,05     |
| <b>Gj 801</b>   | 0,019 | 0,067 | 0,024     | 0,0180  | 0,0651   | 0,088                | 0,05     |

### Etape 4 : définition de l'idéal positive et l'idéal négatif

|           |       |       |       |       |        |       |      |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| <b>V+</b> | 0,010 | 0,023 | 0,024 | 0,018 | 0,122  | 0,088 | 0.05 |
| <b>V-</b> | 0,021 | 0,113 | 0,006 | 0,010 | 0,0488 | 0,022 | 0.05 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines    | dj+   | dj-   |
|-----------------|-------|-------|
| <b>FC-301</b>   | 0,042 | 0,116 |
| <b>GG-306</b>   | 0,048 | 0,108 |
| <b>GG-306</b>   | 0,071 | 0,101 |
| <b>GG-305</b>   | 0,062 | 0,095 |
| <b>QC-100</b>   | 0,061 | 0,103 |
| <b>GGHD-100</b> | 0,080 | 0,084 |
| <b>QCJ-100</b>  | 0,106 | 0,071 |
| <b>LG-502</b>   | 0,082 | 0,086 |
| <b>Gj 801</b>   | 0,072 | 0,084 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal Dj+

| Les machines | Dj+ | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|--------------|-----|----------------|------------------------------|
|--------------|-----|----------------|------------------------------|

## Partie II : Étude Technique

|          |       |   |     |
|----------|-------|---|-----|
| FC-301   | 0,733 | 1 | 14% |
| GG-306   | 0,688 | 2 | 13% |
| GG-306   | 0,585 | 5 | 11% |
| GG-305   | 0,606 | 4 | 12% |
| QC-100   | 0,628 | 3 | 12% |
| GGHD-100 | 0,511 | 7 | 10% |
| QCJ-100  | 0,400 | 9 | 8%  |
| LG-502   | 0,509 | 8 | 10% |
| Gj 801   | 0,538 | 6 | 10% |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **FC-301**.

### ➤ Le choix pour la machine d'épuration :

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids               | 0.4    | 0.3      | 0.1     | 0.2      |
|---------------------|--------|----------|---------|----------|
| Xij                 | Prix   | Capacité | Tension | Garantie |
| Stainless Steel 304 | 50 000 | 150      | 380     | 12       |
| WTS series          | 5000   | 50       | 380     | 12       |
| RO-3000             | 11000  | 20       | 380     | 12       |

#### Etape 02 : la matrice R

| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 51439,284 | 159,3737 | 658,179 | 20,78460 |
|--------------------------------|-----------|----------|---------|----------|
| Rij                            | Prix      | Capacité | Tension | Garantie |
| Stainless Steel 304            | 0,972     | 0,941    | 0,577   | 0,577    |
| WTS series                     | 0,097     | 0,313    | 0,577   | 0,577    |
| RO-3000                        | 0,213     | 0,125    | 0,577   | 0,577    |

#### Etape 03 : la matrice V

| Vij                 | Prix  | Capacité | Tension | Garantie |
|---------------------|-------|----------|---------|----------|
| Stainless Steel 304 | 0,388 | 0,282    | 0,057   | 0,115    |
| WTS series          | 0,038 | 0,094    | 0,057   | 0,115    |
| RO-3000             | 0,085 | 0,037    | 0,057   | 0,115    |

## Partie II : Étude Technique

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|    |        |       |       |       |
|----|--------|-------|-------|-------|
| V+ | 0,0388 | 0,282 | 0,057 | 0,115 |
| V- | 0,388  | 0,037 | 0,057 | 0,115 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines        | dj+   | dj-   |
|---------------------|-------|-------|
| Stainless Steel 304 | 0,349 | 0,244 |
| WTS series          | 0,188 | 0,354 |
| RO-3000             | 0,249 | 0,303 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal Dj+

| Les machines        | Dj+   | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|---------------------|-------|----------------|------------------------------|
| Stainless Steel 304 | 0,411 | 3              | 26%                          |
| WTS series          | 0,653 | 1              | 40%                          |
| RO-3000             | 0,549 | 2              | 34%                          |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **WTS series**.

### ➤ Le choix pour la machine de filtration:

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids   | 0.1   | 0.2     | 0.1       | 0.1     | 0.3      | 0.2      |
|---------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| Xij     | Poids | Prix \$ | Puissance | Tension | Capacité | Garantie |
| MZGL100 | 500   | 90000   | 4         | 380     | 4,16     | 60       |
| MTDT100 | 5000  | 980000  | 100       | 380     | 4,16     | 24       |
| FOM-60  | 1000  | 22000   | 100       | 380     | 75       | 1        |

#### Etape 02 : Etablir la matrice R

| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 5123,475 | 984369,849 | 141,477   | 658,179 | 75,230   | 64,629   |
|--------------------------------|----------|------------|-----------|---------|----------|----------|
| Rij                            | Poids    | Prix \$    | Puissance | Tension | Capacité | Garantie |
| MZGL100                        | 0,097    | 0,091      | 0,028     | 0,577   | 0,055    | 0,928    |
| MTDT100                        | 0,975    | 0,995      | 0,706     | 0,577   | 0,055    | 0,371    |

## Partie II : Étude Technique

|        |       |       |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FOM-60 | 0,195 | 0,022 | 0,706 | 0,577 | 0,996 | 0,015 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

### Etape 02 : Etablir la matrice V

| Vij     | Poids | Prix \$ | Puissance | Tension | Capacité | Garantie |
|---------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| MZGL100 | 0,009 | 0,0182  | 0,002     | 0,057   | 0,016    | 0,185    |
| MTDT100 | 0,097 | 0,199   | 0,070     | 0,057   | 0,016    | 0,074    |
| FOM-60  | 0,019 | 0,004   | 0,070     | 0,057   | 0,299    | 0,003    |

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|    |       |       |        |       |       |       |
|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| V+ | 0,009 | 0,004 | 0,0706 | 0,057 | 0,299 | 0,185 |
| V- | 0,097 | 0,199 | 0,002  | 0,057 | 0,016 | 0,003 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines | dj+   | dj-   |
|--------------|-------|-------|
| MZGL100      | 0,290 | 0,271 |
| MTDT100      | 0,371 | 0,098 |
| FOM-60       | 0,182 | 0,358 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal Dj+

| Les machines | Dj+   | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|--------------|-------|----------------|------------------------------|
| MZGL100      | 0,482 | 2              | 36%                          |
| MTDT100      | 0,209 | 3              | 15%                          |
| FOM-60       | 0,662 | 1              | 49%                          |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **FOM-60**.

### ➤ Le choix pour la machine d'évaporation:

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids  | 0.2     | 0.25          | 0.15                           | 0.15        | 0.15        | 0.1      |
|--------|---------|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|----------|
| Xij    | Prix \$ | Capacité (Kg) | Température D'évaporation (C°) |             |             | Garantie |
|        |         |               | 1 effet (M)                    | 2 effet (M) | 3 effet (M) |          |
| MTZ-ms | 400000  | 41660         | 85                             | 72,5        | 52,5        | 24       |

## Partie II : Étude Technique

|              |         |        |      |      |      |    |
|--------------|---------|--------|------|------|------|----|
| Zfq          | 1000000 | 80000  | 82,5 | 72,5 | 48,5 | 18 |
| Personnalisé | 100000  | 100000 | 87,5 | 72,5 | 50   | 12 |
| ACE-ZFQ-A36  | 99999   | 16667  | 75   | 66,5 | 48   | 12 |
| EVAPORATOR   | 8000    | 10000  | 85   | 72,5 | 60   | 12 |

### Etape 02 : Etablir la matrice R

|                                |            |               |                                |             |             |          |
|--------------------------------|------------|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|----------|
| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 1086307,42 | 136063,75     | 185,84                         | 159,52      | 116,24      | 36,49    |
| Rij                            | Prix \$    | Capacité (Kg) | Température D'évaporation (C°) |             |             | Garantie |
|                                |            |               | 1 effet (M)                    | 2 effet (M) | 3 effet (M) |          |
| MTZ-ms                         | 0,368      | 0,306         | 0,457                          | 0,454       | 0,451       | 0,657    |
| Zfq                            | 0,920      | 0,587         | 0,443                          | 0,454       | 0,417       | 0,493    |
| Personnalisé                   | 0,092      | 0,734         | 0,470                          | 0,454       | 0,430       | 0,328    |
| ACE-ZFQ-A36                    | 0,092      | 0,122         | 0,403                          | 0,416       | 0,412       | 0,328    |
| EVAPORATOR                     | 0,007      | 0,073         | 0,457                          | 0,454       | 0,516       | 0,328    |

### Etape 03 : Etablir la matrice V

|              |         |               |                                |             |             |          |
|--------------|---------|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|----------|
| Vij          | Prix \$ | Capacité (Kg) | Température D'évaporation (C°) |             |             | Garantie |
|              |         |               | 1 effet (M)                    | 2 effet (M) | 3 effet (M) |          |
| MTZ-ms       | 0,073   | 0,076         | 0,068                          | 0,0681      | 0,067       | 0,065    |
| Zfq          | 0,184   | 0,146         | 0,066                          | 0,0681      | 0,062       | 0,049    |
| Personnalisé | 0,018   | 0,183         | 0,070                          | 0,0681      | 0,064       | 0,032    |
| ACE-ZFQ-A36  | 0,018   | 0,030         | 0,060                          | 0,0625      | 0,061       | 0,032    |
| EVAPORATOR   | 0,0014  | 0,0183        | 0,068                          | 0,068       | 0,077       | 0,032    |

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|    |       |       |            |            |            |           |
|----|-------|-------|------------|------------|------------|-----------|
| V+ | 0,001 | 0,183 | 0,070      | 0,068      | 0,077      | 0,065     |
| V- | 0,184 | 0,018 | 0,06053507 | 0,06253058 | 0,06193906 | 0,0328798 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

|              |     |     |
|--------------|-----|-----|
| Les machines | dj+ | dj- |
|--------------|-----|-----|

## Partie II : Étude Technique

|              |       |       |
|--------------|-------|-------|
| MTZ-ms       | 0,129 | 0,129 |
| Zfq          | 0,187 | 0,130 |
| Personnalisé | 0,039 | 0,234 |
| ACE-ZFQ-A36  | 0,158 | 0,166 |
| EVAPORATOR   | 0,168 | 0,183 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal $D_j^+$

| Les machines | $D_j^+$     | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|--------------|-------------|----------------|------------------------------|
| MTZ-ms       | 0,500       | 4              | 18%                          |
| Zfq          | 0,409       | 5              | 15%                          |
| Personnalisé | 0,856       | 1              | 31%                          |
| ACE-ZFQ-A36  | 0,511471059 | 3              | 18%                          |
| EVAPORATOR   | 0,521216809 | 2              | 19%                          |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **Personnalisé**.

### ➤ Le choix pour la machine de cristallisation:

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids      | 0.1       | 0.2     | 0.1            | 0.1     | 0.3           | 0.2      |
|------------|-----------|---------|----------------|---------|---------------|----------|
| $X_{ij}$   | Poids(Kg) | Prix \$ | Puissance (kw) | Tension | Capacité (/h) | Garantie |
| MZ-1000    | 1500      | 29000   | 5              | 380     | 3             | 12       |
| MTZ-b      | 26000     | 410000  | 1.5            | 380     | 2.08          | 24       |
| A-BT2-490b | 2000      | 50000   | 40             | 380     | 4.16          | 24       |

#### Etape 02 : Etablir la matrice R

| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 26119,91  | 414054,34 | 40,34          | 658,18  | 5,534         | 36       |
|--------------------------------|-----------|-----------|----------------|---------|---------------|----------|
| $R_{ij}$                       | Poids(Kg) | Prix \$   | Puissance (kw) | Tension | Capacité (/h) | Garantie |
| MZ-1000                        | 0,057     | 0,070     | 0,123          | 0,577   | 0,542         | 0,333    |
| MTZ-b                          | 0,995     | 0,990     | 0,037          | 0,577   | 0,375         | 0,666    |
| A-BT2-490b                     | 0,076     | 0,120     | 0,991          | 0,577   | 0,751         | 0,666    |

#### Etape 03 : Etablir la matrice V



## Partie II : Étude Technique

| Vij        | Poids(Kg) | Prix \$ | Puissance (kw) | Tension | Capacité (/h) | Garantie |
|------------|-----------|---------|----------------|---------|---------------|----------|
| MZ-1000    | 0,005     | 0,014   | 0,012          | 0,057   | 0,162         | 0,0666   |
| MTZ-b      | 0,099     | 0,198   | 0,0037         | 0,057   | 0,112         | 0,1333   |
| A-BT2-490b | 0,007     | 0,024   | 0,099          | 0,057   | 0,225         | 0,1333   |

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|    |        |       |       |       |       |        |
|----|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| V+ | 0,0057 | 0,014 | 0,099 | 0,057 | 0,225 | 0,1333 |
| V- | 0,099  | 0,198 | 0,003 | 0,057 | 0,112 | 0,0666 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines | dj+   | dj-    |
|--------------|-------|--------|
| MZ-1000      | 0,126 | 0,212  |
| MTZ-b        | 0,253 | 0,0666 |
| A-BT2-490b   | 0,010 | 0,2548 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal Dj+

| Les machines | Dj+   | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|--------------|-------|----------------|------------------------------|
| MZ-1000      | 0,627 | 2              | 35%                          |
| MTZ-b        | 0,207 | 3              | 12%                          |
| A-BT2-490b   | 0,961 | 1              | 53%                          |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **A-BT2-490b**.

### ➤ Le choix pour la machine d'essorage :

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids      | 0.05  | 0.2     | 0.05          | 0.05    | 0.25          | 0.25               | 0.15     |
|------------|-------|---------|---------------|---------|---------------|--------------------|----------|
| Xij        | Poids | Prix \$ | Puissance (w) | Tension | Capacité (/h) | Fréquence (r /min) | Garantie |
| HXSJ -2600 | 2000  | 1000    | 5,5           | 450     | 60            | 1500               | 12       |
| HXSJ -2000 | 2000  | 1000    | 4             | 380     | 60            | 1500               | 12       |
| HXSJ -1600 | 2000  | 1000    | 2,2           | 220     | 60            | 960                | 12       |
| HXSJ       | 380   | 5999    | 4             | 415     | 10            | 960                | 12       |

#### Etape 02 : Etablir la matrice R

| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 3484,882 | 6244,037 | 8,191       | 753,343 | 98,995   | 2518,571            | 24,000   |
|--------------------------------|----------|----------|-------------|---------|----------|---------------------|----------|
| rij                            | Poids    | Prix \$  | Puissance W | Tension | Capacité | Fréquence (r / min) | Garantie |

## Partie II : Étude Technique

|                   |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>HXSJ -2600</b> | 0,574 | 0,160 | 0,671 | 0,597 | 0,606 | 0,596 | 0,500 |
| <b>HXSJ -2000</b> | 0,574 | 0,160 | 0,488 | 0,504 | 0,606 | 0,596 | 0,500 |
| <b>HXSJ -1600</b> | 0,574 | 0,160 | 0,269 | 0,292 | 0,505 | 0,381 | 0,500 |
| <b>HXSJ</b>       | 0,109 | 0,961 | 0,488 | 0,551 | 0,101 | 0,381 | 0,500 |

### Etape 03 : Etablir la matrice V

| Vij               | Poids | Prix \$ | Puissance W | Tension | Capacité | Fréquence (r / min) | Garantie |
|-------------------|-------|---------|-------------|---------|----------|---------------------|----------|
| <b>HXSJ -2600</b> | 0,029 | 0,032   | 0,034       | 0,030   | 0,152    | 0,149               | 0,075    |
| <b>HXSJ -2000</b> | 0,029 | 0,032   | 0,024       | 0,025   | 0,152    | 0,149               | 0,075    |
| <b>HXSJ -1600</b> | 0,029 | 0,032   | 0,013       | 0,015   | 0,126    | 0,095               | 0,075    |
| <b>HXSJ</b>       | 0,005 | 0,192   | 0,024       | 0,028   | 0,025    | 0,095               | 0,075    |

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|           |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>v+</b> | 0,005 | 0,032 | 0,034 | 0,030 | 0,152 | 0,149 | 0,075 |
| <b>v-</b> | 0,029 | 0,192 | 0,013 | 0,015 | 0,025 | 0,095 | 0,075 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines      | dj+   | dj-   |
|-------------------|-------|-------|
| <b>HXSJ -2600</b> | 0,023 | 0,212 |
| <b>HXSJ -2000</b> | 0,025 | 0,211 |
| <b>HXSJ -1600</b> | 0,068 | 0,189 |
| <b>HXSJ</b>       | 0,211 | 0,029 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal Dj+

| Les machines      | Dj+   | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|-------------------|-------|----------------|------------------------------|
| <b>HXSJ -2600</b> | 0,901 | 1              | 34%                          |
| <b>HXSJ -2000</b> | 0,893 | 2              | 34%                          |
| <b>HXSJ -1600</b> | 0,734 | 3              | 28%                          |
| <b>HXSJ</b>       | 0,120 | 4              | 5%                           |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **HXSJ -2600**

### ➤ Le choix pour la machine de séchage:

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids                        | 0,06  | 0,15    | 0,06           | 0,06    | 0,15     | 0,15                       | 0,25                   | 0,12     |
|------------------------------|-------|---------|----------------|---------|----------|----------------------------|------------------------|----------|
| Xij                          | Poids | Prix \$ | Puissance (Kw) | Tension | Capacité | La vitesse (r/min) moyenne | température de séchage | Garantie |
| <b>ZKRDΦ3000×2 5000 (mm)</b> | 104,9 | 60000   | 75             | 440     | 45       | 3,25                       | 760                    | 12       |

## Partie II : Étude Technique

|                            |      |       |      |     |      |      |     |    |
|----------------------------|------|-------|------|-----|------|------|-----|----|
| <b>ZKRDΦ3000×2000 (mm)</b> | 78   | 60000 | 55   | 440 | 40   | 3,25 | 800 | 12 |
| <b>TD SG1818</b>           | 30   | 32500 | 20,5 | 380 | 5,5  | 3,25 | 800 | 12 |
| <b>DL SG2912/3</b>         | 76   | 30000 | 155  | 380 | 9,93 | 3,25 | 380 | 12 |
| <b>ZKRDΦ3000×2000</b>      | 78   | 60000 | 55   | 440 | 40   | 3,25 | 760 | 12 |
| <b>Guoxin</b>              | 28,8 | 15000 | 18,5 | 380 | 3,8  | 5,5  | 230 | 12 |
| <b>1.5x14m</b>             | 20   | 35000 | 15   | 380 | 6,6  | 4    | 800 | 12 |

### Etape 02 : Etablir la matrice R

|                                |              |                |                     |                |                 |                           |                    |                 |
|--------------------------------|--------------|----------------|---------------------|----------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|
| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 176,28<br>8  | 119189,9<br>74 | 191,540             | 1076,290       | 73,565          | 9,953                     | 1809,005           | 31,749          |
| <b>rij</b>                     | <b>Poids</b> | <b>Prix \$</b> | <b>Puissance Kw</b> | <b>Tension</b> | <b>Capacité</b> | <b>La vitesse moyenne</b> | <b>température</b> | <b>Garantie</b> |
| <b>ZKRDΦ3000×2500 (mm)</b>     | 0,595        | 0,503          | 0,392               | 0,409          | 0,612           | 0,327                     | 0,420              | 0,378           |
| <b>ZKRDΦ3000×2000 (mm)</b>     | 0,442        | 0,503          | 0,287               | 0,409          | 0,544           | 0,327                     | 0,442              | 0,378           |
| <b>TD SG1818</b>               | 0,170        | 0,273          | 0,107               | 0,353          | 0,075           | 0,327                     | 0,442              | 0,378           |
| <b>DL SG2912/3</b>             | 0,431        | 0,252          | 0,809               | 0,353          | 0,135           | 0,327                     | 0,210              | 0,378           |
| <b>ZKRDΦ3000×2000</b>          | 0,442        | 0,503          | 0,287               | 0,409          | 0,544           | 0,327                     | 0,420              | 0,378           |
| <b>Guoxin</b>                  | 0,163        | 0,126          | 0,097               | 0,353          | 0,052           | 0,553                     | 0,127              | 0,378           |
| <b>1.5x14m</b>                 | 0,113        | 0,294          | 0,078               | 0,353          | 0,090           | 0,402                     | 0,442              | 0,378           |

### Etape 03 : Etablir la matrice V

|                            |              |                |                      |                |                 |                           |                    |                 |
|----------------------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>Vij</b>                 | <b>Poids</b> | <b>Prix \$</b> | <b>Puissance(Kw)</b> | <b>Tension</b> | <b>Capacité</b> | <b>La vitesse moyenne</b> | <b>température</b> | <b>Garantie</b> |
| <b>ZKRDΦ3000×2500 (mm)</b> | 0,0357       | 0,0755         | 0,0235               | 0,0245         | 0,0918          | 0,0490                    | 0,1050             | 0,0454          |
| <b>ZKRDΦ3000×2000 (mm)</b> | 0,0265       | 0,0755         | 0,0172               | 0,0245         | 0,0816          | 0,0490                    | 0,1106             | 0,0454          |
| <b>TD SG1818</b>           | 0,0102       | 0,0409         | 0,0064               | 0,0212         | 0,0112          | 0,0490                    | 0,1106             | 0,0454          |
| <b>DL SG2912/3</b>         | 0,0259       | 0,0378         | 0,0486               | 0,0212         | 0,0202          | 0,0490                    | 0,0525             | 0,0454          |
| <b>ZKRDΦ3000×2000</b>      | 0,0265       | 0,0755         | 0,0172               | 0,0245         | 0,0816          | 0,0490                    | 0,1050             | 0,0454          |
| <b>Guoxin</b>              | 0,0098       | 0,0189         | 0,0058               | 0,0212         | 0,0077          | 0,0829                    | 0,0318             | 0,0454          |
| <b>1.5x14m</b>             | 0,0068       | 0,0440         | 0,0047               | 0,0212         | 0,0135          | 0,0603                    | 0,1106             | 0,0454          |

## Partie II : Étude Technique

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| v+ | 0,007 | 0,019 | 0,049 | 0,025 | 0,092 | 0,083 | 0,111 | 0,045 |
| v- | 0,036 | 0,076 | 0,005 | 0,021 | 0,008 | 0,049 | 0,032 | 0,045 |

### Etape5 : Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines         | dj+   | dj-   |
|----------------------|-------|-------|
| ZKRDΦ3000×25000 (mm) | 0,076 | 0,113 |
| ZKRDΦ3000×20000 (mm) | 0,076 | 0,109 |
| TDSG1818             | 0,100 | 0,090 |
| DLSG2912/3           | 0,102 | 0,063 |
| ZKRDΦ3000×20000      | 0,077 | 0,105 |
| Guoxin               | 0,123 | 0,071 |
| 1.5x14m              | 0,096 | 0,091 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal

| Les machines         | Dj+   | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|----------------------|-------|----------------|------------------------------|
| ZKRDΦ3000×25000 (mm) | 0,597 | 1              | 17%                          |
| ZKRDΦ3000×20000 (mm) | 0,588 | 2              | 17%                          |
| TDSG1818             | 0,474 | 5              | 14%                          |
| DLSG2912/3           | 0,384 | 6              | 11%                          |
| ZKRDΦ3000×20000      | 0,579 | 3              | 17%                          |
| Guoxin               | 0,366 | 7              | 11%                          |
| 1.5x14m              | 0,485 | 4              | 14%                          |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **ZKRDΦ3000×25000 (mm)**.

### ➤ Le choix pour la machine d'emballage:

#### Etape 01 : Etablir la matrice X

| Poids     | 0,2       | 0,1            | 0,1     | 0,25                      | 0,25                      | 0,1      |
|-----------|-----------|----------------|---------|---------------------------|---------------------------|----------|
| Xij       | Prix (\$) | Puissance (Kw) | Tension | Vitesse d'emballage (min) | Plage de remplissage (Kg) | Garantie |
| TH--3308  | 30000     | 4              | 380     | 60                        | 1                         | 12       |
| AH-KLQ500 | 7200      | 2              | 220     | 20                        | 0,5                       | 12       |
| VL-450    | 15000     | 2,5            | 220     | 60                        | 0,6                       | 12       |
| KF02-PD   | 4458      | 1,2            | 220     | 70                        | 0,8                       | 12       |
| BGJ-50    | 8000      | 1,1            | 380     | 4                         | 50                        | 12       |
| JT-420W   | 22000     | 3              | 220     | 60                        | 5                         | 12       |

## Partie II : Étude Technique

|                  |       |      |      |    |    |    |
|------------------|-------|------|------|----|----|----|
| DS-720BZ         | 30000 | 3,5  | 3600 | 40 | 1  | 12 |
| GG-500           | 5500  | 1,8  | 220  | 35 | 1  | 12 |
| YB-300K          | 5300  | 1,6  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| GG60AF           | 4000  | 1,9  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| MK-420E          | 16000 | 2,5  | 220  | 50 | 1  | 12 |
| DB-300           | 18000 | 1,5  | 220  | 15 | 1  | 12 |
| MY-690KB         | 6000  | 1,85 | 380  | 60 | 1  | 12 |
| TOPY-VFFS        | 19000 | 2,2  | 415  | 60 | 1  | 24 |
| CB-300G          | 5000  | 2    | 220  | 90 | 1  | 12 |
| KF02-G           | 3800  | 1,5  | 220  | 70 | 1  | 12 |
| DCS-2.5B-ZD-DJ   | 15000 | 1    | 220  | 30 | 2  | 12 |
| CB-4230          | 29000 | 4    | 220  | 60 | 10 | 12 |
| HTL-420A         | 12500 | 3,5  | 380  | 70 | 1  | 12 |
| JB-300K          | 4800  | 1,9  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| MZRS100          | 28000 | 7,5  | 380  | 17 | 1  | 36 |
| LD-720D          | 30000 | 3    | 220  | 55 | 1  | 12 |
| YQK-80           | 5000  | 1,5  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| THPM-G           | 3200  | 0,5  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| TCLB-420AZ       | 20000 | 2,2  | 220  | 60 | 5  | 12 |
| LCS-ST           | 9800  | 2,8  | 480  | 10 | 50 | 12 |
| SKL-C420/SKL-520 | 8000  | 3    | 220  | 65 | 5  | 12 |
| ND-K320          | 5000  | 1,8  | 380  | 67 | 5  | 12 |
| SL-420C          | 35800 | 2,6  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| ZE-420LB         | 13500 | 2,2  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| DPP-999          | 5000  | 0,2  | 220  | 60 | 1  | 12 |
| ZV-420C          | 35000 | 2    | 220  | 60 | 10 | 12 |

### Etape 02 : Etablir la matrice R

|                                |          |           |         |         |                      |          |
|--------------------------------|----------|-----------|---------|---------|----------------------|----------|
| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 99994,77 | 14,96     | 3916,92 | 315,27  | 72,97                | 78,69    |
| rij                            | Prix \$  | Puissance | Tension | Vitesse | Plage de remplissage | Garantie |
| TH-3308                        | 0,300    | 0,267     | 0,097   | 0,190   | 0,014                | 0,152    |
| AH-KLQ500                      | 0,072    | 0,134     | 0,056   | 0,063   | 0,007                | 0,152    |

## Partie II : Étude Technique

|                  |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VL-450           | 0,150 | 0,167 | 0,056 | 0,190 | 0,008 | 0,152 |
| KF02-PD          | 0,045 | 0,080 | 0,056 | 0,222 | 0,011 | 0,152 |
| BGJ-50           | 0,080 | 0,074 | 0,097 | 0,013 | 0,685 | 0,152 |
| JT-420W          | 0,220 | 0,201 | 0,056 | 0,190 | 0,069 | 0,152 |
| DS-720BZ         | 0,300 | 0,234 | 0,919 | 0,127 | 0,014 | 0,152 |
| GG-500           | 0,055 | 0,120 | 0,056 | 0,111 | 0,014 | 0,152 |
| YB-300K          | 0,053 | 0,107 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| GG60AF           | 0,040 | 0,127 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| MK-420E          | 0,160 | 0,167 | 0,056 | 0,159 | 0,014 | 0,152 |
| DB-300           | 0,180 | 0,100 | 0,056 | 0,048 | 0,014 | 0,152 |
| MY-690KB         | 0,060 | 0,124 | 0,097 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| TOPY-VFFS        | 0,190 | 0,147 | 0,106 | 0,190 | 0,014 | 0,305 |
| CB-300G          | 0,050 | 0,134 | 0,056 | 0,285 | 0,014 | 0,152 |
| KF02-G           | 0,038 | 0,100 | 0,056 | 0,222 | 0,014 | 0,152 |
| DCS-2.5B-ZD-DJ   | 0,150 | 0,067 | 0,056 | 0,095 | 0,027 | 0,152 |
| CB-4230          | 0,290 | 0,267 | 0,056 | 0,190 | 0,137 | 0,152 |
| HTL-420A         | 0,125 | 0,234 | 0,097 | 0,222 | 0,014 | 0,152 |
| JB-300K          | 0,048 | 0,127 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| MZRS100          | 0,280 | 0,501 | 0,097 | 0,054 | 0,014 | 0,457 |
| LD-720D          | 0,300 | 0,201 | 0,056 | 0,174 | 0,014 | 0,152 |
| YQK-80           | 0,050 | 0,100 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| THPM-G           | 0,032 | 0,033 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| TCLB-420AZ       | 0,200 | 0,147 | 0,056 | 0,190 | 0,069 | 0,152 |
| LCS-ST           | 0,098 | 0,187 | 0,123 | 0,032 | 0,685 | 0,152 |
| SKL-C420/SKL-520 | 0,080 | 0,201 | 0,056 | 0,206 | 0,069 | 0,152 |
| ND-K320          | 0,050 | 0,120 | 0,097 | 0,213 | 0,069 | 0,152 |
| SL-420C          | 0,358 | 0,174 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| ZE-420LB         | 0,135 | 0,147 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| DPP-999          | 0,050 | 0,013 | 0,056 | 0,190 | 0,014 | 0,152 |
| ZV-420C          | 0,350 | 0,134 | 0,056 | 0,190 | 0,137 | 0,152 |

### Etape 03 : Etablir la matrice V

| Vij       | Prix \$ | Puissance | Tension | Vitesse | remplissage | Garantie |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|-------------|----------|
| TH--3308  | 0,060   | 0,027     | 0,010   | 0,048   | 0,003       | 0,015    |
| AH-KLQ500 | 0,014   | 0,013     | 0,006   | 0,016   | 0,002       | 0,015    |
| VL-450    | 0,030   | 0,017     | 0,006   | 0,048   | 0,002       | 0,015    |
| KF02-PD   | 0,009   | 0,008     | 0,006   | 0,056   | 0,003       | 0,015    |
| BGJ-50    | 0,016   | 0,007     | 0,010   | 0,003   | 0,171       | 0,015    |
| JT-420W   | 0,044   | 0,020     | 0,006   | 0,048   | 0,017       | 0,015    |
| DS-720BZ  | 0,060   | 0,023     | 0,092   | 0,032   | 0,003       | 0,015    |
| GG-500    | 0,011   | 0,012     | 0,006   | 0,028   | 0,003       | 0,015    |
| YB-300K   | 0,011   | 0,011     | 0,006   | 0,048   | 0,003       | 0,015    |
| GG60AF    | 0,008   | 0,013     | 0,006   | 0,048   | 0,003       | 0,015    |

## Partie II : Étude Technique

|                         |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>MK-420E</b>          | 0,032 | 0,017 | 0,006 | 0,040 | 0,003 | 0,015 |
| <b>DB-300</b>           | 0,036 | 0,010 | 0,006 | 0,012 | 0,003 | 0,015 |
| <b>MY-690KB</b>         | 0,012 | 0,012 | 0,010 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>TOPY-VFFS</b>        | 0,038 | 0,015 | 0,011 | 0,048 | 0,003 | 0,030 |
| <b>CB-300G</b>          | 0,010 | 0,013 | 0,006 | 0,071 | 0,003 | 0,015 |
| <b>KF02-G</b>           | 0,008 | 0,010 | 0,006 | 0,056 | 0,003 | 0,015 |
| <b>DCS-2.5B-ZD-DJ</b>   | 0,030 | 0,007 | 0,006 | 0,024 | 0,007 | 0,015 |
| <b>CB-4230</b>          | 0,058 | 0,027 | 0,006 | 0,048 | 0,034 | 0,015 |
| <b>HTL-420A</b>         | 0,025 | 0,023 | 0,010 | 0,056 | 0,003 | 0,015 |
| <b>JB-300K</b>          | 0,010 | 0,013 | 0,006 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>MZRS100</b>          | 0,056 | 0,050 | 0,010 | 0,013 | 0,003 | 0,046 |
| <b>LD-720D</b>          | 0,060 | 0,020 | 0,006 | 0,044 | 0,003 | 0,015 |
| <b>YQK-80</b>           | 0,010 | 0,010 | 0,006 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>THPM-G</b>           | 0,006 | 0,003 | 0,006 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>TCLB-420AZ</b>       | 0,040 | 0,015 | 0,006 | 0,048 | 0,017 | 0,015 |
| <b>LCS-ST</b>           | 0,020 | 0,019 | 0,012 | 0,008 | 0,171 | 0,015 |
| <b>SKL-C420/SKL-520</b> | 0,016 | 0,020 | 0,006 | 0,052 | 0,017 | 0,015 |
| <b>ND-K320</b>          | 0,010 | 0,012 | 0,010 | 0,053 | 0,017 | 0,015 |
| <b>SL-420C</b>          | 0,072 | 0,017 | 0,006 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>ZE-420LB</b>         | 0,027 | 0,015 | 0,006 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>DPP-999</b>          | 0,010 | 0,001 | 0,006 | 0,048 | 0,003 | 0,015 |
| <b>ZV-420C</b>          | 0,070 | 0,013 | 0,006 | 0,048 | 0,034 | 0,015 |

### Etape 4 : définition de l'idéal positive (V+) et l'idéal négatif (V-)

|           |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>V+</b> | 0,006 | 0,050 | 0,092 | 0,071 | 0,171 | 0,046 |
| <b>V-</b> | 0,072 | 0,001 | 0,006 | 0,003 | 0,002 | 0,015 |

### Etape5 : Calcul de la distance pour chaque alternative

| <b>Les machines</b> | <b>dj+</b> | <b>dj-</b> |
|---------------------|------------|------------|
| <b>TH--3308</b>     | 0,200      | 0,053      |
| <b>AH-KLQ500</b>    | 0,204      | 0,060      |
| <b>VL-450</b>       | 0,198      | 0,063      |
| <b>KF02-PD</b>      | 0,197      | 0,082      |
| <b>BGJ-50</b>       | 0,119      | 0,179      |
| <b>JT-420W</b>      | 0,187      | 0,058      |
| <b>DS-720BZ</b>     | 0,185      | 0,094      |
| <b>GG-500</b>       | 0,200      | 0,066      |
| <b>YB-300K</b>      | 0,197      | 0,076      |
| <b>GG60AF</b>       | 0,196      | 0,078      |
| <b>MK-420E</b>      | 0,198      | 0,056      |
| <b>DB-300</b>       | 0,206      | 0,038      |
| <b>MY-690KB</b>     | 0,195      | 0,075      |
| <b>TOPY-VFFS</b>    | 0,195      | 0,059      |
| <b>CB-300G</b>      | 0,195      | 0,093      |

## Partie II : Étude Technique

|                  |       |       |
|------------------|-------|-------|
| KF02-G           | 0,196 | 0,083 |
| DCS-2.5B-ZD-DJ   | 0,200 | 0,047 |
| CB-4230          | 0,176 | 0,062 |
| HTL-420A         | 0,193 | 0,074 |
| JB-300K          | 0,196 | 0,077 |
| MZRS100          | 0,202 | 0,061 |
| LD-720D          | 0,203 | 0,046 |
| YQK-80           | 0,197 | 0,076 |
| THPM-G           | 0,198 | 0,079 |
| TCLB-420AZ       | 0,187 | 0,058 |
| LCS-ST           | 0,112 | 0,178 |
| SKL-C420/SKL-520 | 0,183 | 0,078 |
| ND-K320          | 0,182 | 0,082 |
| SL-420C          | 0,206 | 0,047 |
| ZE-420LB         | 0,197 | 0,064 |
| DPP-999          | 0,199 | 0,076 |
| ZV-420C          | 0,182 | 0,056 |

### Etape 6 : Calcule du degré de proximité au positif idéal $Dj^+$

| Les machines | $Dj^+$ | Ordre de choix | Répartition des coefficients |
|--------------|--------|----------------|------------------------------|
| TH—3308      | 0,209  | 29             | 2%                           |
| AH-KLQ500    | 0,227  | 27             | 3%                           |
| VL-450       | 0,241  | 20             | 3%                           |
| KF02-PD      | 0,294  | 7              | 3%                           |
| BGJ-50       | 0,599  | 2              | 7%                           |
| JT-420W      | 0,235  | 24             | 3%                           |
| DS-720BZ     | 0,337  | 21             | 4%                           |
| GG-500       | 0,249  | 18             | 3%                           |
| YB-300K      | 0,279  | 13             | 3%                           |
| GG60AF       | 0,285  | 9              | 3%                           |
| MK-420E      | 0,220  | 28             | 2%                           |
| DB-300       | 0,155  | 33             | 2%                           |
| MY-690KB     | 0,279  | 14             | 3%                           |
| TOPY-VFFS    | 0,234  | 25             | 3%                           |
| CB-300G      | 0,323  | 3              | 4%                           |
| KF02-G       | 0,298  | 5              | 3%                           |



## Partie II : Étude Technique

|                  |       |    |    |
|------------------|-------|----|----|
| DCS-2.5B-ZD-DJ   | 0,190 | 30 | 2% |
| CB-4230          | 0,261 | 17 | 3% |
| HTL-420A         | 0,276 | 16 | 3% |
| JB-300K          | 0,282 | 11 | 3% |
| MZRS100          | 0,231 | 26 | 3% |
| LD-720D          | 0,185 | 32 | 2% |
| YQK-80           | 0,280 | 12 | 3% |
| THPM-G           | 0,285 | 10 | 3% |
| TCLB-420AZ       | 0,237 | 23 | 3% |
| LCS-ST           | 0,615 | 1  | 7% |
| SKL-C420/SKL-520 | 0,298 | 6  | 3% |
| ND-K320          | 0,309 | 4  | 3% |
| SL-420C          | 0,187 | 31 | 2% |
| ZE-420LB         | 0,246 | 19 | 3% |
| DPP-999          | 0,276 | 15 | 3% |
| ZV-420C          | 0,237 | 22 | 3% |

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le coefficient le plus élevé : **LCS-ST**

**Analyse : de la phase A (TOPSIS 1) :** A la fin de l'étape 6, nous avons obtenu un classement pour chaque machine. Les résultats représentant Le fournisseur sélectionné pour chaque machine sont illustrés sur le tableau suivant :

| Les machines    | Les fournisseurs           |
|-----------------|----------------------------|
| Lavage          | Henan, China (Mainland)    |
| Découpage       | Taiwan                     |
| Diffusion       | France                     |
| Epuration       | Jiangsu, China (Mainland)  |
| Filtration      | Henan, China (Mainland)    |
| Evaporation     | Jiangsu, China (Mainland)  |
| Cristallisation | Shanghai, China (Mainland) |
| Essorage        | China (Mainland)           |
| Séchage         | Henan, China (Mainland)    |

## Partie II : Étude Technique

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| Emballage | Jiangsu, China (Mainland) |
|-----------|---------------------------|

Tableau II. 36 Classement selon la méthode TOPSIS

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons que plusieurs fournisseurs sont sélectionnés, Ce qui est pratiquement difficile car nous sommes susceptibles de rencontrer de nombreux problèmes financiers et spirituelle (problème d'installation, d'exploitation, de formation, d'achat ...).

Puisque nous désirons acquérir tous l'équipement d'une seule société bien sûr si le prix total de la chaîne de production de traitement de betterave à sucre par cette entreprise est inférieur au prix total des machines données par l'application de TOPSIS 1. En raison de ce qui était cité auparavant, nous allons appliquer la méthode TOPSIS une 2ème fois sur les résultats obtenu. En ajoutant les critères en commun tel que délai de livraison, service après vente, formation, condition de paiement.

**Phase B :** Alors que nous avons terminé avec la phase 1, qui consistait à appliquer TOPSIS pour chaque machine, nous entamons la phase 2 qui nous donnera le meilleur fournisseur en se basant sur la phase 1 et en utilisant encore une fois TOPSIS.

Dans cette phase, nous utiliserons une seule matrice, cette matrice est constituée des Dj+ de chaque machine par rapport aux 6 fournisseurs.

| Entreprises/<br>Critère                           | Délai de livraison<br>(A)                     | Service après vente (B)                                                                                                                                                                               | Formation (C)                                                                                                                                                                                                                 | condition de<br>paiement(D)                     |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Taiwan (F1)</b>                                | 2 ~ 3 jours<br>ouvrables après le<br>paiement | *Service d'outre-mer disponible.<br><br>*Tous les types de pièces<br>fréquemment utilisées sont fournis<br>par nous tout au long de l'année.<br><br>Plus les vidéos et des conseils<br>professionnels | Sur site mais les frais<br>de voyage sont payés<br>par nous. Donc en fait<br>pour économiser notre<br>coût, fournisseur nous<br>enverra une vidéo de<br>l'installation complète<br>de la machine de<br>détails jusqu'à la fin | T / T et Western<br>Union sont<br>acceptés      |
| <b>France (F2)</b>                                | 30 jours après la<br>date du contrat          | Elle donne un an supervision                                                                                                                                                                          | Sur site                                                                                                                                                                                                                      | T/T                                             |
| <b>Jiangsu,<br/>China<br/>(Mainland)<br/>(F3)</b> | 30 jours après<br>paiement                    | 24 heures de service en ligne (dire<br>le problème à tous moment)                                                                                                                                     | Sur site                                                                                                                                                                                                                      | T / T, L / C, D /<br>A, D / P,<br>Western Union |
| <b>Henan,<br/>China<br/>(Mainland)<br/>(F4)</b>   | 20 jours après le<br>paiement.                | Après l'installation, ils laissant 1-2<br>personnel technique pour nous aider<br>sur la production sur place                                                                                          | Sur site                                                                                                                                                                                                                      | T/T ou L/C                                      |
| <b>Shanghai,<br/>China<br/>(Mainland)</b>         | 10 jours après<br>paiement                    | 24 h<br><br>Elle peut offrir 2 ans de garantie                                                                                                                                                        | Sur site (l'acheteur<br>devra payer les tickets                                                                                                                                                                               | L/C                                             |

## Partie II : Étude Technique

|                                 |                                                                                   |                                                                                                       |                     |                                                                      |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
| (F5)                            |                                                                                   | gratuitement. Tout problème pour leur machine, elle peut fournir les pièces de rechange gratuitement. | de nos techniciens) |                                                                      |
| <b>China (Mainland)</b><br>(F6) | 7-10 jours ouvrables, si la commande est grande, le temps devrait être plus long. | 24 heures de service en ligne, nous pouvons dire notre problème à tout moment.                        | Sur site            | T/T ( 30% du montant total de la commande à la date de la commande). |

Tableau II. 37les différentes offres donnant par les fournisseurs

### Etape 01 : Evaluation des critères.

Nous avons évalué les critères sur une échelle de 1 – 8 car sont des critères qualitatifs. Par exemple : nous avons attribué la note maximale qui est de 8 au meilleur critère choisir.

| Valeur numérique | Valeur linguistique      |
|------------------|--------------------------|
| 1                | Pas intéressent de tout  |
| 2                | Pas intéressent          |
| 3                | Très peu intéressent     |
| 4                | Moyennement intéressent  |
| 5                | Intéressent              |
| 6                | Très intéressent         |
| 7                | Super intéressent        |
| 8                | Parfaitement intéressent |

| Entreprises/Critère | Dj+1  | Dj+2  | Dj+3 | Dj+4  | Dj+5  | Dj+6  | Dj+7  | Dj+8 | Dj+9  | Dj+10 | A | B | C | F |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|---|---|---|---|
| F1                  | /     | 0,733 | /    | /     | /     | /     | /     | /    | /     | /     | 8 | 7 | 5 | 3 |
| F2                  | /     | 0,509 | 1    | /     | 0,482 | /     | /     | /    | /     | /     | 2 | 4 | 8 | 3 |
| F3                  | /     | /     | /    | 0,653 | /     | 0,856 | /     | /    | /     | 0,615 | 2 | 8 | 8 | 7 |
| F4                  | 0,831 | 0,538 | /    | /     | 0,662 | /     | /     | /    | 0,596 | 0,599 | 4 | 8 | 8 | 5 |
| F5                  | /     | /     | /    | /     | /     | /     | 0,961 | /    | /     | 0,282 | 6 | 6 | 5 | 4 |

## Partie II : Étude Technique

|    |   |   |   |   |   |   |   |       |   |       |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|---|---|---|
| F6 | / | / | / | / | / | / | / | 0,901 | / | 0,293 | 7 | 8 | 8 | 3 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|---|---|---|

### La légende :

|  |                                                |
|--|------------------------------------------------|
|  | suppression des machines                       |
|  | Les machines restantes                         |
|  | les cases concernant à des valeurs neutraliser |

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons que plusieurs machines sont sélectionnés par un seul fournisseur, menant à supprimer les machines concernées car ne pouvons pas appliquer TOPSIS.

Puisque nous désirons sélectionner le meilleur fournisseur nous proposons de donner des valeurs neutralisées pour les machines qui sont sélectionné plus qu'une fois par chaque fournisseur.

|                            |        |       |       |      |      |      |      |
|----------------------------|--------|-------|-------|------|------|------|------|
| Poids                      | 0,12   | 0,12  | 0,12  | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Xij                        | Dj+2   | Dj+5  | Dj+10 | A    | B    | C    | D    |
| Taiwan                     | 0,7337 | 0,482 | 0,282 | 8    | 7    | 5    | 3    |
| France                     | 0,5093 | 0,482 | 0,282 | 2    | 4    | 8    | 3    |
| Jiangsu,China (Mainland)   | 0,5093 | 0,482 | 0,615 | 2    | 8    | 8    | 7    |
| Henan, China (Mainland)    | 0,538  | 0,662 | 0,599 | 4    | 8    | 8    | 5    |
| Shnaghai, China (Mainland) | 0,5093 | 0,482 | 0,282 | 6    | 6    | 5    | 4    |
| China (Mainland)           | 0,5093 | 0,482 | 0,293 | 7    | 8    | 8    | 3    |

### Etape 2 : La normalisation

|                                |       |       |       |        |        |        |        |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| $\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$ | 1,366 | 1,265 | 1,030 | 13,153 | 17,117 | 17,493 | 10,817 |
| Rij                            | Dj+2  | Dj+5  | Dj+10 | A      | B      | C      | D      |
| Taiwan                         | 0,537 | 0,381 | 0,274 | 0,608  | 0,409  | 0,535  | 0,277  |
| France                         | 0,373 | 0,381 | 0,274 | 0,152  | 0,234  | 0,676  | 0,277  |
| Jiangsu,China (Mainland)       | 0,373 | 0,381 | 0,597 | 0,152  | 0,467  | 0,676  | 0,647  |
| Henan, China (Mainland)        | 0,394 | 0,523 | 0,581 | 0,304  | 0,467  | 0,676  | 0,462  |
| Shnaghai, China (Mainland)     | 0,373 | 0,381 | 0,274 | 0,456  | 0,351  | 0,535  | 0,370  |
| China (Mainland)               | 0,373 | 0,381 | 0,284 | 0,532  | 0,467  | 0,676  | 0,277  |

### Etape 3 : Calcule de la matrice normalisée pondérée.

|                            |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vij                        | Dj+2  | Dj+5  | Dj+10 | A     | B     | C     | D     |
| Taiwan                     | 0,064 | 0,046 | 0,033 | 0,097 | 0,065 | 0,086 | 0,044 |
| France                     | 0,045 | 0,046 | 0,033 | 0,024 | 0,037 | 0,108 | 0,044 |
| Jiangsu,China (Mainland)   | 0,045 | 0,046 | 0,072 | 0,024 | 0,075 | 0,108 | 0,104 |
| Henan, China (Mainland)    | 0,047 | 0,063 | 0,070 | 0,049 | 0,075 | 0,108 | 0,074 |
| Shnaghai, China (Mainland) | 0,045 | 0,046 | 0,033 | 0,073 | 0,056 | 0,086 | 0,059 |
| China (Mainland)           | 0,045 | 0,046 | 0,034 | 0,085 | 0,075 | 0,108 | 0,044 |

## Partie II : Étude Technique

**Etape 4 :** Définition de l'idéal positif  $V^+$  et l'idéal négatif  $V^-$

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v^+$ | 0,064 | 0,063 | 0,072 | 0,024 | 0,075 | 0,108 | 0,104 |
| $v^-$ | 0,045 | 0,046 | 0,033 | 0,097 | 0,037 | 0,086 | 0,044 |

**Etape 5 :** Calcule de la distance pour chaque alternative

| Les machines               | $d_j^+$ | $d_j^-$ |
|----------------------------|---------|---------|
| Taiwan                     | 0,106   | 0,034   |
| France                     | 0,084   | 0,076   |
| Jiangsu, China (Mainland)  | 0,026   | 0,111   |
| Henan, China (Mainland)    | 0,042   | 0,083   |
| Shanghai, China (Mainland) | 0,086   | 0,034   |
| China (Mainland)           | 0,096   | 0,045   |

**Etape 6 :** Calcule du degré de proximité au positif idéal  $D_j^+$

| Les fournisseurs            | $D_j^+$ | Classement |
|-----------------------------|---------|------------|
| Guangdong, China (Mainland) | 0,244   | 6          |
| France                      | 0,476   | 3          |
| Jiangsu, China (Mainland)   | 0,809   | 1          |
| Henan, China (Mainland)     | 0,663   | 2          |
| Shanghai, China (Mainland)  | 0,284   | 5          |
| China (Mainland)            | 0,320   | 4          |

Tableau II. 38 Classement final de la méthode TOPSIS

### Analyse : de la phase B (TOPSIS2)

L'application de la méthode TOPSIS pour la deuxième fois nous a permis de choisir le meilleur fournisseur par rapport à tous les critères et avec qui nous pouvons collaborer (**Jiangsu, China (Mainland)**).

Nous avons dit plus tôt que nous devons faire une comparaison entre le prix total de TOPSIS 1 et TOPSIS2 pour prendre la décision finale.

### Phase C : la comparaison entre phase A et B

| les machines    | Les prix(\$) (MAX) | prix (Min) | capacité(T/j) | les nombres des machines nécessaires |
|-----------------|--------------------|------------|---------------|--------------------------------------|
| Lavage          | 2316               | 2316       | 120/18 400    | = 153                                |
| Découpage       | 1000               | 1          | 24/18 400     | = 767                                |
| Diffusion       | 980000             | 980000     | 500/18 400    | = 37                                 |
| Epuration       | 5000               | 1          | 1200/18 400   | = 15                                 |
| Filtration      | 22000              | 750        | 1800/18 400   | = 10                                 |
| Evaporation     | 100000             | 100000     | 2400/18 400   | = 8                                  |
| Cristallisation | 50000              | 5000       | 100/18 400    | = 184                                |
| Essorage        | 1000               | 1000       | 1440/18 400   | = 13                                 |
| Séchage         | 60000              | 3000       | 1080/18 400   | = 17                                 |
| Emballage       | 9800               | 5800       | 864000/       | = 2                                  |

## Partie II : Étude Technique

|                                   |                    |                  |                            |   |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|----------------------------|---|
|                                   |                    |                  | 1840000(kg du sucre/jours) |   |
| <b>prix unitaire des machines</b> | <b>1231116</b>     | <b>1097868</b>   | /                          | / |
| <b>Dinar algérien DZD</b>         | <b>143461129,7</b> | <b>127933829</b> | /                          | / |

Tableau II. 39Le nombre de machines de transformation de la betterave sucrière fournies par de nombreux fournisseurs

| les machines                          | le prix maximal      | le prix minimal   |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Lavage                                | 153 *2316= 355 120   | 153 *2316=355 120 |
| Découpage                             | 767*1000=766 667     | 767*1=767         |
| Diffusion                             | 36 064 000           | 36 064 000        |
| Epuration                             | 76 667               | 15                |
| Filtration                            | 224 889              | 7 667             |
| Evaporation                           | 766 667              | 766 667           |
| Cristallisation                       | 9 200 000            | 920 000           |
| Essorage                              | 12 778               | 12 778            |
| Séchage                               | 1 022 222            | 51 111            |
| Emballage                             | 20 870               | 12 352            |
| <b>La somme des prix des machines</b> | <b>48 509 879</b>    | <b>38 190 476</b> |
| <b>Dinar algérien DZD</b>             | <b>5 652 823 978</b> | <b>4450310801</b> |

Tableau II. 40Calcul du prix total de la chaîne de production à base des machines fournies par plusieurs fournisseurs

| les fournisseurs                   | le prix de la chaîne | Capacité                                    | le prix total des chaînes adaptées à notre capacité de transformation | Nouvelle capacité                           | nombre des ensembles | Les nombres des ensembles fournis par le fournisseur |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Jiangsu, China (Mainland)</b>   | 1000000-9000000      | 1000 TCD ou TBD to 12000 TCD                | 1000000*2=2000000<br>9000000*2=18000000                               | 2000 TCD ou TBD to 24000 TCD                | 1 ensemble           | 5                                                    |
| <b>Jiangsu, China (Mainland)</b>   | 400000               | 20-1000TBD par jours                        | 400000*19=7200000<br>tels que :<br>19=18400/1000                      | 380-19000TBD par jours                      | >=1 ensemble         | 46                                                   |
| <b>Chongqing, China (Mainland)</b> | 10000000-100000000   | 1000TCD (tonne de canne /jours) à 12000 TCD | 20000000-200000000                                                    | 1000TCD (tonne de canne /jours) à 12000 TCD | 1ensemble            | 5                                                    |

Tableau II. 41le prix total de la chaîne de production de traitement de betterave à sucre de la société Jiangsu, Chongqing

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| <b>Les prix en dollar</b> | <b>Les prix en dinar algérien DZD</b> |
|---------------------------|---------------------------------------|

## Partie II : Étude Technique

|          |               |
|----------|---------------|
| 2000000  | 233058671,53  |
| 18000000 | 2097528043,74 |
| 7200000  | 839011217,5   |

Tableau II. 42conversation des devises

### Analyse : de la phase C

Après la sélection du meilleur fournisseur qui est Jiangsu et après plusieurs recherches, nous avons trouvé que Jiangsu vend deux chaînes de production avec des prix et des capacités différents, ce que nous oblige de choisir un des chaînes, notre choix dans ce cas se base sur deux critères qui sont la capacité et le prix et les nombres des chaînes adaptées à notre capacité journalière:

#### a. Les caractéristiques de la première chaîne :

Chaîne avec un prix chère, grande capacité de traitement de betterave, chaîne peut traiter deux types des plantes différentes (canne à sucre et betterave sucrière).

#### b. Les caractéristiques de la deuxième chaîne :

Chaîne moins chère par rapport la première, capacité moyenne, chaîne peut traiter un seul type des plantes (betterave sucrière).

D'après nos calculs nous avons trouvés que si nous choisis la première chaîne nous besoin juste **2 chaînes** de production avec une capacité maximal de **24000** qui est supérieur à notre capacité journalière. Pour la deuxième chaîne nous besoin **19 chaînes** avec une capacité maximale de **19000** qui est supérieur à notre capacité journalière.

Notre choix final est de sélectionner la première chaîne malgré elle est chère et sa capacité supérieur mais nous préférons travailler avec deux chaînes en parallèle et une capacité grande en cas nous décidons de faire une extension dans le futur, notre choix reste mieux que nous installons **19 chaînes**.

## II.11.Conclusion :

Dans cette partie nous avons présenté plusieurs axes dans le domaine technique de la transformation de la betterave sucrière. A travers étude menée nous avons pu déterminer un planning de la culture de la betterave sucrière en précisons le nombre des machines (arracheuses) utilisées avec la détermination de son routage optimale plus les nombres des camions et des machines du manutention, la deuxième a été consacrée en choix technologique du processus et une sélection objectif des fournisseurs en respectons différent contrainte de cout de disponibilité et de qualité technologique, la troisième partie est consacré à la planification afin de déterminer la meilleures synchronisation de livraison de la part du fournisseur en respectons la quantité et les délais prévus.

# Partie III

## Étude

# Organisationnelle et institutionnelle

*"Une personne ne peut acquérir des  
connaissances qu'après avoir appris à penser "*  
confouchius



## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| III.1. Introduction .....                                 | 150 |
| III.2. Section A. Étude Organisationnelle .....           | 150 |
| III.2.1. Département de Production .....                  | 151 |
| III.2.2. Département D'approvisionnement.....             | 151 |
| III.2.3. Département Commercial.....                      | 151 |
| III.2.4. Service de Comptabilité Et Étude Financière..... | 152 |
| III.3.Section B. Étude Institutionnelle.....              | 153 |
| III.3.1.La société par actions (SPA) .....                | 154 |
| III-3-2.SARL (Société à responsabilité limité) .....      | 156 |
| III.3.4.Gestion des ressources humaines : .....           | 161 |
| III.4.Resource de financement.....                        | 168 |
| III.5. Conclusion.....                                    | 173 |

## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

### III.1. Introduction

L'entreprise doit être conçue à la fois comme une organisation et comme une institution, ces deux notions étant intimement liées. Dans ce contexte, nous devons comprendre l'importance de l'étude organisationnelle et institutionnelle qui maintient un large champ des études de conception des entreprises modernes. L'impact de ces études à long terme auprès de ces entreprises, quel que soit le niveau juridique, les droits sociaux et les méthodes de travail administratives. Afin de réussir notre entreprise dans le domaine concurrentiel et commercial, nous devons définir correctement l'aspect organisationnel et institutionnel de l'administration pour éviter les risques encourus par l'entreprise face à des problèmes juridiques.

**III.2. Section A. Étude Organisationnelle** : Cette étude organisationnelle permet d'organiser et structurer les services et les départements de notre propre entreprise dans une structure administrative qui sont représenté dans l'organigramme suivant (DJAFER Mohamed, 2017) :

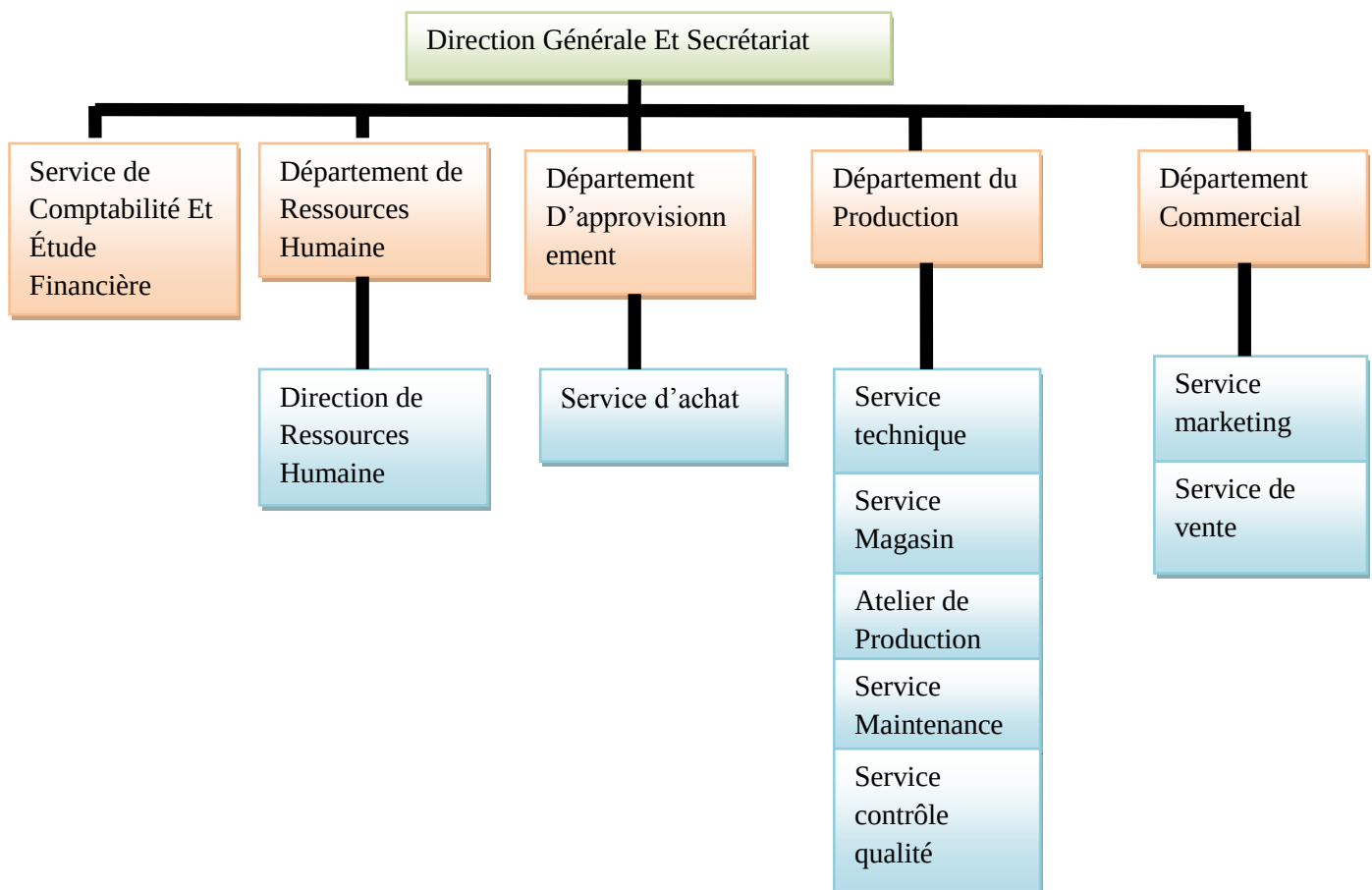


Figure III. 1: l'organigramme de l'usine de l'extraction de sucre à partir de la betterave Sucrière.

## **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

### **III.2.1. Département de Production**

Dans notre propre entreprise le département de production est le responsable sur la gestion de production qui est une ensemble des activités qui peut participer à la conception, la planification des ressources (matérielles, financière, ou humaine), leur ordonnancement, l'enregistrement et la traçabilité des activités de production. L'objectif de ce département est d'améliorer de façon continue la gestion des flux de la fabrication et de stocks à l'aide de deux services qui sont : service magasin et l'atelier de production en basent sur le service technique qui peut donner à notre entreprise la possibilité d'identifier les différents processus de fabrication à fin d'organiser le démarrage de la chaîne de production. Les autres services sont responsables sur le contrôle de qualité de la matière première jusqu'à le produit fini qui est le sucre en passe par toutes les étapes de fabrication et aussi sur la maintenance des équipements. Pour notre entreprise le service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût... etc (DJAFER Mohamed, 2017).

### **III.2.2. Département D'approvisionnement**

Pour notre entreprise ce département organise la relation entre les trois fonctions suivantes: la fourniture de matière première à notre société à l'aide de service d'achat, le processus de fabrication, la distribution de produits finis au consommateur par un réseau de distributeurs et de détaillants. Alors ces trois fonctions sont liées les unes aux autres par une chaîne d'approvisionnement (DJAFER Mohamed, 2017).

Afin de faciliter le flux des produits, l'information circule d'un bout à l'autre de la chaîne, entre les fournisseurs et les clients. Un tel échange d'information permet à toutes les parties de bien planifier la satisfaction des besoins actuels et futurs. De nombreux objectifs peuvent être atteints grâce à une gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement :

- La diminution des stocks;
- La réduction des coûts;
- L'amélioration du choix du moment opportun de commercialisation d'un produit;
- L'amélioration de la souplesse.

### **III.2.3. Département Commercial**

Pour notre entreprise de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière, ce service est le responsable sur la gestion commerciale qui ne se fait plus d'une manière isolée mais plutôt via un travail collaboratif entre les différents départements. Afin que notre société satisfait au mieux les attentes de ces clients pour les fidéliser, il faut que le département commercial puisse être en communication et en collaboration permanente avec les autres départements pour être en adéquation dans sa stratégie avec la vision globale ainsi que les capacités réelles de l'organisation (DJAFER Mohamed, 2017).

## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

Par ailleurs, on peut rattacher cette gestion à la direction générale pour but de diminuer le temps de réaction face aux préoccupations quotidiennes des clients en facilitant la remontée de l'information aux preneurs de décisions (DJAHER Mohamed, 2017).

De plus, pour bien réussir notre entreprise il est primordial de construire un système d'information propre à ce service.

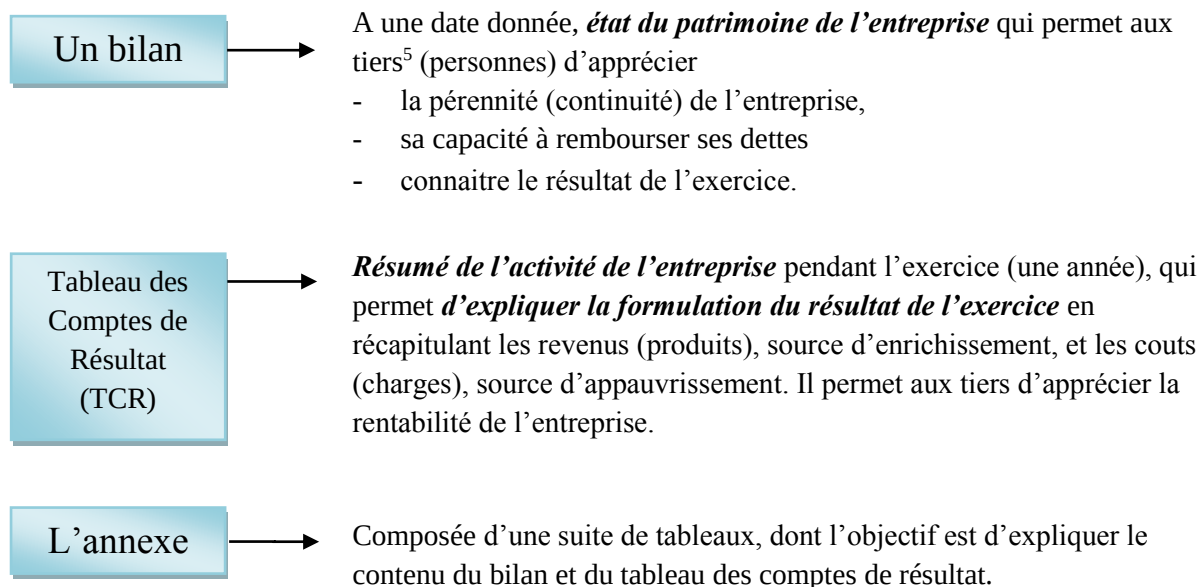
Donc, pour notre société le service commerciale garantie la connexion entre la production des produits ou des services de l'entreprise et les consommateurs. Aussi, elle étudie les besoins à satisfaire afin de définir les produits à fabriquer. Enfin, elle agit sur le marché en adaptant les produits aux besoins du client (DJAHER Mohamed, 2017).

« Ce service est le responsable sur la création de richesse pour notre entreprise »

### III.2.4. Service de Comptabilité Et Étude Financière (Mohamed, 2017)

La comptabilité est un système d'organisation de l'information financière permettant de saisir, classer, enregistrer des données de base et présenter des états reflétant une image fidèle du patrimoine, de la situation financière et du résultat de l'entité à la date de clôture.

De cette définition, découle la finalité de la comptabilité générale, qui est de produire :



#### 1. Les principes de la comptabilité

➤ **Périodicité** : La durée de l'exercice comptable (année) est de 12 mois à du 01/01/N au 31/12/N.

➤ **Indépendance des exercices** : Le résultat dégagé, correspond uniquement à l'exercice donné. Il est totalement indépendant des autres exercices.

---

<sup>5</sup>Dirigeants, propriétaires, actionnaires, banques, salariés, clients, fournisseurs ou administration fiscale.

## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

➤ **Convention de l'entité** : Le patrimoine de l'entité est distinct du patrimoine des propriétaires.

➤ **L'unité monétaire** : Le dinar algérien est la seule monnaie autorisée pour la tenue de la comptabilité.

➤ **Prudence** : Les éléments d'actif et du passif doivent être évalués correctement et avec certitude.

➤ **Permanence des méthodes** : Les règles et les procédures relatives à la tenue de la comptabilité doivent être permanentes.

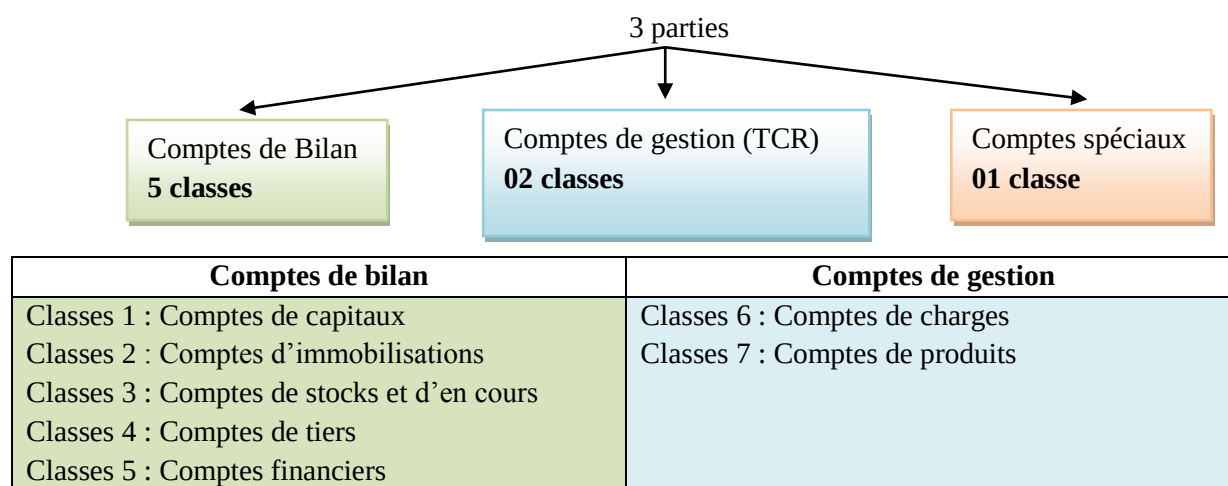
**2. Les différents types de comptabilité** : On distingue les comptabilités suivantes :

- Comptabilité générale ou financière (entreprises économiques).
- Comptabilité analytique <sup>6</sup>(entreprises économiques).
- Comptabilité publique (institutions administratives).
- Comptabilité nationale (Etat).

**Le cadre comptable de la comptabilité générale** : La comptabilité générale a pour objet *d'enregistrer* toutes les opérations affectant le patrimoine de l'entreprise.

**Les opérations comptables** s'enregistrent dans des comptes afin de suivre individuellement leur position. Chaque compte est constitué d'un numéro et d'un intitulé.

Le cadre de la comptabilité générale s'organise en trois parties et huit classes.



**III.3.Section B. Étude Institutionnelle** : Pour que notre société réussisse dans le domaine commerciale, il faut bien déterminer l'aspect institutionnelle de l'administration à fin d'éviter le risque que notre entreprise glisser vers l'échec (DJAFER Mohamed, 2017).

<sup>6</sup> Cette comptabilité n'est pas obligatoire pour les entreprises. Elle sert à déterminer principalement le coût de revient de la production.

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

Le choix de statut juridique doit être bien déterminé car à l'aide de ce statut les procédures administratives se déroulent avec une manière plus fiable qui pouvant peser la gestion financière de notre unité de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière (DJAFER Mohamed, 2017).

Que l'activité soit commerciale industrielle, l'entrepreneur a le choix entre deux grandes formes juridiques, **l'entreprise individuelle** ou **la société**. Avant de rentrer dans les détails, il est important que nous sachions quels sont les types d'entreprises qui puissent exister (juridiquement parlant), Les possibilités sont nombreuses tout d'abord il y a :

Entreprise individuelle, EURL, SARL, SPA...etc. Mais choisir le bon statut juridique est déterminant. En dépendent le développement de l'entreprise, sa capacité de financement, la répartition du pouvoir et la responsabilité des dirigeants.

Parmi les formes juridiques dominant en Algérie sont celle de SARL et SPA. En Algérie les formes juridiques qui sont les plus adaptées par Les raffineries c'est le SPA :

| Nom de raffineries                                            |                         | Forme juridique |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Un complexe de raffinage de sucre à Oran « futur raffinerie » |                         | SPA             |
| Cevital                                                       |                         | SPA             |
| Enasucré                                                      | sorasucré de Mostaganem | SPA             |
|                                                               | Raffinerie de GUELMA    | SPA             |
|                                                               | Raffinerie Khem Miliana | SPA             |

Tableau III. 1 : les formes juridiques les plus adaptées par Les raffineries du sucre en Algérie

#### III.3.1. La société par actions (SPA) (Guide Investir en Algérie - 2017, 2017)

La société par actions est régie par les articles 592 et suivants du Code de commerce, qui la définit comme « la société dont le capital est divisé en actions et qui est constituée entre des actionnaires qui ne supportent les pertes qu'à concurrence de leurs apports ».

En Algérie la société par action existe sur deux formes ;

Elle peut être constituée en faisant publiquement appel à l'épargne et dans ce cas le capital social ne peut être inférieur à 5000000 DZD.

Celle sans appel public à l'épargne et dans ce cas le capital peut être de 1000000 DZD.

- **Nombre d'actionnaires :** Le nombre d'actionnaires ne peut être inférieur à 07, sauf pour les sociétés à capitaux publics.
- **Capital social :** Le capital social de la SPA ne faisant pas appel public à l'épargne est au minimum de 01 million de dinars algériens. Il doit être intégralement souscrit. Les actions en numéraire sont libérées, lors de la souscription, d'un quart au moins de leur valeur

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

nominale. La libération du surplus intervient en une ou plusieurs fois sur décision du conseil d'administration ou du directoire, selon le cas, dans le délai maximum de 5 ans à compter de l'immatriculation de la société au registre du commerce. Les actions provenant d'apport en nature sont intégralement libérées dès leur émission.

- **Les dirigeants de la société par actions :** Deux systèmes de direction peuvent être choisis par les actionnaires fondateurs de la société par actions :
- une direction avec conseil d'administration et président;
  - une direction avec directoire et conseil de surveillance.

#### a) La direction composée d'un conseil d'administration et d'un président ou directeur générale

- ❖ **Le conseil d'administration :** Le conseil d'administration est composé de 03 membres au moins et de 12 au plus.

##### ❖ **Le président du conseil d'administration**

-*Nomination* : le conseil d'administration élit parmi ses membres un président qui est, à peine de nullité de la nomination, une personne physique. Il détermine sa rémunération. Il est nommé pour une durée qui ne peut excéder celle de son mandat d'administrateur. Il est rééligible.

- *Pouvoirs* : le président du conseil d'administration assume, sous sa responsabilité, la direction générale de la société. Il représente la société dans ses rapports

-Le directeur générale n'a pas nécessairement la qualité de commerçant et peut être salarié. Le président et le directeur général pouvant être étranger.

#### b) La direction composée d'un directoire et d'un conseil de surveillance

-**Le directoire** : La société par actions est dirigée par un directoire composé de 03 à 05 membres et exerce ses fonctions sous le contrôle d'un conseil de surveillance. Les statuts fixent la durée du mandat du directoire dans les limites comprises entre 02 et 06 ans. A défaut de quoi, la durée du mandat est de 04 ans. Les membres du directoire qui sont obligatoirement des personnes physiques, sont nommés par le conseil de surveillance qui confère à l'un d'eux la présidence.

-**Le conseil de surveillance** : Le conseil de surveillance est composé au minimum de 07 membres et au maximum de 12 membres, qui peuvent être des personnes physiques ou morales représentées par des personnes physiques. Ils sont élus par l'assemblée générale constitutive ou par l'assemblée générale ordinaire pour une durée maximale de 06 ans, et sont rééligibles, sauf stipulation contraire des statuts. Aucun membre du conseil de surveillance ne peut faire partie du directoire.

## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

### ➤ Droits des actionnaires

- *Droit d'information* : La loi détermine la liste des documents ou informations qui doivent être communiqués ou mis à la disposition des actionnaires par le conseil d'administration ou le directoire.

- *Modalité d'exercice du droit de vote* : Les statuts peuvent limiter le nombre de voix dont chaque actionnaire dispose dans les assemblées, sous la condition que cette limitation soit imposée à toutes les actions sans distinction de catégories.

Les actions confèrent à l'actionnaire des droits pécuniaires et des droits sociaux :

- *Les droits pécuniaires* permettent à chaque actionnaire de recevoir sa quote-part des bénéfices dont la société déciderait la distribution sous forme de dividendes, ainsi que le cas échéant sa quote-part du patrimoine de la société en cas de dissolution avec répartition des actifs restants après paiement des dettes.

- *Les droits sociaux* donnent à l'actionnaire le droit de participer aux décisions de l'assemblée générale de la société, notamment l'élection des membres du conseil d'administration (ou dans certains cas le « conseil de surveillance »), la distribution de dividendes ou encore toute décision relative à la société ne faisant pas partie de la gestion journalière laissée à l'appréciation du conseil d'administration.

Le Directeur Générale ou bien le président avec le conseil d'administration soit :

**1) Assemblée extraordinaire** : L'assemblée générale extraordinaire est seule habilitée à modifier les statuts dans toutes leurs dispositions ; toute clause contraire est réputée non écrite. Elle ne délibère valablement que si les actionnaires présents ou représentés possèdent au moins, sur première convocation, la moitié et, sur deuxième convocation, le quart des actions ayant le droit de vote.

**2) Assemblée générale ordinaire** : Elle est réunie au moins une fois par an, dans les 06 mois de la clôture de l'exercice pour l'approbation des comptes sociaux. Il y est présenté le rapport du conseil d'administration ou du directoire, le tableau de comptes des résultats, les documents de synthèse et le bilan, ainsi que le rapport des commissaires aux comptes.

### ➤ Les avantages de SPA : (Rabah, 2017)

-Il est plus facile de financé ce type de société ;

-La société continuera d'exister jusqu'a sa dissolution ou sa fusionne avec autre société.

**III-3-2.SARL (Société à responsabilité limitée)** (Guide Investir en Algérie - 2017, 2017) : SARL est une société qui combine la limitation des risques pour les associés « leur perte potentielle se limite au montant de leurs apports respectifs »



### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

Elle est régie par les articles 564 suivants le Code de commerce



- **Capital social :** C'est la somme des différents apports effectués par les associés lors de la constitution d'une société commerciale.

Le capital social de la SARL n'est plus limité à un seuil minimal de 100.000 DZD.

Le capital social peut être constitué sous forme d'apports en numéraire (argent) ou en nature (matériels), ou en industries.

A noter que l'apport en industrie est une nouveauté introduite en 2016. L'évaluation de sa valeur et la fixation de la part qu'il génère dans les bénéfices, sont fixées dans les statuts de la société. Cet apport n'entre pas dans la composition du capital de la société.

#### ➤ **Modification du capital social**

**-Augmentation du capital :** Le capital social peut être augmenté ou réduit d'un commun accord par l'assemblée des associés statuant dans les conditions exigées pour la modification des statuts. L'augmentation du capital peut être réalisée par souscription de parts sociales en numéraire ou par des apports en nature.

**-Réduction du capital :** La réduction du capital est autorisée par l'assemblée extraordinaire des associés et ne peut porter atteinte à l'égalité des associés.

#### ➤ **La gérance**

✓ **Nomination :** le ou les gérants, obligatoirement des personnes physiques, peuvent être choisis parmi les associés ou des tiers. Ils sont désignés dans les statuts ou au terme d'une assemblée générale, à la majorité des associés représentant plus de la moitié du capital social.

✓ **Révocation :** le gérant est révocable par décision des associés représentant plus de la moitié du capital social. Si la révocation est décidée sans juste motif, elle peut donner lieu à une réparation du préjudice subi. En outre, le gérant est révocable par les tribunaux pour cause légitime à la demande de tout associé.

✓ **Pouvoirs :** Dans les rapports entre associés : les pouvoirs des gérants sont déterminés par les statuts. A défaut de limitations statutaires, le gérant peut faire tous les actes de gestion dans l'intérêt de la société. En cas de pluralité de gérants, ceux-ci détiennent séparément

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

le pouvoir de représenter la société. Chacun a néanmoins le droit de s'opposer à toute opération avant qu'elle ne soit conclue.

➤ **Droits des associés**

✓ **Droit d'information** : Tout associé a le droit de prendre connaissance et d'obtenir des copies d'un certain nombre de documents, notamment comptables, pour l'examen desquels il peut se faire assister d'un expert.

✓ **Modalités d'exercice du droit de vote** : Par assemblée : les décisions des associés sont prises en assemblée, sur convocation du gérant ou d'un ou plusieurs associés représentant au moins un quart du capital social 15 jours avant la réunion de l'assemblée. Un associé peut se faire représenter uniquement par un autre associé ou son conjoint sauf si les statuts désignent expressément une autre personne.

- Par consultation écrite : la loi autorise la consultation écrite des associés si les statuts la prévoient.

✓ **Droits financiers** : Les associés de la SARL ont droit de manière égalitaire aux dividendes.

➤ **Assemblée générale annuelle d'approbation des comptes** : Les décisions sont adoptées par un ou plusieurs associés représentant plus de la moitié du capital social.

➤ **Assemblée extraordinaire** : Les modifications des statuts sont décidées à la majorité des associés représentant les trois-quarts du capital social. Certaines décisions extraordinaires, doivent être précédées d'un rapport établi par un commissaire aux comptes sur la situation de la société.

➤ **Mutation de la société à responsabilité limitée**

✓ **Transformation** : La société qui comprend plus de 50 associés doit, sauf dissolution, être transformée en société par actions dans le délai d'un an.

Les décisions de transformer la société en une société d'une autre forme juridique sont votées aux majorités exigées pour les assemblées générales extraordinaires et doivent être précédées du rapport d'un expert, à l'exception de la transformation en société en nom collectif qui exige l'accord unanime des associés.

✓ **Fusion – scission** : La SARL, même en liquidation, peut être absorbée par une autre société ou participer à la constitution d'une société nouvelle par voie de fusion.

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

Elle peut aussi faire apport de son patrimoine à des sociétés existantes ou participer avec celles-ci à la constitution de sociétés nouvelles par voie de fusion-scission.

Elle peut enfin faire apport de son patrimoine à des sociétés nouvelles par voie de scission. Ces opérations peuvent être réalisées entre des sociétés de forme différente.

- ✓ **Dissolution :** Outre les différents cas de dissolution judiciaire (perte des trois quarts du capital social, réduction du capital social à un montant inférieur au minimum légal), la dissolution de la société résulte du terme statutaire ou est décidée par les associés.

En revanche, ni la mort d'un des associés ni la réunion en une seule main de toutes les parts de la SARL n'entraînent la dissolution de la société.

Donc après cette Etude Institutionnelle, on peut dire que le statut juridique de notre entreprise de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière n'est pas SPA (société par Action) et nous n'avons pas opté à ce choix à cause des plusieurs défis :

1. Les coûts de démarrage d'une SPA sont plus coûteux ;
2. Demande plus de documents administratif et annuellement ;
3. La structure de SPA est complexe ;
4. Les frais d'administration annuelle peuvent être élevés.

Notre choix concernant la forme juridique de notre entreprise est SARL puisque elle est (Lailler, 2017):

1. Elle correspond au statut d'une petite ou moyenne entreprise.

2. La SARL permet de protéger son patrimoine personnel :

La SARL permet de limiter la responsabilité des associés au montant des apports effectués. Par principe, en cas de difficultés de l'entreprise, le patrimoine personnel du ou des associés est à l'abri des poursuites des créanciers. Ce principe tombera si des fautes lourdes de gestion sont révélées, auquel cas leur responsabilité redeviendrait « *indéfinie* », c'est-à-dire que leur patrimoine personnel serait saisi pour rembourser les dettes de la SARL.

3. La SARL permet facilement de s'associer, ou pas :

La SARL nécessite deux associés au minimum, sans pouvoir dépasser 50. Les associés peuvent être des personnes physiques ou des personnes morales. En outre, aucun capital social minimum n'est requis, et il peut être composé d'apports en numéraire, en nature ou d'apports en industrie. Enfin, la SARL peut être une société à capital variable, ce qui permet de faire sortir ou entrer des associés plus facilement.

4. Le fonctionnement de la SARL est strictement encadré par la loi :

### **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

Le Code de commerce régit en grande partie le fonctionnement d'une SARL, et il serait difficile d'y déroger même par les statuts de la société, contrairement à une SAS par exemple. Ainsi, la transmission des parts sociales est conditionnée par l'accord des associés majoritaires, ce qui permet de sécuriser le capital social de la société et l'identité des associés de la SARL.

#### **5. La SARL permet d'organiser la gérance librement :**

La SARL permet de nommer dans les statuts ou dans un acte externe, un ou plusieurs gérants, qui ne peuvent être toutefois que des personnes physiques. Le gérant peut être associé ou non, il peut être associé minoritaire ou majoritaire dans le capital de la SARL. En outre, il est possible de cumuler un mandat de gérant avec un contrat de travail, sous certaines conditions.

#### **6. Le conjoint du gérant peut participer à l'exploitation de la SARL :**

Le conjoint du gérant de la SARL peut participer à l'activité de l'entreprise, sous le statut de conjoint collaborateur. Aucune rémunération ne lui est versée, mais il bénéficie d'une protection sociale (cotisations retraite, retraite-complémentaire et invalidité-décès), et peut effectuer par délégation tous les actes liés à l'exploitation de la SARL.

#### **7. La SARL permet de choisir son régime d'imposition**

La SARL offre la possibilité d'opter pour l'un des deux régimes fiscaux :

- soit le régime normal avec une imposition des bénéfices sociaux à l'IS, au taux de 33,33 %
- soit le régime des SARL dite « de famille » (SARL créée entre les membres d'une même famille jusqu'au deuxième degré ou SARL de moins de 5 ans, sous conditions cumulatives) avec une imposition des bénéfices comme une société de personne, c'est-à-dire directement entre les mains de l'associé au titre des « traitements et salaires ».

#### **8. La SARL pour bénéficier du régime social des TNS :**

Lors de la création d'une SARL, le régime social TNS (à condition d'être gérant associé majoritaire dans le capital social) est avantageux car moins coûteux que le régime salarié, notamment en début d'activité grâce aux allègements de charges sociales et au report de cotisations. De plus, les cotisations TNS sont plus faibles, et les formalités moins lourdes (absence de déclarations à l'URSSAF, à l'organisme de retraite, absence de fiche de paie...).

#### **➤ Logiquement que la forme juridique SARL comporte quelques inconvénients tels que :**

Le fonctionnement de la SARL est strictement encadré par la loi :

Avantage et inconvénient à la fois, le fonctionnement de la SARL est sécurisant mais rigide, il ne permet pas la liberté qu'offre la SAS par exemple. Certaines modifications nécessitent l'accord des associés selon des règles de majorité bien précises (modification des statuts, augmentation de capital, vente du fonds de commerce, cession de parts sociales, dissolution...).

## **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

**III.3.4. Gestion des ressources humaines :** De toutes les ressources essentiels au fonctionnement de notre entreprise, les ressources humaines sont les plus importantes parce que leur potentiel est illimité si les employés sont correctement formés, gérés et motivés (DJAHER Mohamed, 2017).

La planification des ressources humaines fait référence aux méthodes utilisées pour décider du nombre et du type de personnel nécessaire au fonctionnement d'une entreprise. Cela se base tout d'abord sur la capacité de production et sur une identification des parties mécanisées du processus et de celles qui fonctionnent manuellement (DJAHER Mohamed, 2017).

Pour décider si un recrutement est nécessaire, notre entreprise de transformation peut utiliser la méthode consistant à analyser la charge de travail des opérateurs existants et à la comparer aux nouveaux objectifs de production.

Le personnel requis pour les autres types de fonctions, comme les ventes, les livraisons aux détaillants, la tenue des comptes ou des registres et l'assurance qualité, doit ensuite être examiné. Une méthode facile pour ce type de planification consiste à concevoir un graphique d'activités, indiquant le type de travail à réaliser, le nombre de personnes impliquées et la plage horaire de chaque travailleur (DJAHER Mohamed, 2017).

Une fois le nombre total de salariés déterminés, le chef de notre entreprise doit ensuite procéder d'une manière systématique au recrutement, à la formation et à la gestion du personnel. Cela nécessite de développer des politiques et des conditions d'emploi qui attirent et retiennent un personnel compétent (DJAHER Mohamed, 2017).

**Étude de notre cas: d'une entreprise de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière ;**

**III.3.4.1. La Main-d'œuvre de notre entreprise :** Dans notre cas d'une nouvelle entreprise de l'extraction de sucre à partir de la betterave sucrière, nous avons besoin de réduire les coûts administratifs donc on peut limiter le nombre des travailleurs entre 100 et 180 salariés au cours d'une période donnée.

Le profil de compétences des employés selon des expertises dans le domaine industriel pour notre cas est le suivant:

- 11 % d'employés non qualifiés (y compris les employés au contrat déterminé) ;
- 68 % d'employés semi-qualifiés (les opérateurs, mécaniciens et techniciens) ;
- 16 % de personnes qualifiées (les ingénieurs) ;

## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

- 5 % de personnel de supervision et de gestion.

Alors par exemple si on fixe le nombre des employés à 162 personnes, on obtient la distribution suivante :

- 18 employés non qualifiés (les travailleurs avec contrats déterminés CDD)
- 110 employés semi qualifiés (les opérateurs, les mécaniciens, les techniciens, les commercialistes, secrétariat, les chauffeurs des arracheuses).
- 26 personnes qualifiées (tous les types des ingénieurs y compris les contrôleurs de qualité).
- 8 personnes de supervision et de gestion (y compris le directeur, 4 gestionnaires, l'avocat et trois comptables).

**III.3.4.2. La formation :** La formation joue un rôle crucial pour accompagner l'évolution des collaborateurs de notre entreprise.

Pour les ingénieurs et les opérateurs, la formation se fait par les sociétés qui sont responsables de l'installation des équipements pour notre entreprise et pour assurer l'efficacité de l'éducation en basant sur les principes de fonctionnement des machines, sur la commande et le contrôle numérique des équipements et aussi sur le contrôle de qualité. Notre formation se fait au plus dans des écoles associées avec nos sociétés.

Les techniciens, une formation sur l'électricité, électroniques et la gestion de maintenance dans le domaine mécanique et informatique est nécessaire pour les accepter dans notre société.

Et pour la comptabilité, il faut que le comptable maîtrise bien l'analyse financière pour faciliter les calculs concernant le bilan, TCR (Tableau de compte des résultats) et en fin tous les charges financières. Concernant la gestion de notre société, le gestionnaire doit être au courant de toutes les principes de management organisationnelle.

**III.3.4.3. Recrutement :** Recruter est un exercice difficile, surtout lorsqu'il s'agit du premier recrutement. Le nouveau collaborateur doit avoir les compétences qui cadrent avec les missions, mais aussi avec l'esprit de l'entreprise. Et l'enjeu est de taille : la croissance de l'entreprise est aussi liée au succès du recrutement...

Pour mener à bien notre projet et trouver la personne qui répondra le mieux à nos besoins, il est essentiel de ne pas se précipiter et de procéder par étape. Première phase : définir précisément le profil du poste à pourvoir. Le profil de poste est au cœur de la gestion des ressources humaines et est un outil de gestion essentiel.

Le profil de poste permet d'établir un profil très complet, comportant tous les critères de sélection : les compétences et aptitudes attendues, les activités exercées, les responsabilités, le salaire, le lieu de travail,... etc. C'est un outil qui sert au recruteur à vérifier l'adéquation

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

entre les exigences du poste et le potentiel du candidat au plus il doit découler des principaux besoins de l'entreprise ou du service (besoins immédiats, à moyen ou à long terme). L'enjeu est de choisir le candidat qui corresponde réellement aux impératifs de l'activité de l'entreprise.

**Le profil de poste a de nombreuses utilités lors de la sélection des candidats :** (Guide de gestion des ressources humaines, 2017)

- **Embauche** : il précise les principales responsabilités du poste et les compétences recherchées et facilite la démarche d'embauche et d'intégration du nouvel employé;
- **Rémunération** : il facilite l'évaluation de la valeur de l'emploi, sert à établir une hiérarchie des postes et à définir une structure salariale qui respecte ce rangement;
- **Formation** : il précise les compétences générales à développer ainsi que les tâches à enseigner aux employés et facilite la gestion de la formation des employés afin de combler les écarts entre les compétences requises et les compétences actuelles;
- **Evaluation du rendement** : il fixe les attentes envers chacun des employés et facilite l'évaluation de la performance.

#### Exemple de profil de poste utilisé pour le recrutement de nouveaux employés

**Profil du poste**

**Date :**

.....

**Poste: responsable de production**

##### **1. Exigences essentielles pour le poste:**

###### **1.1. Compétences techniques :**

- ✓ Une formation Master 2 dans le domaine de l'ingénierie.
- ✓ Aptitude à la gestion des ressources humaines et au management afin de faire évoluer ses équipes tout en veillant à la rentabilité de la production.
- ✓ Connaissance de l'environnement de la production, notamment des fonctions supports (logistique, maintenance...).
- ✓ Maîtrise des techniques d'amélioration continue (Kanban, 6 sigma, TPM, MCDM...).
- ✓ Maîtrise des outils statistiques et des logiciels de gestion de production (ERP-PGI, GPAO...).
- ✓ Maîtrise de l'anglais et, de plus en plus, d'une autre langue étrangère.

###### **1.2. Aptitudes professionnelles**

- ✓ Capacité à animer et fédérer des équipes autour des objectifs de production.
- ✓ Aptitude à déléguer.
- ✓ Capacité d'adaptation, ouverture d'esprit et capacité à communiquer avec différentes équipes (du dirigeant à l'opérateur).
- ✓ Pragmatisme, capacités d'organisation, de méthode et de planification, pour gérer la fabrication au quotidien.
- ✓ Grande réactivité pour résoudre rapidement des problèmes et sens de l'anticipation pour parer aux incidents ou dysfonctionnements (pannes...).

##### **2. Expérience souhaitée:**

L'accès à des postes de responsable de production peut être relativement rapide pour des jeunes cadres justifiant de cinq ans d'expérience en gestion de la production. Par ailleurs, ce poste est accessible à des non cadres (techniciens, agents de maîtrise, cadres techniques) justifiant de cinq à dix années d'expérience.

## Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

### Exemple de profil de poste utilisé pour le recrutement de nouveaux employés

**Profil du poste**

**Date :**

.....

**Poste: Responsable des ressources humaines**

#### **1. Exigences essentielles pour le poste:**

##### **1.1 Compétences techniques :**

✓ Formation de niveau Bac +5 (master) spécialisée en gestion des ressources humaines, droit, droit du travail, sociologie, psychologie ou sciences sociales ou bien Génie industriel.

3. Polyvalence dans tous les domaines de la gestion des ressources humaines : recrutement, formation, droit social, gestion des carrières, paie. Il s'agit en effet d'un poste généraliste.

4. Culture économique et financière, afin de favoriser le dialogue avec les opérationnels et d'être crédible auprès d'eux

5. Maîtrise de l'outil informatique (en particulier word) et des logiciels RH.

6. Anglais courant (une excellente pratique de cette langue peut être exigée lorsque la population gérée se trouve sur un autre site à l'étranger. Une autre langue étrangère peut être requise.

##### **1.2. Aptitudes professionnelles**

✓ Bonne communication orale et écrite afin de nouer des relations de qualité avec les interlocuteurs internes et externes (les interfaces sont nombreuses)

✓ Capacités d'écoute afin de prendre en compte les attentes des opérationnels

##### **1. Expérience souhaitée:**

Ce poste peut s'adresser à des jeunes cadres ayant deux ou trois ans d'expérience opérationnelle de la fonction RH ou à des cadres confirmés possédant au moins cinq ans d'expérience.

Les offres d'emploi sont ensuite publiées dans les journaux, à la radio, par des annonces publiques ou grâce au réseau personnel ou professionnel. Notre entreprise compare les candidatures avec les critères du profil de poste et sélectionne les personnes susceptibles de convenir pour leur faire passer un entretien.

Il est également important d'intégrer une politique de non-discrimination à l'égard des candidats sur des critères comme leur sexe, religion, groupe ethnique.

Les entretiens sont utiles pour un certain nombre de raisons: ils aident à dévoiler la personnalité du candidat, ses capacités de communication et ses capacités cachées. Ils permettent aussi de révéler ses capacités à prendre des décisions ou ses compétences techniques et donnent au candidat l'opportunité de comprendre le travail et ce qui sera exigé de lui. (DJAFER Mohamed, 2017)

Après le choix final du candidat, une lettre doit être envoyée, confirmant le recrutement et la date à laquelle la personne doit commencer à travailler. Le nouvel employé doit recevoir un contrat de travail contenant la description du poste, les détails de la rémunération et d'autres avantages (Exemple : Congé, notre aide dans le domaine du transport...etc.).



## **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

**III.3.4.4. Gestion de personnel :** Pour notre entreprise les relations entre le chef de l'unité et les employés se basent souvent sur l'ordre et le commandement, les responsables ayant une responsabilité autoritaire au sein d'une hiérarchie bien définie.

Les syndicats sont généralement des freins pour l'industrie qui pouvant influencer sur la qualité de travail des employés qui sont informés individuellement de leurs salaires et de leurs conditions de travail par le chef de notre entreprise ou leur responsable.

Les méthodes de gestion plus récentes sont plus participatives et ouvertes. L'objectif est de promouvoir la coopération entre la direction et le personnel et d'éviter des relations d'opposition assez courantes dans les industries traditionnelle.

En cas de succès, les employés envisagent leur futur à bien plus long terme au sein de notre entreprise.

Une gestion moderne du personnel exige différentes mesures, notamment: (Chrif, 2017)

- L'implication des Employés dans Les décisions de l'entreprise;
- Un salaire proportionnel aux performances de l'employé;
- Le recrutement prudent et la formation des employés, ainsi qu'un traitement correct;
- Des politiques de gestion du personnel intégrées aux politiques de production, de commercialisation et de vente.

Une bonne gestion consiste à motiver le personnel afin qu'il réalise de meilleures performances. Cela signifie permettre aux employés de comprendre clairement les objectifs de notre entreprise et la manière dont chacun d'entre eux peut contribuer à la réalisation de ces objectifs.

Il est aussi essentiel de fournir les outils nécessaires, les compétences, les conditions de travail et les ressources leur permettant de faire leur travail correctement. Le chef de notre société peut le faire en fixant des objectifs clairs quant à la quantité du travail et aux normes de qualité que les employés sont censés atteindre, en évaluant correctement leurs performances, en faisant des critiques constructives lorsque des améliorations sont nécessaires et en récompensant les employés méritants par des responsabilités accrues.

Voici quelques conseils pour une bonne gestion du personnel (Chrif, 2017):

- Impliquez le personnel dans les décisions relatives à toute modification de leur travail et consultez ;
- les régulièrement; - Mettez en place une discipline ferme mais juste;
- Fixez des délais ou des objectifs réalisables et vérifiez régulièrement les progrès réalisés;
- Donnez crédit à l'initiative et à l'intelligence et montrez que vous appréciez un travail bien fait;

## **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

- Discutez des faiblesses avec chaque membre du personnel de manière individuelle et faites des suggestions sur les moyens de les améliorer.

Les méthodes modernes de gestion du personnel sont également connues sous le nom de Gestion des ressources humaines (GRH). Ces méthodes visent à employer des personnes qui peuvent fonctionner avec souplesse et s'adapter à différents postes ou à des modalités de travail changeantes, au lieu de définir de manière rigide un profil de poste.

Dans les grandes entreprises, les relations de travail entre les employés découlent de la responsabilité de tous les dirigeants et pas seulement des responsables des ressources humaines. Les problématiques liées aux ressources humaines sont généralement intégrées aux autres domaines de la société, dont la commercialisation, les ventes, la production et autres (Chrif, 2017).

**III.3.4.5. Condition de Travail :** Les heures ordinaires de travail maximum 168 heures par semaine c'est à dire 24 heures par jour, 7 jours par semaine et 4 semaine par mois (30 jours par mois = 720 heures par mois).

- Le salaire minimum garanti ne doit être pas inférieur à 18000 DZD.

### **III.3.4.7. Période d'essai**

C'est une période qui ne doit pas d'accéder 3 mois dans des fonctions qui exigent de très haute qualification.

**III.3.4.8. Rémunération :** Une rémunération correspond à un paiement, un salaire. Somme d'argent payée en échange d'un travail ou d'un service (Rémunération).

Comme nous pouvons de dire que La rémunération consiste à rétribuer une entité (personne physique ou morale, entreprise) en contrepartie du travail effectué, ou d'un service rendu.

Selon les cas, le montant de la rémunération et les modalités de son versement sont prévus (Rémunération, 2017):

Soit par les simples usages ;

Soit par des dispositions contractuelles librement négociées entre les parties ou résultant d'accords collectifs (accord d'entreprise, convention collective ou accord de branche professionnelle...) ;

Soit en application de règles découlant de la loi et des règlements (regroupés dans le Code du travail).

- Salaire de poste = salaire de base + Indemnité de naissance + Prime de rendement individuelle + Prime de rendement collectif.

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

- Salaire global = Salaire de poste + Allocation familiale + allocation scolaire + Prime de salaire unique + Prime de panier – Sécurité social (9 %) – Mutuelle (2 %).

SP = Salaire de poste + Allocation familiale + allocation scolaire + Prime de salaire unique + Prime de panier ;

SSM = Sécurité social (9 %) + Mutuelle (2 %) ;

SG = Salaire global ;

Nous avons inspiré les salaires des employeurs pour notre entreprise à partir d'autres entreprises dans le même secteur comme l'entreprise sucrière Marocaine « **COSUMAR** », les salaires sont indiqués dans le tableau suivant :

| Le poste occupé                | SP unitaire (DZD) | SSM unitaire (DZD) | SG unitaire (DZD) |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Techniciens                    | 39950             | 4950               | 35000             |
| Contrôle de qualité            | 46600             | 6600               | 40000             |
| Mécaniciens                    | 39950             | 4950               | 35000             |
| Les Opérateurs                 | 39950             | 4950               | 35000             |
| Les Ouvriers                   | 35520             | 3520               | 32000             |
| Les agents de sécurité         | 39950             | 4950               | 35000             |
| Réception                      | 25520             | 3520               | 22000             |
| Commercialiste interne         | 39950             | 4950               | 35000             |
| Commercialiste externe         | 51050             | 6050               | 45000             |
| Responsable de GRH             | 46600             | 6600               | 40000             |
| Administrateur                 | 39950             | 4950               | 35000             |
| Secrétariat                    | 39950             | 4950               | 35000             |
| Comptable                      | 47720             | 5720               | 42000             |
| Ingénieur                      | 72100             | 7931               | 64000             |
| Les chauffeurs des arracheuses | 43270             | 6270               | 47000             |
| Les chauffeurs des déterreurs  | 39950             | 4950               | 35000             |
| Avocat                         | 46600             | 6600               | 40000             |
| Les gestionnaires              | 72100             | 7931               | 64000             |
| Femme de ménage                | 25950             | 4950               | 21000             |

Tableau III. 2 : Les différents types des salaires des postes candidats

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

| Le poste occupé                | Nombre d'employé | SG unitaire (DZD) | Type de contrat |
|--------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Techniciens                    | 5                | 35000             | CDI             |
| Contrôle de qualité            | 10               | 40000             | CDI             |
| Mécaniciens                    | 9                | 35000             | CDI             |
| Les Opérateurs                 | 26               | 35000             | CDD             |
| Les Ouvriers                   | 6                | 32000             | CDD             |
| Les agents de sécurité         | 6                | 35000             | CDD             |
| Réception                      | 3                | 22000             | CDD             |
| Commercialiste interne         | 1                | 35000             | CDI             |
| Commercialiste externe         | 1                | 45000             | CDI             |
| Responsable de GRH             | 3                | 40000             | CDI             |
| Administrateur                 | 1                | 35000             | CDI             |
| Secrétariat                    | 1                | 35000             | CDD             |
| Comptable                      | 3                | 42000             | CDI             |
| Ingénieur                      | 13               | 64000             | CDI             |
| Les chauffeurs des arracheuses | 20               | 47000             | CDI             |
| Les chauffeurs des déterreurs  | 44               | 35000             | CDI             |
| Les gestionnaires              | 3                | 64000             | CDI             |
| Avocat                         | 1                | 40000             | CDD             |
| Femme de ménage                | 6                | 21000             | CDD             |
| <b>La somme</b>                | <b>162</b>       | <b>6334000DZD</b> |                 |

Tableau III. 3 : Rémunération des salaires

**III.4.Resource de financement** : L'efficacité de notre entreprise n'est pas seulement en relation avec ,son capital humain ou la qualité des services et produits qu'elle offre sur le marché, mais dépend également des moyens de financement accessibles lui permettant de financer nos besoins en investissement et exploitation, de développer de nouveaux produits et investir dans de nouveaux sites de production. Tout au long de vie de

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

notre entreprise, nous devons trouver des solutions de financement pour nos besoins. Il existe une panoplie de sources de financement offertes aux entreprises.

➤ **Les types de financement appropriés :** Nous pouvons financer votre entreprise au moyen d'emprunts, de capitaux propres et de programmes gouvernementaux.

**A. Financement par emprunts bancaires :** Le montant du crédit à accorder peut aller jusqu'à 70% pour les banques publiques et dans certains cas, pour les banques privées, à 100% du montant total du programme d'investissement.

Quant aux taux d'intérêts bancaires appliqués pour crédits à l'investissement, étant donné que le marché bancaire algérien ne fonctionne pas encore dans un environnement concurrentiel, ils sont les mêmes et appliqués à toutes les banques (privées et publiques). Ces taux sont arrêtés et contrôlés par la Banque d'Algérie. Le taux pratiqué actuellement est de 5,5%, avec une bonification de 2%, à la charge du Trésor public.

«Cependant de petites marges sont négociées avec la clientèle entre 0.10 % et 0.15% et ce, seulement pour les banques privées», selon un financier.

Avec les mesures gouvernementales, ce sont les banques publiques qui financent l'investissement et très peu pour les banques privées et ce, compte tenu de leur organisation et de leur politique de risque et de rentabilité. Selon le même financier, 90% des crédits à l'économie proviennent des banques publiques dont entre 5 % et 10% vont à l'investissement productif et le reste concerne les crédits d'exploitation accordés aux entreprises (publiques et privées), crédits immobiliers aux particuliers et aux dispositifs mis par l'Etat. La durée de remboursement est modulée en fonction de l'importance du montant crédit soit : entre 5 et 7 ans avec un différé de remboursement de 1 à 2 ans. Pour accéder à un financement bancaire, quelques conditions sont exigées comme: justifier d'une structure financière équilibrée et disposer de garanties pour le remboursement.

Généralement, l'obtention d'un crédit à l'investissement peut prendre deux formes: exploitation ou investissement.

La Banque de développement local (**BDL**) finance tout projet d'investissement de création, d'extension ou de renouvellement des moyens de production par un crédit à moyen terme, dont la durée ne peut excéder sept (07) ans.

La durée de remboursement du crédit est généralement alignée sur la durée de vie économique du ou des biens financés et les capacités de remboursement dégagées par le projet. Cette banque publique accorde deux types de crédits d'investissements directs et indirects : Crédits à moyen terme (CMT domestiques), Garantie de crédit extérieur (crédit acheteur) et Avals effets fournisseurs étrangers (équipements).

Le Crédit populaire algérien (**CPA**) est une autre banque publique qui finance les projets de l'investissement au profit des entreprises domiciliées auprès de ses guichets. Le **CPA**

### Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle

intervient dans le financement de l'exploitation et le financement de l'investissement notamment dans le secteur du bâtiment.

Dans ce cas, le **CPA** exige un autofinancement de 40% du coût de l'investissement à réaliser. L'entreprise doit disposer d'un plan de charges susceptible de lui permettre de faire face au remboursement de son crédit (marchés, contrats, conventions de réalisation), et la décision d'investissement de l'Agence nationale de développement de l'investissement (ANDI) avec avantages.

Le financement bancaire de 60% est sous forme de crédit à Moyen Terme de 03 à 05 ans.

**B.Financement par Le capital investissement:** Provient en partie des promoteurs de l'entreprise. Une entreprise peut aussi faire appel à des investisseurs privés ou à des sociétés d'investissement pour trouver les capitaux propres qui lui sont nécessaires.

La loi en Algérie, fixe à la société de capital investissement un taux maximal de participation de 49% au capital de la société et une durée de participation qui varie entre 5 et 7ans.

Six sociétés de capital-risque sont opérationnelles ou en cours de constitution. Ce sont toutes des filiales des banques publiques ; **BADR, BNA, BEA, BAD, BDL** et **CPA**.

**C.Financement par les programmes gouvernementaux :** Le soutien à la création d'entreprise est organisé à travers 3 dispositifs : **ANSEJ, CNAC** et **ANGEM**.

Les pouvoirs publics accordent leur appui aux créations d'activités dans le cadre de ces trois dispositifs sous diverses formes : au plan financier, fiscal, foncier.

**C.1.ANSEJ :** (Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes) : Les prêts accordés dans le cadre du dispositif ANSEJ concernent les catégories de citoyens âgés entre 19 et 35 ans. L'âge du gérant pourra être porté à 40 ans lorsque l'investissement génère au moins 03 emplois permanents.

Il concerne des projets de création dont le coût global ne dépasse pas les 10 Millions de dinars.

**C.2.CNAC :** La caisse nationale d'assurance chômage. Prend en charge le dispositif de soutien à la création et l'extension d'activités réservé aux chômeurs promoteurs de 30 -50 ans, Le coût maximum 10 millions de dinars. Les services assurés aux promoteurs par le dispositif intègrent, à la fois, L'accompagnement personnalisé durant toutes les phases du projet et l'élaboration de Business Plan.

#### ➤ **Montant de l'investissement pour ANSEJ et CNAC**

Le montant de l'investissement doit être Inférieur à 10 000 000 DA.

### **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

Le seuil minimum des fonds propres dépend du montant de l'investissement, il est fixé comme suit :

**Niveau 1** : 1% lorsque le montant de l'investissement  $\leq$  5 millions DA

**Niveau 2** : 2% lorsque le montant de l'investissement est supérieur à 5 millions DA et inférieur ou égal à 10 millions DA.

Aides financières :

Prêt Non Rémunéré représentant 28 à 29% du coût global du projet ;

Bonification des intérêts bancaires.

#### **➤ Aides financières :**

Prêt Non Rémunéré représentant 28 à 29% du coût global du projet ;

Bonification des intérêts bancaires.

#### **➤ Formules de financement :**

Le dispositif ANSEJ propose deux formules :

Mixte : Apport personnel + Financement ANSEJ

Triangulaire : Apport personnel + Financement ANSEJ + Financement bancaire selon la formule suivante :

-Apport personnel : 1 à 2% du coût global du projet

-ANSEJ : 28 à 29% du coût global du projet, Prêt non rémunéré (PNR) ;

-Banque : 70% du coût global du projet.

Les investissements à réaliser dans le cadre CNAC reposent exclusivement sur un mode de financement de type triangulaire, qui met en relation le promoteur, la banque et la CNAC à travers le montage suivant :

-Apport personnel : 1 à 2% du coût global du projet

-Financement CNAC : 28 à 29% du coût global du projet (Non rémunéré)

-Financement bancaire : 70% (intérêts bonifiés).

#### **❖ Avantages financiers accordés par le dispositif ANSEJ et CNAC:**

Un prêt non rémunéré :

- 28% du coût global de l'investissement lorsque celui-ci est  $\leq$  5 000 000 DA ;
- 29% du coût global de l'investissement lorsque celui-ci est supérieur à 5 000 000 DA et égal ou inférieur à 10 000 000 DA.

Une bonification des taux d'intérêt pour les crédits bancaires obtenus (60%, 80% et 95% du taux débiteur appliqué par les banques selon la nature et l'implantation du projet).

Ces bonifications sont payées à partir du Fonds National de soutien à l'emploi de jeunes (compte d'affectation spéciale n°302-087).

#### **❖ Avantages fiscaux accordés par le dispositif ANSEJ et CNAC :**

### **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

Durant la phase de réalisation du projet, les bénéficiaires sont exonérés du droit de mutation touchant les acquisitions immobilières qu'ils effectuent en vue de la création d'activités industrielles, de tout droit d'enregistrement, des actes portant constitution de sociétés enregistrement, de la TVA pour les acquisitions de biens d'équipement et services entrant directement dans la réalisation de l'investissement. Ils bénéficient du taux réduit de 5 % de droits de douanes dans le cas d'importation d'équipements entrant directement dans la réalisation de l'investissement de création et d'extension.

Durant la phase d'exploitation de l'activité, ils bénéficient de l'exonération totale de l'impôt sur le revenu global ou de l'impôt sur les bénéfices des sociétés et ce, pendant une période de trois (3) ans, à compter de la date de mise en exploitation. Cette période peut être allongée dans certains cas.

Ils sont aussi exonérés de la taxe foncière sur les propriétés pour une durée de trois (3) ans, à compter de la date de réalisation du projet. Cette même période peut être allongée lorsque l'activité est implantée dans une zone à promouvoir.

Après extinction de la période d'exonération, ces activités bénéficient d'abattements de l'impôt sur le revenu global ou de l'impôt sur les bénéfices des sociétés, selon le cas, ainsi que sur la taxe sur l'activité professionnelle

**C.3.ANGEM** (Agence Nationale de Gestion du Micro Crédit) : Ce dispositif est destiné à tout citoyen de plus de 18 ans sans revenus ou disposant de revenus instables et irréguliers ainsi que les femmes au foyer. Il vise l'intégration économique et sociale à travers la création d'activités de production de biens et services.

Le dispositif prévoit un financement à 100% (aucun apport du postulant au micro crédit) du montant d'achat de la matière première à travers un prêt non rémunéré (PNR), pour un coût global ne dépassant pas 100 000 DA.

- Le crédit « achat de matière première » ;
- Le crédit « acquisition de petits matériels et équipements » ;
- Le coût maximum de l'investissement est fixé à 1 million de dinars.

Le montage financier proposé par le dispositif prévoit la formule suivante :

- Apport personnel : 1% du coût global du projet ;
- ANGEM : 29% du coût global à travers prêt non rémunéré ;
- Banque : 70% du coût global (Intérêts bonifiés).

Le montant maximum de l'investissement est de 1.000.000 DA

❖ **Avantages accordés par le dispositif ANGEM :**



## **Partie III : Étude Organisationnelle et institutionnelle**

**1.** Un prêt non rémunéré : 29% du cout global de l'activité au titre de la création d'activité par l'acquisition de petits matériels et matières premières de démarrage de l'activité qui ne saurait dépasser 1.000.000 DA ; 100% du cout global, au titre de l'achat de matières premières, qui ne saurait dépasser 100.000 DA.

**2.** Crédit bancaire : son niveau est fixé à 70% du cout global de l'activité qui saurait dépasser 1.000.000 DA et ce au titre de la création d'activités l'acquisition de petits matériels et matières premières de démarrage de l'activité, une bonification des taux d'intérêt pour les crédits bancaires obtenus (80%, 95% du taux débiteur appliqué par les banques).

**3.** Les prêts non rémunérés et les bonifications des taux d'intérêt seront payés à partir du Fonds National de soutien au microcrédit (géré par l'agence nationale de gestion du micro crédit), un différé de 03 ans est accordé pour le remboursement du principal du crédit bancaire et un différé d'une année pour le paiement des intérêts.

### **III.5. Conclusion**

Cette étude nous a permis de présenter et définir les caractéristiques juridiques de notre entreprise telles que la forme juridique (SARL), leur avantage par rapport à notre cas, les besoins de notre entreprise en termes d'emploi et la hiérarchie organisationnelle des différents départements de l'entreprise.

# **Conclusion Générale**

## Conclusion Générale

### Conclusion générale

Dans ce travail nous envisageons de proposer une étude de faisabilité pour l'obtention de sucre à partir de la betterave sucrière sur le territoire Algérie. Ce projet de la transformation de la betterave sucrière est réalisé sur la base des informations, des données et des statistiques collectées d'après plusieurs sources. Le but est de formuler une meilleure conception malgré que nous ayons rencontré beaucoup d'énormes difficultés telles que le manque d'informations sur les machines de la transformation et le temps limitée pour accomplir notre objectif.

Dans ce mémoire nous opté pour le choix de la betterave sucrière vue cette plante est propice au climat de la méditerranéen et particulièrement au climat d'Algérie. Ce mémoire se compose de trois chapitres.

Dans le premier chapitre nous avons fait une étude profonde du marché national et international du sucre dans laquelle nous a montré que le marché du sucre, est un marché d'opportunité en Algérie. Et deuxième lieu nous avons étudié la partie nutritionnel et technologique du sucre afin de connaître les différents types du sucre existants et les origines du sucre découverts jusqu'à présent.

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté la richesse nutritionnelle de la betterave sucrière, puis nous avons vu les conditions particulières pour sa culture et sa récolte, ensuite nous avons entamé les étapes de transformations de la betterave sucrière depuis la récolte jusqu'à la phase du conditionnement, tout en présentant les machines utilisées dans chaque étape. Afin de cerner bien notre problématique nous avons abordé trois axes :

-le premier est concernant la localisation de site On utilisant le modèle p-média pour l'implémentation de l'unité de transformation tout en réduisant le coût de localisation (coût d'investissement) et les coûts de transport, pour minimiser la distance entre l'usine et zone de la récolte alors que La betterave sucrière est l'une des cultures industrielles qui nécessite un climat tempéré et subtropicale. Pour cela on prend en considération la contrainte de la culture de la betterave.

-Le deuxième a été consacré en culture de la betterave dans lequel nous avons déterminé un planning de la culture de la betterave sucrière en précisons le nombre des arracheuses utilisées et le choix technologiques de ces machines par l'application d'une méthode de MCDM qui s'appelle une matrice de décision, puis nous avons déterminé le routage optimale de ces machines. Ensuite nous avons déterminé les nombres des camions nécessaires et des déterreurs pour la livraison de la betterave sucrière entre les champs de l'implantation et la sucrerie. Et la fin de ce dernier nous avons déterminé La meilleure livraison de synchronisation du fournisseur, en respectons la quantité et les délais prévus.

## Conclusion Générale

-le troisième a été consacré en choix technologique des machines et des fournisseurs par l'application de la double TOPSIS., la première est pour sélectionner les machines préférables et la deuxième pour objectif de sélectionner qu'un seul fournisseur en respectons différent contraintes de cout de disponibilité de qualité de service de mode de paiement proposé et bien sûr de leur qualité technologique.

Le troisième chapitre nous avons clôturé notre travail modeste par une étude Organisationnelle et institutionnelle afin d'organiser et structurer les services et les départements, ensuite pour déterminer la forme juridique et les différents besoin de notre entreprise.

Les résultats auxquels l'étude a abouti indiquent qu'un projet d'unité de transformation de la betterave sucrière conçu d'une manière bien définie peut être rentable dans les conditions actuelles économique, agronomique, zootechnique, sociale de l'Algérie ; mais il y'a plusieurs contraintes rencontrées ou les facteurs limitant la production de cette culture qu'il faut lutter, comme les contraintes socio-économique, contraintes techniques et contraintes sociales.

Comme toute démarche humaine les éléments proposés dans cette étude et recueillis dans des conditions parfois très difficiles sont éminemment perfectibles au contact des réalités vécues et en fonction de la pratique à améliorer sur le terrain.

## Perspective

### Perspective

Comme perspective, nous souhaitons prolonger notre travail, en nous focalisant plus particulièrement trois parties :

Dans la première qui concerne la récolte de la betterave plusieurs point peuvent être abordé :

Le premier : le choix de la topographie de la zone de la culture afin de mieux valoriser le rendement sur le territoire algérien.

Le deuxième : prise de considération de la dégradation de la betterave par rapport au climat algérien et en équipement existant et en zone d'implantation.

Dans la seconde partie il sera très intéressant d'étudier la gestion des indisponibilités pour les fournisseurs des betteraves sucrières en cas de ne pas livré la betterave en sucrerie juste à temps.

Une autre piste peut être exploitée dans ce travail qui concerne le processus de la transformation des dérivées de la betterave (Pulpe, Mélasse....).

Un autre point qui a été commencer mais pas finaliser suit à des contraintes de temps est la valorisation du rendement de ce projet sur l'investissement globale (en cours de réalisation).

## Bibliographie

## Bibliographie

(s.d.). Tlemcen, Ain témouchent , Algérie: chambre de commerce .

*Le marché du sucre en Algérie.* (2017). Consulté le Mars 12, 2018, sur algerie-dz.com:  
<http://www.algerie-dz.com/article6583.html>

(2016). *Sucre* . Paris: OCDE/FAO.

(2012). *Une récolte difficile*. France: Institut Technique de la Betterave.

Abderrahmane, B. (2013). *Algorithmes évolutionnaires et méthodes approchées multi-critères*. lorraine.

ACHABOU, M. A. (2008). *l'environnement institutionnel dans la decision strategique de l'entreprise emergente:cas de l'industrie sucriere algerienne*. Pierre Viala,France , centre international d'Etudes Supérieures en sciences Agronomiques, France.

*Afrique - Sucre.* (2018, JANVIER 8). Consulté le Juin 3, 2018, sur commodafrika:  
<http://www.commodafrika.com>

Ali mohammadi1, A. m. (2011). Introducing a new method to expand TOPSIS decision making model to fuzzy TOPSIS. *The Journal of Mathematics and Computer Science Vol .2 No.1 (2011) 150-159* , 10.

(2015). *ANALYSE DU MARCHÉ DANS LA FILIERE DU SUCRE*. France: Institut des comptes nationaux.

ARZATE, A. (2005). *EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE*. Saint-Norbert, Québec: centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture.

ARZATE, A. (2005). *Extraction et raffinage du sucre de canne*. Québec: Centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture .

BELAID, D. (2014, Mars 10). LA CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE ET LA PRODUCTION DE. *ALGERIE, PRODUIRE DU SUCRE?* , p. 5.

Benali, A. (2017, Février 9). *Une hausse de 22% de la facture des importations de sucre en 2016*. Consulté le Octobre 3, 2017, sur algerie-eco: <https://www.algerie-eco.com>

BENBOUALI, S. (2017). *LA PRODUCTION ALGÉRIENNE*. Algérie: Le marché des Industries Agroalimentaires en Algérie.

(2008). *Betterave Sucrière*. Paris: Techniques de culture et activité pédagogiques .

*Caryopse.* (2017, Octobre 23). Consulté le Novembre 12, 2017, sur wikipedia: [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)

Chrif, M. (2017, Mars). *Gestion de ressource humaine*. Tlemcen , Génie industriel-Département génie électrique et électronique, Algérien.

## Bibliographie

(2017). *Conjoncture, L'analyse économique de FranceAgriMer*. France.

*Consommation mondiale de sucre*. (2016). Consulté le Novembre 12, 2017, sur consoGlobe: [www.planetoscope.com](http://www.planetoscope.com)

*Démographie*. (2018, Janvier 1). Consulté le Mars 12, 2018, sur Office National des Statistiques: <http://www.ons.dz/-Demographie-.html>

DJAFER Mohamed, D. Y. (2017). L'étude de Faisabilité d'une Unité de Génie Industriel, Génie Electrique et Electronique , Algérie: Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen .

*Entreprises - Wilaya Ain Defla*. (2018). Consulté le Janvier 20, 2018, sur Kompass, Your route to business worldwide : <https://dz.kompass.com>

*Entreprises - Wilaya Guelma*. (2018). Consulté le Janvier 20, 2018, sur Kompass, Your route to business worldwide : <https://dz.kompass.com>

(2017). *Évolution du cours du sucre – facteurs d'influence*. Paris: SYNDICAT NATIONAL DES FABRICANTS DE SUCRE .

Fages, C. (2016, Septembre 12). *chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation*. Consulté le Décembre 08, 2017, sur rfi: <http://www.rfi.fr>

Fages, C. (2016, Septembre 12). *chronique des matières premières La production mondiale de sucre inférieure à la consommation*. Consulté le Décembre 8, 2017, sur rfi: <http://www.rfi.fr>

(2015). *FICHE CULTURE BETTERAVE SUCRIERE*. Maroc: compagnie marocaine de goutte à goutte et de pompage CMGP-système d'irrigation.

*Flambée du prix du sucre et répercussion pour l'Algérie*. (2010, Février 3). Consulté le Octobre 3, 2017, sur algerie-monde: <http://www.algerie-monde.com>

*Guide de gestion des ressources humaines*. (2017). Québec: Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie du caoutchouc du Québec.

*Guide Investir en Algérie - 2017*. (2017). Algérie: la société KPMG Algérie.

Gülsoy, N. (2015, Février 11). *Les États-Unis sont le premier pays consommateur de sucre*. Consulté le Novembre 18, 2017, sur AA: [www.aa.com.tr](http://www.aa.com.tr)

Haberfeld, I. (2018, Janvier 23). *Nutrition : quel sucre choisir ?* Consulté le Février 10, 2018, sur santé magazine: <https://www.santemagazine.fr>

haddou. (2017, Juin 14). Maroc,sucre: Un record de 14 tonnes à l'hectare. *Maroc,sucre: Un record de 14 tonnes à l'hectare* . Maroc: Kiosque360.

*Hausse des importations* . (2013 , Juillet 14). Consulté le Octobre 3, 2017, sur djazairess: <https://www.djazairess.com>

*LA CULTURE DE LA BETTERAVE À SUCRE*. (2017). Consulté le Décembre 19, 2017, sur Le sucre: <http://www.lesucre.com>

## Bibliographie

(2006). *La filière betteravière*. SEDA.

(2005). *La filière sucre en Algérie*.

Lailler, T. (2017). *SARL : quels avantages, quels inconvénients ?* Consulté le Février 15, 2018, sur Le blog dudirigeant LBdD: <https://www.leblogdudirigeant.com>

*L'Algérie a importé pour 570,78 millions de dollars de sucre en 8 mois*. (2016, Octobre 17). Consulté le Octobre 13, 2017, sur Le Matin d'Algérie: <http://www.lematindz.net>

Lamriben, H. (2017, Juin 6). *Marché du sucre : L'Algérie dans le Top 10 des plus gros importateurs* . Consulté le Octobre 3, 2017, sur djazairss: <https://www.djazairss.com>

Lataillade, A. (2014, Septembre). *Sucres : Comment s'y retrouver*. Consulté le Novembre 06, 2017, sur papilles et pupilles: [www.papillesetpupilles.fr](http://www.papillesetpupilles.fr)

*Le sucre à travers les Âges*. (2017). Consulté le Décembre 27, 2017, sur une-generalisation-mondiale-du-sucre.: [ucripant.e-monsite.com](http://ucripant.e-monsite.com)

Lynda, A. L. (2012). Effet de l'ajout de soude caustique et de la température sur la dégradation de la mélasse au cours du stockage au niveau de la raffinerie -CEVITAL-. *Effet de l'ajout de soude caustique et de la température sur la dégradation de la mélasse au cours du stockage au niveau de la raffinerie -CEVITAL-* . BEJAIA, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie Département des sciences alimentaires, Algérie.

Maheu, M.-È. (2015, Octobre 30). *Où consomme-t-on le plus de sucre dans le monde? La réponse en carte*. Consulté le Novembre 18, 2017, sur radio-canada: <https://ici.radio-canada.ca>

*maps*. (2018). Consulté le Mars 12, 2018, sur google: <https://www.google.com/maps/@28.0948735,-7.2986499,5z>

Mauriac, F. (2010). *L'univers du sucre*. France: l'Institut Klorane,Fondation d'Entreprise pour la Protection et.

(2017). *MEMO STATISTIQUE*. France: Centre d'Études et de Documentation du Sucre.

Miloud, H. (2009). *Réhabilitation de la culture de la betterave sucrière en Algérie*.

Mohamed, M. (2017). *Finance*. Tlemcen-Algérie: Génie industriel-Département Génie électrique et électronique.

(2017). *Note de conjoncture*. France: FranceAgriMer.

PIERRE-OLIVIER. (2017, Novembre 20). *La récolte des betteraves sucrières*. Consulté le Avril 17, 2018, sur le blog wefarmup: <http://www.blog.wefarmup.com>

*PLANÈTE-Photosynthèse*. (s.d.). Consulté le Novembre 12, 2017, sur FUTURA PLANETE: [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

Prabhakar, B. S. *A Simplified Description of Fuzzy TOPSIS*. Dept. of Computer Science and Engineering, IIT Kanpur, UP 208016 India, India.



## Bibliographie

*PREMIERE PARTIE La betterave.*

(2017). *Principales caractéristiques*. Paris: SYNDICAT NATIONAL DES FABRICANTS DE SUCRE .

Rabah, C. (2017, Novembre 14). *Société par actions SPA*. Salle d'étude de génie industriel Master02, Tlemcen, Génie industriel-Département génie électrique et électronique, Algérien.

Raffinerie Tirlémontoise. (2013). *INFO-SUCRE*. Consulté le Novembre 08, 2017, sur schawkdigital: <http://tiensesuiker.schawkdigital.com>

*Rémunération*. (s.d.). Consulté le Juin 04, 2018, sur lintern@ute: <http://www.linternaute.fr>

*Rémunération*. (2017, Janvier). Consulté le Juin 04, 2018, sur wikipedia: <https://fr.wikipedia.org>

*Saccharose*. (s.d.). Consulté le Novembre 8, 2017, sur Futura Santé: [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

Sellal, A. (2017, Février 19). Oran: la raffinerie de sucre de Tafraoui inaugurée. (H. Algérie, Intervieweur)

Selma, M. A. (2007). *ise en application de l'accord d'association UE- Algérie : les conséquences sur l'industrie sucrière algérienne Association agreement between Algeria*. France.

Services CGB. (2017). *LA BETTERAVE EN 2017 UNE NOUVELLE ÈRE*. France: Confédération Générale des planteurs de Betteraves.

*Sorasucre de Mostaganem*. (2018). Consulté le Janvier 20, 2018, sur Kompass, Your route to business worldwide : <https://dz.kompass.com>

Stassi, F. (2015, Février 29). *Le Brésil pourrait produire davantage de canne à sucre en 2015-2016*. Consulté le Décembre 08, 2017, sur L'USINE AGRO: <https://www.usinenouvelle.com>

Stassi, F. (2015, Octobre 28). *Vers un déficit sur le marché du sucre en 2015-2016*. Consulté le Décembre 2, 2017, sur L'USINE AGRO: <https://www.usinenouvelle.com>

*Sucre*. (2018, mai 20). Consulté le mai 16, 2018, sur wikipedia: <https://fr.wikipedia.org>

*Sucre: un produit naturel?* (s.d.). Consulté le Décembre 23, 2017, sur TPE sur les sucres roux et blanc: <http://tpe-sucre-roux.e-monsite.com/pages/page.html>

*Utilisation du sucre à des fins alimentaires et non alimentaires*. (s.d.). Consulté le Décembre 5, 2017, sur Institut canadien du sucre: <http://www.sugar.ca>

(2018). *VERSION INTERACTIVE DU MÉMO STATISTIQUE 2018*. France: Centre d'études et de documentation du sucre.

*VERSION INTERACTIVE DU MÉMO STATISTIQUES 2017*. (2017). Consulté le Novembre 12, 2017, sur Sucre de A à Z : <http://lesucre-staging.herokuapp.com>

## Résumé

**Résumé :** L'étude dans ce travail consiste à l'étude de faisabilité d'une entreprise sucrière qui assure la transformation de betterave sucrière en sucre près à la commercialisation et la consommation par l'individu. Pour ce faire nous avons traité ce projet sous différents ongles à savoir.

Etude de marché qui permet de déterminer la consommation et la production international et national puis nous avons étudié la récolte de la betterave qui reste un challenge vis-à-vis la caractéristique de la cultive bisannuelle de la betterave par la suite une étude technique qui consiste à adapter le bon processus de transformation de la betterave sucrière en sucre consommable qui permet de satisfaire les besoins locaux en minimisant des différents couts d'investissement un autre volet à été abordé qui la localisation du site de production contenue de la récolte et des différentes fournisseurs.

Pour cela nous avons décidé à contribuer par cette étude afin d'aidé notre pays à réduire les dépenses de l'importation de cette matière.

**Abstract:** The study in this work consists of the feasibility study of a sugar company that ensures the processing of sugar beet into sugar near the marketing and consumption by the individual. To do this we treated this project under different axes to know.

Market study which allows to determine the consumption and the international and national production then we studied the harvest of beet which remains a challenge vis-à-vis the characteristic of the biennial culture of beet then a technical study which consists to adapt the right process of transformation of the sugar beet into consumable sugar which makes it possible to satisfy local needs while minimizing different investment costs another aspect has been tackled which the location of the production site contains the harvest and the various suppliers .

For that we decided to contribute by this study to help our country to reduce the expenses of the importation of this matter.

## خلاصة

دراسة هذا المشروع تتضمن دراسة إمكانية فتح مصنع لإنتاج السكر اعتمادا على المادة الأولية البنجر السكري للتسويق و الاستهلاك من قبل الفرد. للقيام بذلك تعاملنا مع هذا المشروع اعتمادا على محاور مختلفة.

دراسة السوق التي تسمح بتحديد الاستهلاك والإنتاج الدولي والوطني ثم درسنا محصول البنجر الذي لا يزال يمثل تحديًا بالنسبة لخصوصية ثقافة البنجر كل سنتين ، ثم دراسة تقنية تستوجب علينا إيجاد أفضل التقنيات لتحويل بنجر السكر إلى سكر جاهز للاستهلاك الذي يمكن أن يلبي الاحتياجات المحلية للمنطقة الغربية عن طريق التقليل من التكاليف الاستثمارية المختلفة بالإضافة إلى أننا تطرقنا إلى محور جديد لثراء هذا الانجاز و الذي يتضمن اختيار الموقع الاستراتيجي لشركتنا، أخذنا بعين الاعتبار ثقافة زراعة البنجر السكري و مموليها.

لذلك قررنا المساهمة من خلال هذه الدراسة لمساعدة بلدنا على تقليل نفقات استيراد هذا المنتج الأساسي و الضروري في حياتنا اليومية.