

UNIVERSITE PARIS VAL DE MARNE -U.E.R. SCIENCES

Avenue du Général De Gaulle -94010 CRETEIL Cedex

INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX

10, rue Pierre Curie -94704 MAISONS-ALFORT Cedex

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES ET TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
EN REGIONS CHAUDES

RAPPORT DE STAGE

Fabrication du sucre de Canne
à la
Société Sucrière de Haute-Volta

PAR

Gustave Bouraïma KABRE

Année Universitaire 1982-1983



DIPLOME d'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES ET TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
EN REGIONS CHAUDES

RAPPORT DE STAGE

Fabrication du sucre de Canne
à la
Société Sucrière de Haute-Volta

PAR

Gustave Bouraïma KABRE

Lieu de stage : BANFORA (Haute-Volta)

Organisme d'accueil : Société Sucrière de Haute-Volta

Période du stage : 9 août au 9 octobre 1982

Rapport présenté oralement le : septembre 1983

AVANT-PROPOS

Je tiens tout d'abord à exprimer tous mes remerciements à Monsieur le Professeur MOREAU , Directeur du D.E.S.S. , pour l'intérêt qu'il a toujours su montrer pour ce travail.

A Monsieur le Professeur MOREL, ainsi qu'à tout le corps enseignant du D.E.S.S., je tiens à exprimer toute ma gratitude .

Que Monsieur J.B. CABOT , Directeur d'Exploitation trouve ici mes sincères remerciements.

Je remercie Monsieur GALLANT et Monsieur LABORDE respectivement Directeur Technique et Directeur Culture pour m'avoir accueilli dans leur service.

Que Monsieur G. KABORE et Monsieur K.M. TANKOUANO trouvent ici mes sincères remerciements pour leur encadrement et les précieux conseils qu'ils m'ont apportés.

Je n'oublie pas Monsieur SAGNON pour son aide et ses conseils.

Mes sincères remerciements vont également à Mesdemoiselles S.BRACHET et I.AUBRET pour la réalisation pratique de ce travail .

-- SOMMAIRE --

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I, -PRESENTATION DE LA SO .SU .H.V.....	3
CHAPITRE II, -AGRONOMIE ET PATHOLOGIE DE LA CANNE ...	7
I -LE LABO CULTURE	7
II -SECTION CHIMIE.....	9
III -LA SECTION PHYTHOSANITAIRE.....	10
IV -LES PLANTES PARASITES.....	11'
CHAPITRE III, -CIRCUIT DE FABRICATION ET TECHNOLOGIE	
DE LA CANNE	12
I -L'EAU.....	13
I,1-TRAITEMENT.....	13
I,2-ANALYSE DES DIFFERENTES EAUX.....	15
I,3-CIRCUIT DE L'EAU.....	18
II -CIRCUIT DE FABRICATION.....	21
II,1-LA COUR A CANNE.....	21
II,2-LE POSTE DES MOULINS.....	25
II,3-EPURATION.....	36
II,4-LA CRISTALLISATION	41
II,5-MALAXAGE ET TURBINAGE.....	47
II,5,1-MALAXAGE.....	47
II,5,2-TURBINAGE.....	48
II,6 -RAFFINERIE.....	51
II,7 -SECHAGE ET ENSACHAGE.....	55
II,8 -AGGLOMERERIE.....	59
CONCLUSION GENERALE ET RESUME.....	60

INTRODUCTION GENERALE

Ce rapport est le résultat de deux mois de stage passé à la direction technique de la Société Sucrière de Haute Volta. Au sein du service de fabrication nous nous sommes intéressés au circuit et à la fabrication du sucre; c'est à dire au processus qui permet à partir de la canne à sucre d'en extraire le jus sucré qui subira une série de traitements pour aboutir au sucre granulé roux ou blond dont une partie sera raffinée en vue d'obtenir du sucre blanc.

Notre protocole de travail a consisté à suivre étape par étape le circuit de fabrication dont les principales phases sont:

- Cour à canne
- Section broyage correspondant aux moulins
- Epuration sucrerie
- Evaporation
- Cristallisation
- Malaxage et turbinage
- Raffinerie
- Séchage
- Stockage et ensachage
- Agglomération correspondant à la mise en carreaux.

Tout au long du circuit de fabrication nous prendrons soin de décrire le matériel rencontré, en nous attardant toutes les fois où cela s'avérera nécessaire pour les étapes fondamentales ou critiques. Dans ce volet fabrication nous avons porté une attention particulière au problème de l'eau, son traitement, son utilisation, et son devenir dans l'usine.

En dépit du fait que notre objectif principal était le service fabrication, nous nous sommes intéressés à d'autres services dont celui d'agronomie et phytosanitaire, pour nous informer non seulement des méthodes et moyens utilisés pour planter la canne, mais aussi pour suivre sa croissance et ses problèmes pathologiques.

Notre travail comportera trois parties principales. Dans un premier chapitre nous ferons une brève présentation de la SO. SU. H.V. Dans un deuxième nous donnerons un aperçu de l'agronomie et des problèmes pathologiques de la canne. Et dans un troisième chapitre, partie de loin la plus importante, nous interesserons au circuit et à la fabrication du sucre; en insistant sur les transformations subies par la canne, puis le jus sucré, ainsi que sur les analyses de contrôle qualité effectuées à chaque poste. Une conclusion générale terminera notre exposé.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA SO.SU. H.V.

PRESENTATION DE LA SO.SU. H.V.

La société sucrière de Haute Volta, SO. SU. H.V., est un complexe agro-industriel très jeune puisque sa création ne date que de 1972. Gérée par la société Multinationale des Industries Agro-Alimentaires (SO.M.D.I.A.A.), son objectif essentiel est de couvrir les besoins du pays en sucre .

Société anonyme, elle est financée par des capitaux essentiellement nationaux. En effet sur un capital de 3.115.500.000 CFA, 73,89 % sont Voltaïques, 16,28% Ivoiriens, tandis que la SO.M.D.I.A.A et associés participent pour 8,91 % du capital et seulement 0,92 % pour les autres.

Considérée comme la plus grande société du pays, elle est implantée à Beregadougou, localité située à 15 kilomètres au nord de Banfora, dans le département de la Comoé au sud-ouest du pays. Deux raisons majeures ont contribué à l'implantation du complexe sucrier dans cette région : d'une part l'abondance des ressources en eau, les conditions climatiques favorables, des sols convenants à la culture de la canne, et, d'autre part des facilités d'accès et d'approvisionnement.

Cette région possède en effet _ Un climat de type sud-Soudanien, jouie donc d'une pluviosité de près de 1000 mm par an et se caractérise par deux saisons; Une sèche de novembre à avril et une humide de avril-mai à octobre, avec des pluviosités maximales en août et septembre.

Les températures quoique relativement élevées présentent des amplitudes faibles en saison pluvieuse (favorables au développement de la canne à sucre) et fortes en saison sèche (favorables à une bonne maturation de la canne).

L'évaporation mesurée au bac classe "A" présente un maximum en mars et avril due à l'élévation de la température et aux vents secs du nord-est c'est à dire l'harmattan, et décroît progressivement pendant la saison hivernale. L'insolation, en fonction de la nébulosité, varie en moyenne entre 6 et 9 heures par jour. La région subit pour une grande part l'influence de la mousson, issue de l'anticyclone Sainte Hélène situé dans l'Atlantique vers le golfe de Guinée. Ce vent chargé d'humidité, couvre la région de mai à octobre. Cette influence est perturbée par l'harmattan vent chaud et sec soufflant dans une direction nord-est à nord, de novembre-décembre à avril-mai.

A ces conditions climatiques favorables, s'ajoute le fait que la région est un véritable carrefour de nombreux cours d'eau dont les principaux sont la Comoé et le Yannon.

- La Comoé: constitue l'artère principale du réseau hydrographique. En effet elle fournit la presque totalité des eaux d'irrigation du périmètre. Elle recoit sur son parcours de nombreux affluents, tels que le Lobi et la Berega.

- Le Yannon: traverse le périmètre sucrier sur une longue distance. Citons également les lacs de Lemouroudougou et de Karfiguela.

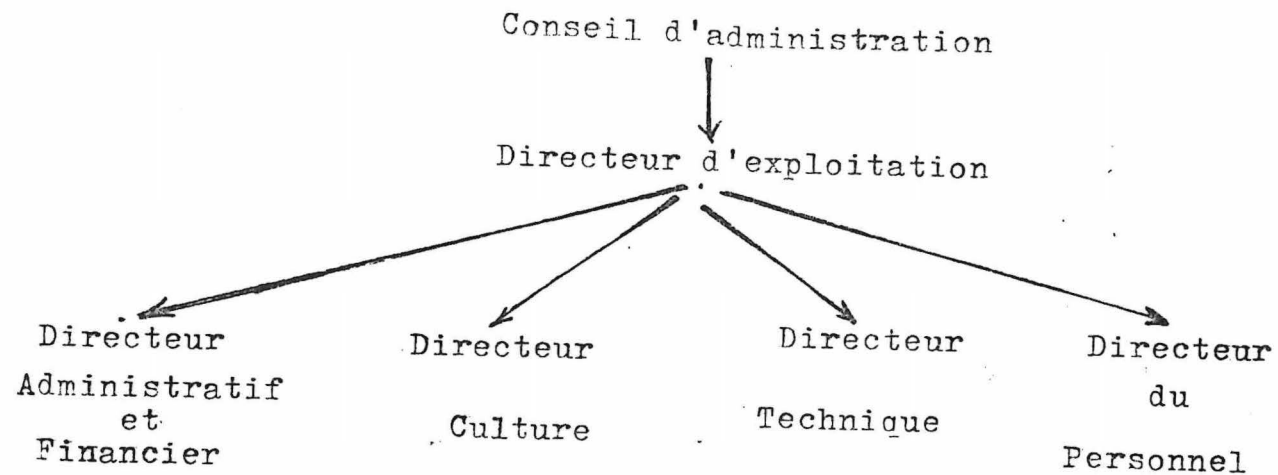
En ce qui concerne les facilités d'accès, signalons que la région est traversée par la Route Nationale 1 entièrement goudronnée depuis la capitale Ouagadougou jusqu'à la frontière Ivoirienne. En plus et surtout, elle est parcourue par la voie ferrée de la Régie Abidjan Niger (R.A.N.).

Quant à la production , quoique étant une société très jeune, la SO.SU.H.V. atteint ses objectifs puisqu'elle a réussi jusqu'à présent à couvrir, la totalité des besoins du pays en sucre, excepté l'année 1981 où elle a eu un déficit de 6000 tonnes.

Sa première production date de 1975. Elle était alors de 15 000 tonnes par an. Depuis son extension en 1977, elle atteint un tonnage de 24 000 tonnes par an et même 28 000 tonnes.

Côté agronomique notons que la société dispose de ses propres champs de canne situés en moyenne dans un rayon de 15 kilomètres autour de l'usine. Elle possède notamment 3900 hectares de champs de culture tous irrigués dont 200 sous forme de parcelles expérimentales. Ses champs produisent en moyenne 30 tonnes sucre par hectare et par an, soit un rendement de 9,80 %.

Concernant le personnel, la S.O.S.U.H.V. dispose de 2000 permanents et mobilise en campagne près de 4000 contractuels et 3000 journaliers encadrés par 43 cadres supérieurs dont 18 en majorité Français. Comme l'indique son organigramme (page ci-jointe) elle est chapeautée par un conseil d'administration dont le président est le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Ce conseil a force de décision. En dessous se trouve le directeur d'exploitation. Celui ci est chargé de faire exécuter les décisions du conseil. Il a sous ses ordres quatre directions à savoir la direction technique, la direction culture, la direction administrative et financière, et enfin la direction du personnel. Outre ces quatre directions, trois services dépendent directement de lui, ce sont les services de la santé, le service commercial, et l'atelier mécanique. Notons que les quatre directions qui ont chacune à leur tête un directeur sont à leurs tours subdivisées en différents services. C'est de loin la culture qui compte le plus de personnel surtout dans le service exploitation.



ORGANIGRAMME DE LA SO . SU . H . V .
=====

La campagne à la SO.SU.H.V. dure de novembre à juin, et l'intercampagne, période durant laquelle le matériel est révisé, de juillet à octobre.

La société possède une seule chaîne de fabrication de sucre granulé blanc, et une seule raffinerie qui traite les deux tiers de la production en sucre blond . Elle dispose également de deux chaînes en agglomération qui fonctionnent onze mois sur douze et mettent en carreaux 80 tonnes de sucre granulé par jour.

Pour terminer cette brève présentation de la SO.SU.H.V. signalons l'existence de plusieurs projets dont l'installation d'une distillerie et d'une troisième chaîne en agglomération.

CHAPITRE II

AGRONOMIE ET PATHOLOGIE DE LA CANNE

----- .

Dans ce chapitre nous n'ambitionnons pas de traiter de façon exhaustive des techniques de culture et de suivie de la croissance de la canne. Ceci nous éloignera du principal objectif de notre stage, qui est de nous intéresser à la technologie industrielle de la canne à sucre. Nous visons tout simplement à donner quelques informations sur un service aussi important que celui de l'agronomie et phytosanitaire qui ne pouvait être passé sous silence d'autant plus qu'il fournit la matière première à savoir la canne.

Dans ce service agronomie et phytosanitaire qui est également chargé de la mise en place de tous les essais afin d'améliorer le rendement, nous nous sommes intéressé au labo-culture et au problème phytosanitaire.

I LE LABO-CULTURE

Il fonctionne toute l'année et on y effectue toutes les analyses concernant la canne et les sols.

Son personnel qui est permanent se divise en deux sections: la section canne et la section chimie.

I,1 : la section canne

Elle s'occupe comme son nom l'indique uniquement d'analyses concernant la canne: le jus et la fibre.

Les analyses portent essentiellement sur deux types d'échantillons.

I,1, 1 : Echantillon de maturation

Il permet de connaître l'état de maturation de la canne permettant ainsi d'établir l'ordre de récolte des différentes parcelles.

- Echantillon de vieille de coupe

- Echantillon de veille de coupe

Il permet de situer la valeur exacte de la canne avant la coupe.

- Echantillon de lieu de récolte

Il s'effectue sur les andains c'est à dire les tas de canne prêts à être transportés à l'usine. Il donne une information sur la dernière valeur de la canne juste avant l'entrée à l'usine.

- Echantillon transporteur

Son but est de donner l'état de la fibre (fibre réelle) correspondant à la fibre exacte de l'usine.

Notons qu'à titre comparatif avec les résultats du labo-usine le labo-culture analyse le jus premier moulin.

I,1,2 : Echantillon provenant des essais du service agronomique

Les mêmes échantillons que précédemment sont réalisés.

Rq: l'analyse concernant les échantillons de maturation porte sur les bases et les sommets des cannes étant entendu que ces derniers sont coupés en trois.

I,1,3: Protocole d'analyse

Après broyage de la canne au broyeur J.F.F.C.O., sous forme de pulpe 500 grammes sont prélevés puis pressés. On extrait ainsi le jus et on laisse la bagasse.

Sur le jus préalablement déféqué à l'acétate de plomb basique puis filtré on détermine le brix. Sur la bagasse on détermine la fibre par rapport à la fibre de référence.

A partir de ces résultats on établit des rapports périodiques (tous les dix jours) et des rapports, journaliers.

II SECTION CHIMIE

Elle s'occupe essentiellement de trois types d'échantillons qui sont : les échantillons de sols provenant des parcelles industrielles, les échantillons de sols provenant des parcelles d'essai du service agronomique, et enfin, les échantillons des diagnostics foliaires

II,1 : Analyse des sols

Leur analyse donne une idée des amendements à apporter. Les échantillons sont préalablement séchés sur des plateaux à l'air libre et remués chaque jour pendant quarante huit heures avant d'être broyés. La granulométrie du broyat peut varier entre 2,5 mm 0,2 et 0,1 mm selon l'analyse demandée.

Les analyses effectuées sur ces échantillons sont :

- PH : On détermine le PHeau et le PHHcl

Le PHeau correspond à un mélange de terre et d'eau distillée bouillie et refroidi dans le rapport 2/5.

Le PHHcl se mesure sur un mélange de terre et une solution normale de Hcl.

- L'Azote: l'azote total se mesure par la méthode de KJEHDHAL.

- Le carbone: il se dose par la méthode de BLACK et WALKEY . C'est un dosage indirect d'oxydo-réduction en présence du bichromate de potassium et de l'acide sulfurique concentré et du sel de MOHR.

- Les bases échangeables: ce sont l'ensemble des cations qui saturent le complexe. Ces cations sont le Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , et le Na^{+} .

On dose également le phosphore total ainsi que le phosphore assimilable .

II,2 : Les diagnostics foliaires

Ils s'effectuent sur des feuilles de canne séchées et broyées. On dose alors l'azote le calcium le manganèse qui sont les principaux constituants. Ce dosage donne une idée sur le pouvoir d'absorption des plantes.

III LA SECTION PHYTOSANITAIRE

L'état pathologique des cannes constitue un élément très important pour la production. En effet de par les dégâts qu'elles peuvent provoquer au niveau des champs les maladies constituent un facteur pouvant entraîner une chute du rendement de la matière première.

Les maladies qui menacent la culture sur le pèrimètre de la SO. SU. H.V. peuvent être classées en trois catégories .

III,1: les maladies dues à des protozoaires

Les protozoaires provoquent des maladies pouvant être divisées en trois groupes qui sont les mycoses, les bactérioses, et les viroses.

III,1,1: Les mycoses

Elles sont de loin les plus importantes et les plus dangereuses. Elles peuvent entraîner une chute assez significative du rendement. Les champignons couramment rencontrés sont la rouille, le mildiou; On trouve également des helminthosporas et depuis 1931 des leptosphaeria sacchari provoquant une mycose nommée ring spot.

III,1,2: Les bactérioses

Elles ont été rarement observées sur le pèrimètre. La seule bactériose rencontrée fut le leaf scald ou brûlure des feuilles, provoquée par Xanthomonas albelineans.

III, 1,3: Les viroses

La seule virose soupçonnée fut le ratoon stunting disease, qui est plus dangereuse que la mosaïque.

III,2: Les parasitoses animales

Les animaux responsables peuvent être divisés en deux groupes: Ceux qui s'attaquent aux racines donc situés au niveau du sol, et ceux qui s'attaquent aux tiges.

III,2,1: Au niveau des racines

On trouve là :

- Les nématodes: Ils rencontrés dans les terres sableuses. Ils peuvent provoquer une baisse du rendement de près de moitié. Les principaux d'entre eux sont les genres trichodorus, scutellonema, hirschmamniella, pratylinchus, criconemoides .
- Les vers blancs: Ils appartiennent à la famille des scarabidae, et provoquent des étiolements des racines dans les sols. Le plus nocif d'entre eux est l'*Eulepida baumani*.

III,2,2: Au niveau des tiges

On rencontre :

- Les rongeurs : Ils provoquent des dégâts peu significatifs, et s'attaquent surtout aux jeunes cannes. Ce sont essentiellement les rats et les castors.
- Les borers : Ce sont des chenilles mineuses des tiges qui s'attaquent surtout aux plantes adultes. Ce sont principalement des lépidoptères dont *Sesamia* sp et *Eldama saccharina*. On trouve seulement un coléoptère, *Temnoschoita quadripustulata*. Notons l'existence de chenilles défoliatrices.

IV LES PLANTES PARASITES

Le plus important et le plus dangereux sur le périmètre est le striga qui parasite tant les jeunes que les vieilles poussettes. On trouve également de mauvaises herbes donc des concurrentes de la canne. On peut citer parmi les plus importantes le cyperus qui attaque uniquement à la plantation . C'est pourquoi on lutte contre elles en procédant à un traitement en postémergence. Signalons également imperata qui elle attaque après la pousse des jeunes cannes.

CHAPITRE III

CIRCUIT DE FABRICATION ET TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE DE LA CANNE A SUCRE

CIRCUIT DE FABRICATION ET TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE
DE LA CANNE A SUCRE.

Obtenir à partir de la matière première un produit fini de bonne qualité avec un rendement de fabrication le plus élevé possible sont les premiers soucis d'une entreprise. La SO.SU.H.V. qui est une société qui fabrique et vend son produit a les mêmes soucis. Pour atteindre ces deux objectifs fondamentaux des analyses de contrôles effectuées à toutes les étapes de la fabrication permettent de suivre la variation de la qualité du produit tout au long du processus de fabrication . Ces contrôles donnent la possibilité d'apporter des corrections ou des amendements si besoin en était, à fin que les objectifs précités soient réalisés. A cet effet, la SO.SU.H.V. dispose d'un labo usine où s'effectue toutes les analyses concernant la fabrication. Ces analyses sont faites de façon répétées et le plus rapprochées possible; Ce qui est le seul moyen et la seule garantie possible de s'assurer à tout moment de la bonne marche de la transformation.

A la SO.SU.H.V. des bilans journaliers, hebdomadaires, et périodiques sont établis, dans le but de suivre la qualité et le niveau de production de l'usine. Notons qu'à la fin de l'année un bilan annuel est également établi.

Comme pour beaucoup d'entreprise, toutes les transformations pour se faire nécessitent de l'énergie. A la SO.SU.H.V. , l'eau constitue un élément fondamental et capital de cette source d'énergie; C'est pourquoi nous avons jugé nécessaire, avant d'étudier le circuit de fabrication et ses techniques, de parler de l'eau, de ses différents traitements, des analyses qu'elle subit, et de sa distribution dans l'usine. Nous parlerons de sa vaporisation et du circuit de ces vapeurs.

I L'EAU

L'industrie de la sucrerie, comme beaucoup d'autres, a besoin d'eau pour son fonctionnement. La SO.SU.H.V. est alimentée quand-à elle, d'une part par la Comoé, située à vingt kilomètres de l'usine, et d'autre part, par le barrage de Beregadougou, construit par la société .

L'eau provenant de ces deux sources, comme toutes les eaux naturelles ou brutes, n'est pas pure. on y trouve notamment :

- des cations métalliques qui lui confèrent une certaine dureté.

Ce sont les Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} et Zn^{2+} .

- des anions minéraux : HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , qui interviennent pour une grnde part dans son PH.

- des gaz dissouts à savoir CO_2 , O_2 , et, N .

- des matières organiques.

Quant on sait que l'eau alimentant l'usine doit avoir des propriétés physico-chimiques bien définies selon son utilisation, et en fonction du stade de fabrication, on comprend la nécessité de son traitement, et des différents contrôles qualités effectués à toutes les étapes de distribution.

I,1 : Traitement

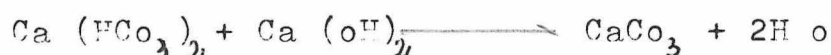
I,1,2 : Epuration

A la SO.SU.H.V. l'épuration est presque entièrement automatisé Son but est de débarasser l'eau brute de ses différents sels de bicarbonates alcalino terreux. On utilise pour cette décarbonation du lait de chaux qu'on verse dans le décanteur, le rôle de ce dernier étant de provoquer la précipitation de ces différents sels; Après quoi, on laisse déposer le précipité formé au fond du décanteur. Pour favoriser la décantation on rajoute un flocculant, le Sulfate d'alumine, dont le rôle est de rassembler les différentes particules de carbonates en suspension, accélérant ainsi leur chute

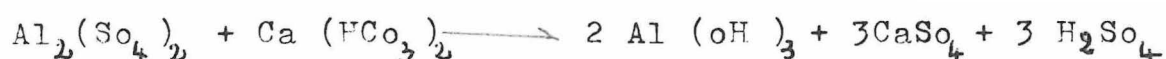
au fond du décanteur. Notons que la zone d'activité de ce flocculant se situe entre PH 6,8 et 7,2 .

L'eau décantée est recueillie par débordement puis filtrée à sable qui est lavé toutes les vingt-quatre heures , ou même trois fois s'il est sale, par retour d'eau filtrée.

Les réactions entre les sels de bicarbonate et la chaux se font selon les schémas suivants :



et avec le sulfate d'alumine selon les schémas suivants:



Une partie de l'eau filtrée est traitée à l'eau de javel, pour être destinée à la consommation . Le but de ce traitement à la javel est d'aseptiser l'eau.

I,1,2 : L'Adoucissement

L'eau même filtrée ne peut être envoyée telle quelle aux chaudières, car elle présente encore une certaine dureté très nuisible pour ces dernières . Elle doit donc être préalablement adoucie, c'est à dire débarrassée de certains sels notamment des sels de magnésium et de calcium, avant d'être stockée dans la bache alimentaire, où arrivent aussi certaines eaux de retour, en provenance des cuites, après condensation .

Pour ce faire on utilise un adoucisseur qui est constitué de résines jouant le rôle d'échangeur d'ions. Ces résines ont la propriété d'échanger des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} contre des ions Na^+ . Quand une eau filtrée contenant des sels de magnésium et de calcium traverse la résine , elle en sort débarrassée de ses ions qui restent retenus dans la résine.

L'échange des ions au niveau de la série se fait selon le schéma suivant :



X symbolise la résine saturée avec des ions Na^+

Dès que la résine perd ses propriétés adoucissantes par saturation des centres réactifs en Ca^{2+} et Mg^{2+} on la régénère en faisant passer une solution de NaCl à travers elle.

I,2 : Analyse des différentes eaux

Les analyses couramment effectuées sur les différentes eaux à savoir eau brute, eau decantée, eau filtrée, et, eau adoucie, ont pour but de contrôler la qualité de l'eau, afin de s'assurer à tout moment qu'il n'y a pas de variations dans sa composition physico-chimique, auquel cas des amendements pourraient être apportés. Voyons selon les différents types d'eau les analyses qui sont effectuées.

I,2,1 : Eau brute

Les analyses faites sur l'eau brute sont le PH , le titre hydrotimétrique (T.H.) , l'alcalinité, à savoir le titre alcalimétrique (T.A.), et, le titre alcalimétrique complet (T.A.C.).

- Le PH

Sa mesure donne une indication sur la qualité de l'eau; Notamment sur la présence des principaux composés à réactions alcalines pouvant modifier le PH; ces composés étant dissouts dans l'eau. Sa mesure est d'autant plus importante qu'il joue un rôle dans l'efficacité de la floculation. En effet c'est en fonction du PH de l'eau brute qu'est déterminé la quantité de chaux et de sulfate d'alumine à apporter.

- Le T.H.

Il mesure la teneur en sels de calcium et de magnésium de l'eau. Il permet aussi de connaître la quantité de chaux et de sulfate d'alumine nécessaire pour une bonne épuration.

Il existe plusieurs méthodes permettant de l'obtenir. La méthode à la liqueur de savon et celle aux complexants, mais la première est moins précise que la dernière.

* Méthode à la liqueur de savon

Elle est basée sur les propriétés qu'ont les solutions de savon de former avec les alcalino-terreux des savons insolubles, ce qui se traduit par la disparition du pouvoir moussant de la solution de savon. Si donc on ajoute à une solution d'alcalino-terreux une solution de savon, la mousse n'apparaîtra que lorsque tous les alcalino-terreux auront disparu.

Mode opératoire

Mettre dans un flacon 40 cc^{*} d'eau brute. Remplir une burette hydrotimétrique avec de la liqueur titrée de savon. Ajouter à l'aide d'une burette hydrotimétrique la liqueur de savon. Après chaque addition fermer le flacon et secouer énergiquement. Continuer à titrer jusqu'à obtention d'une mousse persistante pendant cinq minutes.

Soit n la descente de burette; ce nombre exprime en degrés français (d° F) le T.H. de l'eau

1 d°F = concentration d'une solution normale / 5000

- L'Alcalinité

Elle mesure la teneur de tous les éléments à réaction alcaline, à savoir les alcalis libres carbonatés, les phosphates et tous les sels d'acides faibles. La mesure permet de connaître de façon précise, la quantité de chaux indispensable pour avoir une précipitation totale de tous les carbonates. Elle se mesure à l'aide

cc = centilitre

d'un agent acide.

* Le T.A.

Il correspond au nombre de millimètres de H_2SO_4 N/50 nécessaire à la neutralisation de 100ml d'eau en présence de phenolphthaleïne cette alcalinité représente toutes les alcalinités forte.

Mode opératoire

Pipetter 100 ml^{*} d'eau brute dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 2 gouttes de phenolphthaleïne, il apparait une coloration rose. Titrer avec H_2SO_4 N jusqu'à décoloration. La descente de burette correspond au T.A. exprimé en degré alcalimétrique. Rq : Si une coloration n'apparait pas après l'addition de la phenolphthaleïne le T.A. = 0

* Le T.A.C.

Cette détermination correspond aux alcalis totaux dans l'eau.

Mode opératoire

Pipetter 100 ml d'eau brute dans un erlenmeyer de 250 ml . Ajouter 4 gouttes d'hélianthine . Titrer à l'aide de H_2SO_4 N jusqu'au virage de l'hélianthine qui est l'indicateur . La chute de burette correspond au T.A.C. exprimé en degré alcalimétrique complet T.A.C. = 5

I,2,2 : Eau décantée

Les analyses faites sur l'eau décantée sont le PH , le T.H., et l'alcalinité (T.A. et T.A.C.)

- Le PH

Il se mesure à l'aide d'un Phmètre. Sa détermination nous permet de savoir si la floculation se fait bien . Notons qu'on a une bonne floculation si le PH est compris entre 7,5 et 7,8 .

- Le T.H.

Sa mesure nous permet de connaître la dureté de l'eau après épuration. Sa détermination se fait comme au paragraphe I,2,1.

* ml = millilitre

- L' Alcalinité

Sa mesure à ce stade permet de s'assurer de la bonne marche de l'épuration. Celle ci est satisfaisante lorsque le T.A. et le T.A.C. sont inférieurs à ceux de l'eau brute et lorsque la réaction suivante est vérifiée

$$T.A. = \frac{T.A.C + 1}{2}$$

I,2,3 : Eau filtrée

Les analyses faites sont les mêmes que celles de l'eau décantée. Le but des analyses à ce niveau est de s'assurer ou de contrôler la bonne marche du filtre.

I,2,4 : Eau adoucie

Les analyses effectuées sur l'eau adoucie sont le PH et le T.H ainsi que l'analyse des sucres au niveau du bac à eau adoucie, sur les eaux de retour .

- Le PH

Sa mesure est très importante, il est de PH 8 dans la bache alimentaire . Si le PH venait à baisser ceci signifirait, que du sucre passe dans la bache alimentaire, avec l'eau de retour provenant de la condensation des vapeurs prélevées des cuites et évaporateurs; On parle de coup de sucre . On procède à une neutralisation à l'aide de soude . Cette précaution est d'autant plus importante qu'une eau acide entrainerait la corraison des chaudières.

- Le T.H.

Sa détermination s'effectue comme au paragraphe I,2,1. Cette mesure permet de se rendre compte de la qualité de l'eau adoucie et aussi de s'assurer du bon fonctionnement des résines.

Dans tous les cas l'adoucisement ne permet pas d'éliminer tous les sels, notamment les sels de calcium et de magnésium. Ces

sels peuvent se déposer le long des tubes , d'où l'injection dans l'eau adoucie de phosphates trisodiques, qui favorisent la précipitation des différents sels qui sont évacués par les purges ceci pour éviter des risques de dépôt.

- Recherche de sucres

Cette détermination permet de vérifier la présence de sucre dans l'eau adoucie au niveau de la bache alimentaire, auquel cas on fait une injection de soude (NaOH) dans la bache alimentaire.

Mode opératoire

• Pour un essai qualitatif:

Prélever 5ml d'eau dans un tube à essai. Ajouter 5 gouttes de solution d'alphanaftol et bien agiter. Tenir le tube incliné et verser doucement de l'acide sulfurique le long de la paroi, de telle manière qu'il descende au fond pour former une couche nette. La présence de sucre se traduit par un anneau violet à la limite de la séparation des deux liquides . S'il n'y a pas de sucre on a soit un anneau vert soit rien du tout.

• Pour un essai quantitatif:

On procédera d'abord à une défécation, puis à une filtration avant de polariser au tube de 400 mm. On multiplie la lecture par 1,3 pour obtenir le nombre de grammes de sucre par litre.

Rq : La même procédure est utilisée pour le dosage du sucre dans les eaux des caniveaux et eaux usées.

I,3 : Circuit de l'eau

Les différentes eaux selon leur composition physico-chimique ont des destinations et un circuit différent. Voyons pour chacune d'elles le circuit emprunté et surtout la destination.

L'eau brute sert au prélavage et au lavage des cannes, à l'inbibation à la fosse condenseur, à l'évacuation des cendres des chaudières, et

à l'alimentation de la pompe à incendie. En effet aucune de ses utilisations n'exigent un traitement préalable. L'autre partie est envoyée à la station d'épuration pour être traitée.

L'eau filtrée est utilisée à de multiples fins, à savoir :

- La consommation après chloration à l'eau de javel
- Pour les besoins des différents laboratoires
- Au refroidissement des turbo alternateurs et turbo réducteurs et le compresseur de la pompe à vide après refroidissement par un système de ventilation, on l'appelle eau refroidie.
- A l'agglomération.

L'eau adoucie est envoyée à la bache alimentaire avant d'être expédiée vers les chaudières pour faire de la vapeur.

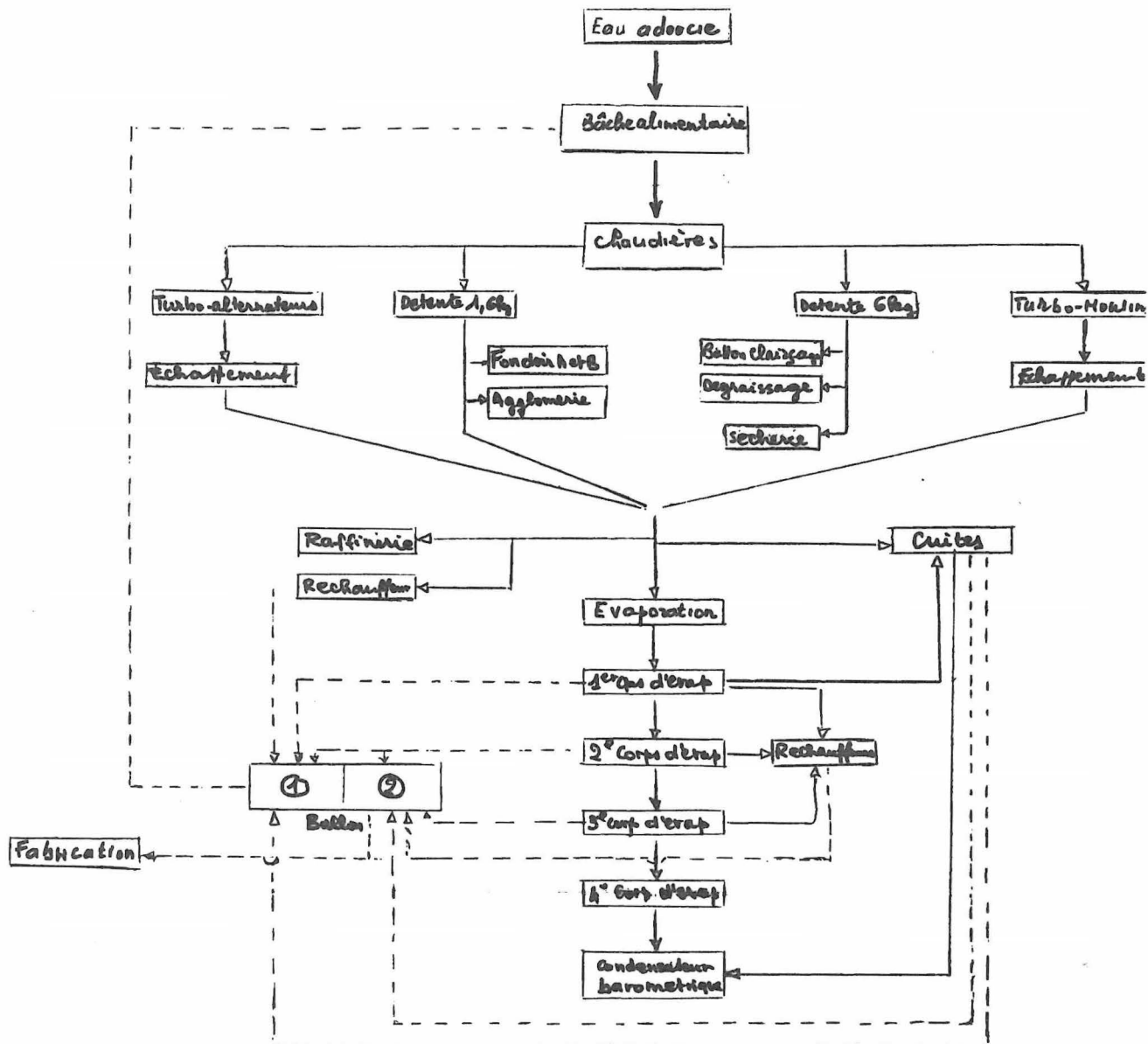
I,4 : Chaudières et vapeur d'eau (Voir schémas des vapeurs page 19)

Ce poste des chaudières est l'un des plus indispensables au processus de fabrication du sucre à la SO. SU. H.V. En effet, excepté durant l'intercampagne, il fonctionne continuellement pour fournir toute l'énergie dont la société a besoin.

L'énergie fournie par les chaudières se présente sous forme de vapeur qui est utilisée soit:

- sous forme de vapeur au niveau des turbo-alternateurs, turbo-réducteurs (Vapeur sèche), des cuites et évaporateurs après détente de la vapeur sèche ou après échappement .
- ou transformé en énergie électrique au niveau des turbo-alternateurs

Pour obtenir des vapeurs d'eau, il faut bien sûr de l'eau mais aussi de la chaleur pour faire passer cette eau de l'état liquide à l'état de vapeur. L'eau brute et l'eau filtrée en raison de leur dureté ne peuvent être utilisées aux chaudières. Seule l'eau adoucie peut-être utilisée en vue de vaporisation. La chaleur



Circuit des vapeurs et des eaux Condensées

legende

— Vapeur

---- Eau Condensée

nécessaire à cette vaporisation provient de la combustion de la bagasse, bagasse dont nous parlerons longuement plus loin.

A la SO.SU.H.V. ce poste se compose de trois chaudières. est un corps constitué :

- d'un foyer où la bagasse est brûlée
- d'un alimentateur en bagasse
- d'un dispositif de soufflage permettant une meilleure répartition de la bagasse
- d'une grille basculant où tombe la cendre
- de tubes dans lesquels arrive l'eau adoucie
- d'un ballon inférieur et supérieur
- un surchauffeur de vapeur
- d'un économiseur qui remonte la température de l'eau adoucie avant qu'elle n'arrive dans les tubes
- et enfin d'un ventilateur de tirage et d'une cheminée.

Après cette description, voyons comment s'effectue une vaporisation

La bagasse venue des moulins tombe sur un transporteur distributeur pour alimenter les trois chaudières. L'excédant de bagasse est stocké dans une cour. A l'arrêt du broyage cette bagasse excédentaire est reprise par un transporteur qui l'envoie de nouveau sur le distributeur. Un alimentateur règle sa chute dans le foyer en fonction de la pression de vapeur demandée.

Il existe un dispositif de soufflage d'air dans le foyer qui permet une meilleure répartition de la bagasse, ainsi elle est brûlée avant même de tomber en cendres sur la grille. Notons qu'un dispositif de combustion par fuel lourd arrive dans le foyer par les brûleurs.

La chaleur dégagée par la combustion de la bagasse est communiquée aux tubes et à l'eau qu'ils contiennent.

Les chaudières sont alimentées en eau venue de la bêche alimentaire. Cette eau à une température de 90 °C passe d'abord

par un économiseur pour être préchauffée par les fumées venues du foyer, à une température de 120° à 160° avant d'arriver dans les tubes

L'émulsion de vapeur d'eau formée circule du ballon inférieur au ballon supérieur où la vapeur se sépare de l'eau. Cette vapeur saturée est orientée dans un surchauffeur situé dans la zone de chaleur intense . La vapeur vive ainsi formée est envoyée dans l'utilisation des turbo-réducteurs et turbo-alternateurs, et vers la détente .

La cendre déposée sur la grille est basculée dans une fosse où elle est drainée par l'eau brute.

II CIRCUIT DE FABRICATION

II,1 : La cour à canne

Elle va du pont bascule au transporteur principal. On y trouve les appareils suivants :

- Un pont bascule
- l'aire de stockage
- un système de chargement
- un table à canne
- un système de lavage de la canne et d'extraction des eaux boueuses
- un système d'évacuation des feuilles et de débris de canne tombés dans le transporteur
- un transporteur auxilliaire
- un coupe canne ébaucheur
- un coupe canne finisseur
- un transporteur principal
- et un pupitre de commande .

Voici une description sommaire de chacun de ces appareils, et les caractéristiques du rôle que chacun joue dans le processus de fabrication .

II,1,1 : Le matériel

- Le pont bascule

Les champs étant situés dans un rayon de 10 à 15 kilomètres autour de l'usine, les cannes coupées manuellement sont transportées à l'usine à l'aide de remorques de 10 tonnes chacune . Notons qu'elles sont préalablement effeuillées par des femmes puis débarassées de leurs épis par les coupeurs avant d'être coupées .

Avant d'arriver à l'aire de stockage ou dans la table à canne les remorques passent par le pont bascule , qui pèse le poids brut de la canne .

- L'Aire de stockage

Son but est de pallier au manque de canne pouvant intervenir à l'usine pour des raisons diverses . Le stock permet à l'usine de fonctionner pendant cinq heures . Faisons remarquer que l'usine tourne durant six mois de l'année vingt quatre heures sur vingt quatre .

- Système de déchargement

Il existe pour le déchargement , deux grues de marque CAMECO. L'une des deux est destinée à l'aire de stockage, et la deuxième au déchargement en direction de la table à canne . Chacune d'elles possède une table de commande et elles fonctionnent toutes deux grâce à un système de transmission hydraulique .

- La table à canne

C'est une grande cuvette dont le fond est muni d'une chaîne ayant un support de mouvement continu avec un système de transmission hydraulique à vitesse variable. on trouve sur cette table à canne:

- * un niveleur qui est un arbre dont le but est de niveller la couche de canne

- * un ébouleur qui est aussi un arbre sur lequel sont fixées des palettes en hélice tournant en sens inverse de la chaîne de la table à canne et dont le rôle est de doser la chute de la canne dans le transporteur auxiliaire évitant ainsi l'engorgement des

des coupes-cannes .

- Le système de lavage de la canne

Ce système permet le lavage des cannes dans le but d'enlever la terre restée collée aux cannes lors de la coupe. Pour rendre les cannes propres on utilise de l'eau brute . On évite en cela d'entraîner du sable dans les moulins . Ces sables pourraient accélérer l'usure des cylindres, provoquer l'usure des turbines des pompes , bloquer les hélices des bacs à jus mélangé, bloquer l'arbre des décanteurs, et provoquer l'obstruction des tubes du réchauffeur. Disons également qu'interviennent des problèmes d'hygiène.

- Le transporteur auxilliaire

Comme le transporteur principal, il y a deux chaines sur lesquelles sont fixées des planchettes. Les chaines ont munies de galets qui glissent sur des glissières.

Son rôle est de réguler l'alimentation de la canne au transporteur principal .Il a une vitesse égale à la moitié de celle du transporteur principal.

La transmission des deux chaines est assurée par un moteur électrique

- Le coupe canne ébaucheur

Il se trouve au bout du transporteur auxilliaire. C'est là où a lieu le tronçonnement de la canne.

- Le coupe canne finisseur

Il parfait le tronçonnement des cannes en assurant une coupe régulière et fine . Après ce coupe-canne on obtient de la canne complètement déchiquettée, appelée : canne préparée.

Ce sont des grands arbres hexagonaux sur lesquels sont fixés des supports symétriques, sur lesquels supports existent des couteaux inversables . Au cours des arrêts périodiques , on procède à un contrôle des couteaux . Le coupe canne finisseur est situé au début du transporteur principal .

- Le transporteur principal

C'est lui qui transporte la canne préparée à l'entrée des moulins . Son mouvement est assuré par un système à transmission hydraulique.

- Le pupitre de commande

C'est de ce pupitre qu'est assurée la commande de tout ce système.

Après avoir passée en revue tout le matériel rencontré à la cour à canne, faisons quelques remarques importantes.

- Il est important de veiller à la hauteur ou espace entre le transporteur et la lame des couteaux des coupes-cannes.
- Il faut veiller à assurer une alimentation en canne la plus régulière possible.
- Veiller également à connaître le poids des déchets (Feuilles, cailloux et morceaux de canne tombant sous le coupe-canne) puisque ce poids permet de calculer le poids de la canne préparée donc de la canne qui rentre effectivement dans le moulin . En effet en connaissant le poids du pont bascule et le poids des déchets, on en déduit le poids de la canne préparée.

$$\text{Poids canne préparée} = \text{Poids pont bascule} - \text{Poids des déchets}$$

I,1,2 : Analyse au niveau de la cour à canne

- Détermination de la fibre

C'est la seule mesure faite à ce stade .

Au niveau du transporteur principal, un prélèvement est fait pour la détermination de la fibre . Cette fibre, notons le, sert dans le calcul du rapport journalier.

$$\text{Fibre} = \text{Canne broyée} - (\text{Eau} + \text{brute})$$

Mode opératoire

Prendre 200 grammes de canne préparée, les broyer au moyen d'un broyeur.

Prélever 100 grammes de résidu obtenu et procéder au désucrage. Pour ce faire les 100 grammes sont mis dans un sachet de toile conçu à cet effet. Soit P_1 le poids de l'échantillon plus le sachet. Faire couler de l'eau dans le sachet, pour entraîner le sucre, continuer l'opération jusqu'à ce que l'eau qui en sort ne contienne plus de sucre. Vérifier la présence de sucre par un test à l'aide d'une solution alcoolique d'alphanaphtol. Introduire le sachet contenant l'échantillon à l'étuve pour séchage. Etuver jusqu'à poids constant soit P_2 , le poids après étuvage. Si P est le poids du sachet, on peut écrire que :

$P_2 - P = \text{Poids de l'échantillon étuvé} = \text{Poids de la fibre}$

$P_1 - P = \text{Poids de l'échantillon non étuvé}.$

$$\text{Fibre } \% g = \frac{P_2 - P}{P_1 - P}$$

II, 2 : Le poste des moulins

C'est à ce niveau qu'est extrait le jus sucré, cette étape est donc fondamentale dans le processus de fabrication du sucre, puisque de son bon fonctionnement dépend la suite des opérations, et surtout le rendement du sucre.

Un moulin n'est autre qu'un système de trois cylindres dont deux inférieurs, le premier étant le cylindre d'entrée, et le deuxième de sortie, le troisième s'appuyant sur les autres ou cylindre supérieur et sur lequel s'applique la pression qui favorise l'extraction, et enfin un quatrième cylindre de dimension inférieure aux trois autres appelé cylindre bourreur. La SO.SU.H.V. dispose d'une batterie de six moulins.

Dans ce poste des moulins on peut trouver:

une bagassière, des excentriques, des coussinets de cylindre, des raclettes, un dispositif de graissage centralisé, un dispositif de

pression hydraulique, un indicateur de levée hydraulique du cylindre supérieur, un indicateur limitant la levée des chapeaux des moulins, des cylindres, un groupe turbo moteur.

Passons en revue le matériel rencontré, et décrivons une extraction sans oublier les analyses effectuées à ce poste.

II,2,1 : Le matériel

- La bagassière

Elle établit un raccord entre le cylindre de sortie et d'entrée. C'est sur elle que se glisse la canne au moment de la pression. Elle peut s'articuler sur des tourillons et se régler au moyen de tirants et contre tirants.

- Les excentriques

Ils permettent le réglage des ouvertures des cylindres et sont placés sous les coussinets des cylindres inférieurs.

- Les coussinets

C'est sur eux que reposent les bras des cylindres.

- Les raclettes

Comme leur nom l'indique, elles raclent la bagasse insérée dans les rainures des cylindres.

- Les cylindres

Ce sont eux qui permettent l'extraction du jus sucré. Ils sont munis de rainures dont le but est d'augmenter la capacité des moulins. Les rainures ne^{sont} pas les mêmes selon le rôle que doit jouer un cylindre. Il existe trois sortes de rainures:

- * les rainures circulaires

- * les rainures messchaert: qui sont profondes et faites sur le cylindre d'entrée pour faciliter l'écoulement du jus lors de la pression.

- * les chevrons: qui sont des encoches en ~~fr~~élices taillées dans les rainures dont le but est de faciliter la prise de la bagasse. Ces encoches sont indispensables au cylindre d'entrée.

Ces rainures peuvent s'user à cause des morsures du métal, de l'acidité du jus, des frottements des raclettes, et enfin à cause du sable. En intercampagne les cylindres usés à 5% sont jugés inefficaces et donc chargés. Leurs diamètres varient entre 840 et 870 mm.

- Le groupe turbo-réducteur

Ce sont des turbines à vapeur dont la vitesse de sortie du groupe est réglable de 600 à 1200 tours par minute. La pression effective de la vapeur d'admission est de 20 à 25 bars, la température de la vapeur étant de 320 à 340° C. La puissance en marche normale est de 730 Ch. pour le premier moulin à la SO.SU.F.V. L'échappement après la turbine est de 1,2 à 1,8 bars. Il existe un système de régulation de vitesse des moulins, notamment un système de réduction double, qui permet d'avoir une vitesse des moulins entre 3 et 6 tours par minute.

- Le transporteur intermédiaire

C'est lui qui emmène la bagasse d'un moulin à l'autre.

Après la description du matériel faisons deux remarques, une sur la vitesse et l'autre sur le réglage des moulins.

A propos de la vitesse notons qu'elle varie de 3 à 6 tours/ mn et croît du premier au sixième moulin. Ce qui permet non seulement une absorption plus facile de la bagasse puisque l'ampleur de sa prise augmente avec la vitesse, mais en plus, on a ainsi une bonne pression au premier moulin puisque la bagasse y reste plus longtemps. Concernant le réglage des moulins, signalons qu'il est d'autant plus important, que c'est de lui, que dépend l'efficacité. Son but est de permettre la détermination de la position relative la plus favorable à donner aux trois cylindres et à la bagassière pour obtenir les meilleures conditions d'alimentation en bagasse et les meilleurs résultats d'extraction. Il s'effectue en réglant les ouvertures d'entrée et de sortie ainsi que la position de la bagassière. Un mauvais réglage peut provoquer un bourrage.

II,2,2 : Extraction du jus

La canne préparée emmenée vers les moulins par le transporteur principal, est prise au premier moulin entre le cylindre d'entrée et le cylindre supérieur où sous l'influence de la pression les vaisseaux fibreux de la canne éclatent, libérant le jus qui s'écoule par les rainures . On obtient un premier jus ou jus de cylindre d'entrée. Elle glisse ensuite sur la bagassière et, est prise de nouveau entre le cylindre de sortie et le cylindre supérieur, sous la pression, il en sort un deuxième jus dit jus de cylindre de sortie. Le jus obtenu au premier moulin est appelé jus premier moulin ou jus normal. A ce moulin le maximum de jus est recueilli. Rappelons que la SO.SU.H.V. dispose d'une batterie de six moulins .

La bagasse sortant d'un moulin n donné est transportée après pression au moulin n+ 1 grâce au transporteur intermédiaire.

Après le troisième moulin, l'humidité de la bagasse qui est à peu près de 45 % est telle, qu'on ne peut plus tirer de jus par une simple pression mécanique, d'où la nécessité de mouiller la bagasse pour ramener l'humidité aux environs de 70 à 80 % .on dilue ainsi le jus mélangé qui sera filtré puis envoyé à la balance pour être pesé avant d'être envoyé à l'épuration.

Après avoir vu comment se passait une extraction , voyons les analyses faites à cette étape.

II,2,3 : Analyses au niveau des moulins

L'extraction du jus étant fondamentale dans le processus de fabrication, les analyses faites à ce stade sont tout aussi importante puisque elles permettent non seulement de faire le bilan de l'extraction nécessaire pour la connaissance de la qualité et des caractéristiques de la canne entrant dans les moulins mais aussi de vérifier l'état de fonctionnement des différents moulins .

les analyses portent sur le jus premier moulin, le jus sixième moulin, sur le jus mélangé et enfin sur la bagasse.

II,2,3,1 : Analyses sur le jus premier moulin

Sur ce jus on détermine le brix, la pureté, et le glucose.

* Le Brix

C'est le pourcentage de matières sèches contenu dans 100 grammes de solution.

Le jus contient de l'eau, du saccharose et des non sucres . On désigne par matières sèches la concentration totale des éléments dissouts.

Le brix peut se mesurer soit par dessiccation, soit à l'aide d'un densimètre ou brixmètre. A la SO.SU.H.V. on utilise la deuxième méthode donc le dosage densimétrique qui est basé sur le principe suivant :

Si l'on considère une solution de saccharose pure, il existe une relation entre la concentration en saccharose et sa densité; Par la mesure de la densité on peut donc connaître la teneur en saccharose.

Dans l'industrie sucrière on traite souvent des solutions impures. Pour connaître la densité des solutions impures, on postule que les impuretés influencent de la même manière la densité que le saccharose, quoique ceci ne soit pas exact. Le déterminant de la teneur en saccharose par mesure densimétrique donne les matières sèches apparentes ou brix .

Mode opératoire

Remplir une éprouvette de 500 cc de jus à analyser . Laisser reposer durant quelques minutes . A l'aide d'un brixmètre faire la lecture du Brix et de la température . Faire la correction de la température.

* Mesure du sucre

Cette mesure est importante pour le calcul de la pureté . La détermination du saccharose se fait à l'aide d'un saccharimètre. Sa mesure est basée sur le principe suivant:

L'orsqu'on interpose une solution sucrée sur le trajet d'une lumière polarisée, il se produit une rotation du plan de polarisation de la lumière, on dit que le sucre est un corps optiquement actif . Cette rotation étant, fonction de la longueur d'onde, de la lumière polarisée, du solvant et de la température. Elle est proportionnelle à la concentration et à l'épaisseur de la solution traversée.

Mode opératoire

Prendre 100 ml de jus dans un ballon de 100 cc, y ajouter de l'acétate de plomb pour déféquer. Laisser reposer puis filtrer, on obtient un jus clair. Polariser au tube de 200mm. On obtient une lecture qu'on multiplie par le facteur Pol. On a ainsi Le sucre % g.

* La pureté

Elle donne le pourcentage de sucre dans 100 g de matières sèches

$$\text{Pureté} = \frac{\text{sucre \% gramme}}{\text{Brix corrigé}} \times 100$$

* Le Glucose

Sa mesure donne une information sur la teneur en glucose contenu dans la canne . Son dosage est basé sur la propriété qu'il a en tant que réducteur de précipiter les sels.

A la SO.SU.H.V. on utilise pour son dosage la méthode au ferricyanure de potassium. Dans le mode opératoire on procède à une réduction du fer ferrique en fer ferreux par le glucose. Notons qu'on pourrait remplacer le ferricyanure de potassium par de la liqueur de Fehling.

Mode opératoire

Prendre 2,5 ml de solution de ferricyanure de potassium

dans un becher auquel on ajoute 50 ml d'eau distillée. Porter le becher à ébullition et titrer avec la solution titrante qui est 100 ml de jus préalablement déféqué puis filtré. Titrer jusqu'à décoloration, ajouter 2 gouttes d'acide picrique qui est l'indicateur coloré, dans le becher. Si la réaction n'est pas terminée l'acide picrique recolorise le contenu du becher en jaune ; Si au contraire la réaction est terminée on obtient une coloration rouge . Si n est la descente de la solution titrante le glucose % g est donné par la formule

$$G = \frac{6,625}{n}$$

$$G \text{ \% matières sèches} = \frac{\text{Glucose \% g}}{\text{Brix}} \times 100$$

II,2,3,1 : Analyse sur le jus sixième moulin

On détermine là également le Brix, le Pol et la pureté. Les modes opératoires sont les mêmes pour tous, qu'aux détermination faites pour le premier moulin .

Rq : sur le contrôle des moulins

Pour leur contrôle on se base sur la courbe des brix des six moulins

On recueille le jus du cylindre d'entrée et de sortie de chaque moulin et on calcule les brix respectifs. On compare alors les deux courbes à une courbe standard à partir du premier moulin obtenu à partir de la formule suivante :

$$\text{Brix} = \text{Bo} \frac{\lambda^{n+P+1} - 1}{\lambda^{n+1} - 1}$$

ou Bo = Brix du jus premier moulin

P = Poids d'imbibition par unité de poids ligneux

n = Nombre de moulins

II,2,3,2 Analyses au niveau du jus mélangé

Les déterminations faites sur le jus mélangé sont : le brix sucre, pureté, glucose, les insolubles , le P et le PH.

* Concernant le brix, le sucre, la pureté et le glucose voir le paragraphe II,2,3,1.

* Détermination des insolubles

Ce sont de la fine abgasse passée dans le jus, il y a aussi le sable et toutes les impuretés solides que contient le jus. Ces insolubles augmentent le poids du jus et faussent les calculs au moment de l'établissement du bilan d'extraction.

Mode opératoire

Prendre 5 l de jus mélangé, les mettre dans un sachet en toile à pores très fins, qui retient le sable et autres insolubles. Puis mettre un robinet dans le sachet et procéder au désucrage comme dans le cas de la bagasse. Arrêter l'opération lorsque l'eau sortant des pores du sachet présente un résultat négatif au test à l'alphanaftol. Puis on met le sachet à l'étuve jusqu'à poids constant. Calculer la concentration en g/cm de jus mélangé.

* Dosage du P_2O_5

Il favorise la floculation à l'épuration, c'est pourquoi en dessous d'un certain taux (250 mg/l) on est obligé de faire un apport extérieur, en ajoutant des superphosphates ou de l'acide phosphorique, d'où l'importance de connaître sa teneur.

Mode opératoire

Prendre 100 cc de jus et le filtrer.

Prendre 5cc de ce filtrat dans un ballon de 200 cc, compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Prendre 50 cc de la solution 5/200 dans un ballon de 100 cc, ajouter 2 cc de solution de molybdate d'ammonium, ajouter 2 cc de la solution réductrice laisser réagir. Mesurer la densité au spectromètre.

Le principe de ce dosage est basé sur le fait que les phosphates réagissent en milieu acide avec le molybdate d'ammonium **donne**

du phosphomolybdate soluble. Ce dernier en présence d'un réducteur, comme par exemple l'acide 1 amino 2 naphto 4 sulfonique forme un complexe coloré bleu proportionnel à la teneur en phosphate. Il suffit donc de faire une lecture au spectromètre à 720 . Il est indispensable d'hydrolyser ceux ci en orthophosphates.

II,2,4 : Analyses sur la bagasse

- Humidité

La bagasse étant utilisée comme combustible, une humidité trop importante peut gêner la combustion. Cette analyse permet de corriger cette teneur par un réglage approprié aux moulins. A la SO.SU.H.V. cette mesure est faite deux fois par quart.

Mode opératoire

Peser 100 g de bagasse, la placer dans l'étuve préalablement chauffée à 100 105 ° C. L'échantillon est ainsi soumis à la dessiccation pendant cinq heures. Après, sortir l'échantillon de l'étuve et le peser . Soit M la masse initiale de l'échantillon et m sa mesure après dessiccation.

La teneur en humidité en pour cent de l'échantillon est donnée par la formule

$$H \% = \frac{M - m}{M} \times 100$$

- Calcul du sucre % bagasse

On ne peut pas extraire tout le sucre contenu dans la bagasse d'où l'importance pour le calcul du bilan de connaître la quantité de sucre qui se perd avec la bagasse.

Le principe de son analyse à la SO.SU.HV. est le suivant: on prend un échantillon de bagasse qu'on met dans de l'eau distillée, on fait ensuite dissoudre tout le sucre qui y reste . On recueille l'eau qu'on analyse pour déterminer le sucre qui y était contenu. On utilise deux méthodes :

* Méthode Bol mixeur - Mode opératoire

On prélève 69,5 g de bagasse dans un bol mixeur à laquelle on rajoute 500 cc d'eau distillée plus 5 cc de bicarbonate de soude à 5 %. Fermer le bol mixeur et le poser sur un agitateur. Agiter pendant une dizaine de minutes. Recueillir l'eau dans ballon de 50 cc defequer à l'acétate de plomb, filtrer puis polariser au tube de 100 mm. La lecture donne directement la teneur en sucre. Cette méthode peut être combiné à un broyage préalable.

* Méthode Mauricienne - Mode opératoire

Elle consiste à prendre une cocotte, avec un réfrigérant adapté au point de sortie de la vapeur. Y introduire 69,5 g de bagasse plus un litre d'eau distillée. Fermer et faire bouillir pendant 30 mn, on y rajoute du bicarbonate de soude . Au bout de ce temps, recueillir l'eau, le defequer, filtrer puis polariser au tube de 100 mm . La lecture donne directement le sucre % bagasse. A ce stade de la fabrication on établit un bilan d'extraction .

II,3 Bilan d'extraction

Valeurs entrant en ligne de compte dans le calcul de bilan.

C = Poids de canne préparée

Pj = Pureté du jus mélangé

F = Fibre

Sj = Sucre jus mélangé

E = Imbibition

Sb = Sucre bagasse

P = Pureté

TMS = Tonne Masse sèche

Br = Brix

H = Humidité bagasse

J = Jus mélangé

Ba = Poids Bagasse

L'équation fondamentale du calcul du bilan

Canne + Eau = Jus mélangé + bagasse

C + E = J + Ba

On en déduit Ba = (C + E) - J

II,3,1 : Détermination du sucre

$$. S_j = B_j \times P_j$$

$$. S_b = B_a \times S_b$$

$$. \text{Sucre} = S_j + S_b = S$$

$$. \text{Extraction réelle} = \frac{S_j}{S} = \text{Erl}$$

. Extraction réduite = Elle se calcule à partir d'une fibre standard selon la formule

$$\text{Erd} = 100 - \frac{(100 - \text{Erl}) (100 - F)}{7 \times F}$$

II,3,2 : Calcul de la fibre

$$B_a = F + MS_{ba} + E_{ba}$$

MS_{ba} = Matière sèche bagasse

E_{ba} = Eau bagasse

Pour 100/100 B_a la fibre peut s'écrire

$$F = 1 - MS_{ba} - E_{ba}$$

$$F = 1 - \frac{S_b}{P_6} - H$$

P_6 = Pureté 6° moulin

Rq : La pureté de la bagasse est égale à la pureté du jus 6° moulin.

$$. \text{Ligneux \% canne} = \frac{F}{C} \times 100$$

$$. \text{Imbibition \% canne} = \frac{E}{C} \times 100$$

$$. \text{Jus mélangé \% canne} = \frac{J}{C} \times 100$$

$$. \text{Imbibition \% ligneux} = \frac{E}{F} \times 100$$

$$. \text{Richesse} = \frac{S}{C} \times 100$$

II,3 Epuration

LE traitement du jus melangé dans le but de le débarasser de ses impurétés a savoir ,particules debagasse qui sont restées après le passage du jus dans le filtre DSN,et collôdes et non sucres, s'appelle épuration. Cette ^{operation} est très importante pour la suite des operations surtout en cristallisation.

VOYONS comment se fait l'epuration et les analyses faites a ce poste.

II,3,1: Methode de traitement du jus

On procede par un traitement a la chaux pour éliminer les acides organiques qui précipitent en sels de chaux, les insolubles les matières albuminoïdales qui coagulent en presence de chaux. Faisons remarquer que sous l'action de la chaux une partie des matières colorantes sont détruites ainsi que les cirres.

Le traitement consiste dans un premier temps a envoyer une dose de lait de chaux de 6 B dans le bac contenant le jus melange; cette première phase correspond au préchaulage. Le jus préchaulé qui avait été prealablement chauffé a 75°C est réchauffé jusqu'à 85°C avant de recevoir une deuxième dose de lait de chaux, c'est le chaulage. Le jus chaulé est a son tour chauffé jusqu'a 105°C puis envoyé dans une détente où se produit la détente du jus ou stabilisation ainsi que l'élimination des bulles d'air. Après détente il est envoyé dans un decanteur où a lieu la décantation. On a une deposition des floculats au fond du decanteur, donc séparation des boues du jus clair qui recueilli par débordement tandis que les boues sont reprises par une pompe et envoyées pour filtration.

Dans le souci d'améliorer la décantation et la filtration des boues on injecte du séparan dans a l'entrée du decanteur qui favorise la formation de floculats plus épais. Dans le même souci, si la teneur en P_2O_5 du jus est faible ,moins de 250mg/l, on injecte de l'acide

phosphorique ou des superphosphates et cela avant le préchauffage.

Après décantation on obtient un jus clair avec un brix moyen de 13 à 14%, d'aspect brillant et clair.

Ce jus passera par un filtre parabolique avant d'être réchauffé à 105°C puis envoyé aux corps d'évaporation.

Rc: Après filtration le résidu retenu par le filtre ou gâteau est récupéré et envoyé au champs.

II,3,2 : Analyses au niveau de l' épuration

Les analyses portent sur d'une part le jus clair où on détermine le brix , la polarité, la pureté, le glucose le Ph et la température; et d'autre part les écumes sur lesquelles on détermine l'humidité et le sucre.

On détermine également le Ph du jus chaulé.

II,3,2,1: Analyse du jus clair

-Le Ph

Sa détermination est très importante pour la suite des opérations. En effet sous l'action de la chaleur et de l'acidité le saccharose se transforme en glucose. Ceci peut se produire au niveau de l'évaporation et des chaudières à cuire. Le jus sortant doit avoir un Ph de 6,9 à 7,2 pour éviter de tels inconvénients.

-Le brix

Prendre du jus clair et procéder comme au paragraphe II,2,3,1 Ce renvoi est le même pour le sucre, le glucose , et la pureté .

II,3,2,2 Analyses des écumes

-le sucre

Elle nous renseigne sur la quantité de sucre qui se perd dans les écumes.

L'échantillon se prélève au niveau de la vis sans fin qui mène les écumes vers le convoyeur .Plusieurs prélèvements sont effectués pour avoir un échantillon homogène.

Mode opératoire

Peser 52g d' échantillon dans un ballon 500cc.Compléter le volume à 200cc avec de l'eau distillée .Ajouter du bicarbonate de soude , déféquer, filtrer puis polariser au tube de 200mm. La lecture donne le sucre%écumes.

-Humidité

Pour connaître l'humidité on procède selon le mode opératoire suivant: Peser un échantillon dans une capsule de verre. Soit P_1 le poids de la tare plus les écumes. Introduire la capsule de verre contenant l'échantillon dans une étuve où il est chauffé à 100°C 105°C jusqu'à poids constant.Soit P_2 le poids de l'échantillon après étuvage ,et T le poids de la tare.

$$\text{Humidité \% g} = \frac{P_1 - P_2}{P - T}$$

-Ph du jus chaulé

Elle renseigne sur le taux de chaux à apporter pour obtenir une bonne floculation mais également permet d'éviter une inversion.

Sa mesure s'effectue à l' aide d'un Phmètre.

II,4: Evaporation

Le but final est d'obtenir du;alors que le jus clair obtenu après épuration même s'il contient ce sucre possède beaucoup d'eau . On appelle evaporation l'opération qui consiste à débarrasser le jus d'un maximum d'eau en vu de le concentrer en provoquant le départ de l'eau sous forme de vapeur.

Pour provoquer l'évaporation de l'eau on utilise la vapeur

d'échappement provenant de l'échappement des turbo_alternateurs et turbo-reducteurs.

Nous décrirons dans ce qui va suivre un corps d'évaporation, nous parlerons ensuite de la conduite d'une évaporation et enfin les analyses réalisées à cette étape.

II,4,1: Description d'un corps d'évaporation

Un corps d'évaporation se présente comme un grand cylindre muni:

- Vers le bas d'une ouverture par où arrive le jus clair à évaporer
- A l'intérieur du corps il y'a disposés plusieurs tubes dans lesquels le jus est chauffé
- D'une arrivée de vapeur d'échappement ou de prélèvement du corps précédant, qui rechauffe les tubes dans lesquels se trouve le jus
- D'un dégazeur pour dégazer les gaz incondensables
- D'une sortie pour la vapeur de prélèvement
- D'un purgeur
- D'une sortie pour la sortie du jus concentré.

II,4,2: Conduite d'une évaporation

La SO. SU. H . V. dispose d'un système d'évaporation à quadruple effet.

Le jus rentre au premier corps d'évaporation où il est chauffé par la vapeur d'échappement jusqu'à 110-115°C. Le jus ainsi chauffé libère la vapeur d'eau qui est utilisée au chauffage du même jus entrant dans le corps suivant. Cette vapeur correspond à la vapeur de prélèvement.

L'eau condensée formée à partir de la chaleur de chauffe va dans un ballon pour être reconduit dans la chaufferie. Un système de purgeur est installé pour éviter l'entraînement de la vapeur avec l'eau condensée.

Rd : Notons qu'une partie de la vapeur de prélèvement sert pour la cristallisation et au réchauffage des jus.

Le jus est à nouveau chauffé au deuxième corps d'évaporation avant d'entrer dans le troisième corps où il est chauffé par la vapeur de prélèvement du corps précédant et ainsi de suite on obtient en finition un sirop concentré de 65 brix environ contre 13,87 à l'entrée. Ce sirop concentré est encore appelé sirop vierge.

Pour éviter la caramellisation du sucre, l'évaporation marche avec un système sous vide

Le vide étant maintenu au quatrième corps aux environs de 60 à 65 CmHg, on obtient une température de sortie du sirop vierge de 70°C maximum.

II,4,3: Analyses au niveau de l'évaporation

Les déterminations faites à ce niveau sont le brix, le sucre, la pureté, le glucose et les cendres sans oublier la surveillance de la température

-Le brix

Le sirop vierge fait parti des produits lourds. La détermination de son brix ne peut donc pas se faire comme celui du jus clair. Sa détermination se fait à l'aide d'un densimètre.

Mode opératoire

Prélever 200g d'échantillon, le mettre dans un ballon de 1000cc. compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Mettre ensuite cette solution 200/1000 dans une éprouvette de 500cc.

Plonger le densimètre puis lire le brix à la température de 27,5°C. Procéder à la correction du brix compte tenu de la température.

-Sucre et pureté

Le mode opératoire est le suivant : Prendre 100 ml de la

solution diluée précédemment la defequer , la filter puis la polariser au tube de 200mm à 20°C . Multiplier la lecture par 0,25 pour obtenir le sucre %g. On en déduit

$$\text{Pureté} = \frac{\text{Sucre \%g}}{\text{brix}}$$

-Recherche du glucose

Le mode se fait selon le paragraphe II,2,3,1 , en prenant 50 ml de la solution vierge à 200/ 1000 dans un ballon.

Le glucose % g de sirop vierge est donnée par la formule

$$\text{Glucose \% g} = \frac{33,125}{n}$$

-Détermination des cendres:

Les sont constitués par l'ensemble des matières minérales contenues dans le sirop vierge. Cette mesure des cendres est basée sur le principe que la conductivité d'une solution sucrée est proportionnelle à la teneur en matières minérales pour un brix donné.

Mode opératoire

Prendre 5g de sirop vierge dans un ballon de 100cc , compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée . Refroidir ensuite la solution jusqu'à 20°C , puis plonger la cellule conductimétrique dans la solution .On obtient une lecture qui permet à l'aide des tables d'avoir la teneur en cendres .

II,4: La cristallisation

Le sirop vierge qui sort du quatrième corps d'évaporation a un brix d'environ 60 et une pureté forte d'environ 84. Si nous concentrons ce sirop jusqu'à un brix de 78,80, il apparaît des cristaux de sucres et le caractère de la masse de sirop devient mi-solide mi-liquide, il perd de sa fluidité et s'appelle masse cuite.

La conduite de la montée d'une masse cuite se fait dans un appareil à cuire sous vide.

Le vide permettant de conduire la cristallisation à des basses températures, c'est à dire 75 à 80°C au lieu de 120°C. Le phénomène de la caramélisation est donc atténué.

Après cette brève introduction, voyons comment se présente un appareil à cuire.

II, 4, 1 Appareil à cuire

- Il se présente comme un grand corps cylindrique muni :
- A sa base de plusieurs ouvertures pour l'entrée du jus
 - d' une entrée pour la vapeur d' échappement et la vapeur de prélèvement du premier corps.
 - d' une entrée pour la vapeur de prélèvement
 - d' un purgeur
 - un dégazeur pour les gaz incondensables
 - et une grande ouverture par le bas pour vider l' appareil de la cuite.

Voyons maintenant comment se fait la conduite d' une cuite .

II, 4, 2 Conduite d' une cuite

La cristallisation se fait en milieu sursaturé. On concentre donc le sirop vierge jusqu' à obtention d' une solution saturé, puis on continue la concentration jusqu'à sursaturation. On vérifie que le point de sursaturation est atteint par l'épreuve du filet.

Une fois les cristaux apparus, la pureté de l'eau mère diminue, donc on a une diminution de la sursaturation. Pour y remédier, il est nécessaire d'y apporter du sirop vierge et de le concentrer pour obtenir la zone de sursaturation.

La conduite de cristallisation se fait dans la zone sup - métastable. Cette zone est favorable à la cristallisation.

La vitesse de cristallisation dépend de la viscosité du produit, c'est à dire de la qualité du sirop vierge, de la température de la sursaturation puis de la pureté de la liqueur mère.

La circulation de la masse cuite est provoquée par des bulles de vapeur. Au chauffage des tubes, ces bulles grossissent et tendent à remonter en surface, entraînant avec elle la masse cuite.

Dans la conduite d'une cuite, il y a une opération très importante qui mérite qu'on s'y attarde un peu : c'est le grainage. Il consiste à injecter de la poudre très fine de sucre mélangée au préalable à de l'alcool, dans le but de favoriser l'amorce de la cristallisation. Aussitôt après injection, commencent à apparaître des grains de cristaux visibles à l'œil nu au fur et à mesure qu'on monte la concentration.

Une fois qu'on estime suffisante la quantité de cristaux dans l'appareil, on arrête la formation de nouveaux grains en injectant une dose de sirop dans le but de casser la concentration.

Pendant la montée de la cuite, il faut tout faire pour éviter la formation de faux grains qui ont un rôle néfaste au niveau du turbinage.

Une fois le niveau atteint, on arrête l'alimentation et on procède au serrage de la masse cuite jusqu'à un brix susceptible de favoriser la coulée de la masse cuite. Aussitôt, on ferme l'alimentation en vapeur, la vanne du vide et on ouvre une vanne favorisant l'entrée de l'air dans l'appareil ainsi que la vanne automatique de vidange. La masse tombe à une température comprise entre 75°C et 80°C.

Pour ce qui est de l'épuisement des masses cuites, c'est à dire de la proportion de saccharose récupérée par rapport au jus mélangé, autrement dit du rendement de l'appareil à cuire, la SO.SU.HV dispose d'un système à trois jets.

Dans un premier temps, on fait des masses cuites A et on obtient un sucre A et un égout A. L'égout A est de nouveau conduit à faire des masses cuites B, qui donnent après épuisement un sucre B et un égout B. L'égout B est à son tour reconduit pour faire des masses cuites C et un égout C. L'égout C difficilement traitable correspond à la mélasse. Cette mélasse contient une quantité considérable de non sucres et possède une viscosité très élevée; ces deux facteurs freinent énormément la cristallisation. Donc il y a impossibilité d'extraire du sucre cristallisé sans procéder préalablement à un traitement qui élimine les non-sucres.

II, 4, 3 Analyses au niveau des cuites

Les déterminations faites au niveau des masses cuites A, B, C et raffinées sont le brix, le sucre et la pureté.

Les déterminations faites sont le brix, la pureté, le PH, le glucose et les cendres contenus dans la mélasse ainsi que le sucre clerget.

- Brix : sa détermination se fait comme celle du sirop vierge (voir paragraphe II, 2, 3, 1 -).

- Pureté de la mélasse : Le mode opératoire est le suivant:

Prendre 50g dans un ballon de 100cc, compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge , déféquer, filtrer puis polariser au tube de 100. Multiplier la lecture par le facteur polarité. On obtient la teneur en sucre et la pureté.

- PH de la mélasse:

Il se mesure sur des produits dilués à l'aide d'un ph-mètre.

- Dosage des cendres de la mélasse :

Peser 1g de mélasse dans un ballon de 100cc. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait jaugé. Faire la lecture conductimétrique. Se reporter à la courbe d'étalonnage. Ne pas oublier de tenir compte de la dilution.

- Glucose dans la mélasse :

Mode opératoire : Prélever 50ml de solution 200^g/₁₀₀ dans un ballon de 100cc . Ajuster jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Défequer, filtrer puis rajouter du bicarbonate de soude et filtrer à nouveau.

Prendre 10 ml de ce deuxième filtrat dans un ballon de 100cc, ajuster avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Ceci constitue la solution titrante.

Aussi bien pour le brix, le sucre que la pureté, le mode opératoire reste le même que pour le sirop filtré. Donnons quelques valeurs moyennes de brix et de pureté.

	Brix	Pureté
Masse cuite A	93	37
Masse cuite B	95	75
Masse cuite C	97	60

II, 5 Malaxage et turbinage

II, 5, 1 Malaxage

La masse cuite sortant des appareils à cuire possède des possibilités de cristallisation importante car elle se trouve toujours dans une très forte sursaturation. Si on la laisse reposer, le sucre encore contenu dans la liqueur mère continuera à se déposer sur les cristaux mais au bout d'un temps, la cristallisation s'arrêtera à cause de la viscosité de la liqueur mère. Il faut donc agiter cette masse afin de modifier constamment la position des particules de la liqueur mère et des cristaux. C'est ce qu'on appelle le malaxage. Son avantage est de continuer la cristallisation et l'épuisement de la liqueur mère.

Quand à la durée de ce malaxage, à la SO.SU.HV, les masses cuites (A,B et raffinées) ne séjournent pas longtemps dans les malaxeurs.

Elles sont envoyées au turbinage pour la séparation des cristaux de la liqueur mère, car on estime que compte tenu de la pureté élevée de ces produits, l'épuisement est normal.

Les masses cuites C par contre sont refroidies jusqu'à 40-45°C et séjournent dans les malaxeurs pour une durée de 40 à 50 h. puis réchauffées légèrement jusqu'à 50°C maximum avant le turbinage.

II, 5, 2 Le turbinage

Séparer de la liqueur mère les cristaux pour obtenir un sucre sous forme commerciale constitue le but de cette opération qu'on appelle le turbinage. Il se réalise dans des centrifugeuses ouessoreuses qu'on appelle turbines, d'où le nom de turbinage donné à cette opération.

Voyons maintenant comment se passe un cycle de turbinage.

- a - Description d'un cycle de turbinage -

La masse cuite A ou raffinée est pompée à partir du malaxeur pour être envoyée dans le malaxeur distributeur. De là, une vanne automatique laisse passer une portion de masse cuite dans le pot solidaire à un panier entraîné par un moteur. Le panier qui tournait à ce moment à 40 tours/mn part en vitesse. Sous l'action de la force centrifuge, la liqueur mère se sépare des cristaux de sucre et passe à travers la toile de travail . Nous obtenons ainsi un égout. A 900 tours/mn, une vanne automatique envoie de l'eau chaude entre 80 et 90°C au pulvérisateur qui lave le film de sucre resté solidaire au panier. Ce lavage est appelé clairçage. On obtient un égout plus riche que le premier.

Ce lavage est maintenu six secondes au maximum. Au bout de 120 tours/mn, la centrifugeuse décroît de vitesse jusqu'à ce qu'un mécanisme déclenche le déchargement du sucre au moyen d'une charrue. Le cycle de turbinage ainsi décrit ne dure que trois minutes.

La masse cuite venue du malaxeur distributeur tombe dans le pot à répartition solidaire à un panier entraîné par un moteur à une vitesse de 2 000 à 2 500 tours/mn. La masse cuite est ainsi répartie dans la surface de la toile de travail. Sous l'action d'une décomposante de la force centrifuge, le sucre se sépare de la mélasse, ou de l'égout B ou de l'égout affinat C, remonte le long du panier jusqu'à la partie supérieure pour être projeté avec force contre les parois d'une cuve à réception. Quand à l'égout, il passe à travers la toile et est récupéré dans un bac placé en-dessous des cuntrifuges.

Au niveau des turbines continues, il y a deux sortes de clairçage : à savoir un radial et un coaxial. La SO.SU.HV dispose de deux types de turbines :

- des turbines continues utilisées pour les masses cuites B et C,
- des turbines compactes pour les masses cuites A et raffinées.

On utilise différentes turbines en fonction de la pureté de la masse cuite.

Faisons remarquer que dans le souci de ne pas provoquer de coloration aux cuites A, le sucre C1 est envoyé dans un empateur pour être affiné au moyen d'un égout de coloration moins forte: l'égout A. Le cristal de sucre est lavé et la masse obtenue est de nouveau turbinée, ce qui nous donne un sucre C2, qui est de nouveau empâté avec de l'eau.

On obtient un magma qui est envoyé pour faire des pîeds de cuite A. Quand au sucre A, il est transporté à l'aide d'un transporteur à bande pour aller au séchage.

II, 5, 3 - Analyses au niveau du turbinage -

Ces analyses portent sur les différents sucres et égouts dont l'égout C ou mélasse.

II, 5, 3, 1 - Analyses sur les égouts -

L'analyse des égouts nous permet d'avoir une indication sur les opérations de cuite. Si la cuite est mal conduite avec formation de faux grains après turbinage, on obtiendra un égout riche en sucre, puisque tous les petits grains se dissoudront au clairçage.

- Egouts A et B

En ce qui concerne ces deux égouts, les déterminations faites sont le brix et la pureté, selon le même mode opératoire que pour le sirop vierge.

- Egout C ou mélasse

Les analyses faites sur cette mélasse sont d'autant plus importantes qu'elle est utilisée pour d'autres industries, notamment en Rhumerie, distillerie pour ne citer qu'elles. Quand on sait que les analyses sur cette mélasse nous donnent des informations sur la quantité de sucre qui se perd avec ce dernier, ainsi que sur l'état des cuites, on comprend mieux encore l'importance de ces analyses.

Mettre dans un becher 5 cc de Ferricyanure de Potassium qu'on dilue avec 50 ml d'eau distillée puis titrer selon le mode opératoire décrit au II, 2, 3, 1 .

Soit N le nombre de ml de la solution titrante versée

$$\text{Glucose } \frac{\text{g}}{\text{cc}} = \frac{2,625}{N}$$

$$\text{Glucose } \% \text{ matières sèches} = \frac{\text{Glucose } \frac{\text{g}}{\text{cc}}}{\text{Brix}}$$

- Sucre clerget

C'est une analyse particulière à la mesure. Elle mesure seulement le saccharose. Sa détermination se fait selon le mode opératoire suivant.

Prélever 52g de mélasse dans un ballon de 1000 cc . Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, déféquer, filtrer.

Prendre 50 cc de ce filtrat dans un ballon de 100 cc, rajouter 10 ml de NaCl à 3,96 N puis polariser au tube de 100 mm, noter la température de lecture. Multiplier le Pol obtenu par 2 . Soit D ce résultat.

Prélever 50 cc du filtrat dans un ballon de 100 cc, y ajouter 20cc d'eau distillée, porter le ballon au bain-marie de 70 à 75°C avec un thermomètre dans le récipient. Quand le thermomètre indique 65°C, on retire le ballon du bain-marie et on y ajoute 10 cc de NaCl concentré, ajouter pour homogénéiser, laisser reposer pendant au moins 30 mn. Refroidir le ballon jusqu'aux environs de la température de polarisation directe. Porter le volume à 100 cc. S'il se forme un précipité, il faudra filtrer, puis polariser au tube de 200.

Multiplier le nol obtenu par 2. Si on appelle I ce résultat :

$$\text{Le sucre \%} = \frac{100 (D-I)}{143,23 - 0,53t}$$

$$\text{Pureté Clerget} = \frac{\text{Sucre clerget}}{\text{Brix mélasse}}$$

II, 6 - Raffinerie -

Le sucre A ou encore sucre blond fait l'objet d'une opération de raffinage dont le but est d'éliminer les impuretés restantes en vue d'obtenir un sucre parfaitement blanc avec un pourcentage de saccharose le plus élevé possible. Pour ce faire, le sucre A est refondu avant de subir une série de traitements dont le but est de le décolorer.

La refonte A ainsi traitée est recristallisée dans des appareils à cuire comparables à ceux rencontrés en sucrerie. La vapeur nécessaire à la cuisson est constituée de vapeur prélevée du premier corps d'évaporation, ainsi que de la vapeur d'échappement. Comme en sucrerie, la cuisson se fait sous vide.

Nous parlerons dans ce qui va suivre du traitement du sucre A, ainsi que de sa filtration et nous finirons en disant quelques mots sur les analyses faites en raffinerie.

II, 6, 1 - Traitement du sucre A -

Le sucre A obtenu est refondu dans un fondoir A entre 55 et 65 Brix; on obtient ainsi une refonte dite refonte brute

qui est envoyée dans un bac d'attente grâce à une pompe. De ce bac une partie de la refonte brute est prélevée pour être traitée dans des bacs ou chaudières à phosphatation.

Dans la chaudière à phosphatation, on injecte au préalable une dose d'acide phosphorique. Le Ph de la refonte baisse alors de Ph 6,6 à Ph 4,5. Après deux minutes de contact seulement, le sirop acidifié est neutralisé par un apport de lait de chaux, jusqu'à obtenir un Ph de 7,2.

Les floculats formés par l'action de l'acide et de la chaux sont maintenus en suspension au moyen d'une alvéolaire qui provoque la formation de bulles d'air dans le sirop à l'entrée du clarificateur. Dans ce dernier, les floculats ou écume sont raclés par des raclettes tandis que le sirop clarifié et chauffé à 97 - 98°C est envoyé par débordement dans le malaxeur ou bac de traitement dans lequel une dose de noir végétal ou Norit est injectée. Le noir végétal joue un rôle d'absorbeur des matières colorantes contenues dans le sirop. Ce traitement au Norit dure vingt minutes après quoi le sirop traité est filtré à l'aide de filtres Hercule. Notons que le filtre est préalablement préparé à la filtration par une précouche qui recouvre la toile filtrante. Cette précouche se compose de pâte à cellulose et de dicalite qui est un adjuvant de filtration.

A la SO,SU.HV. le sirop filtré est envoyé avant cristallisation, malaxage et turbinage dans un bac d'attente.

Les boues sont elles envoyées dans un bac mélangeur puis refiltrées dans un filtre à boue. Le filtrat obtenu sert à la refonte du sucre A.

A propos d'épuisement des masses cuites raffinées, disons que le sirop filtré sert à monter les cuites raffinées R1 de pureté 99,3, dont le turbinage donne le sucre R1 et l'égout R1. La masse cuite RII obtenue sur pied de cuite formé d'égout R1, de pureté 99 et montée avec l'égout RII. Le turbinage donne le sucre RII et l'égout RII. La masse cuite RIII de pureté 93 obtenue sur pied de cuite formé d'égout RII, montée avec l'égout RII. Le turbinage donne le sucre RIII et l'égout RIII. Le mélange du sucre R1, RII et RIII donne le sucre raffiné, l'égout RIII étant utilisé pour remonter des cuites A. Le sucre raffiné est transporté par un transporteur KIESS vers le sécheur.

II, 6, 2 - Analyses en raffinerie -

Les analyses faites portent sur :

- la refonte brute
- le sirop à la sortie du bac à phosphotation
- le sirop à la sortie du clarificateur
- le sirop filtré
- les différents égouts après turbinage

On détermine pour chacun le brix, la pureté, le pol en sucre, le glucose et les cendres. De plus, on cherche la coloration de chacun d'eux.

- Le brix

Sa détermination se fait par une lecture au réfractomètre.

- La polarisation

Pour le mode opératoire, voir le paragraphe II, 2, 3, 1.

$$\text{On en déduit la pureté} = \frac{\text{Sucre \%}}{\text{Brix}}$$

- Le glucose

Prendre 100 g d'échantillon (sirop) dans un ballon de 200 cc . Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Ceci constitue la solution titrante. Pour la titration, procéder comme au paragraphe II, 2, 3, 1 .

Si n est la descente de burette correspondant à la quantité de la solution titrante, on a :

$$\text{Le glucose \% g} = \frac{2,65}{n}$$

$$\text{Glucose \% Matières sèches} = \frac{\text{Glucose \% g}}{\text{Brix}} \times 100$$

- Les cendres

Prendre 10 cc de la solution titrante et mesurer la conductivité de cette solution par conductimétrie. Se rapporter aux tables de correction pour avoir les cendres %g.

- La coloration

Elle se détermine à l'aide d'un photocolorimètre et s'effectue sur tous les produits raffinés et égouts, selon le mode opératoire suivant : Prendre une solution à un brix donné et lire au colorimètre à la longueur d'onde = 650 nm. La lecture nous donne la transmission qui permet à l'aide de tables, d'obtenir la coloration du sirop.

Notons qu'on détermine également l'humidité et le sucre contenu dans les boues. Ceci nous permet de connaître non seulement la quantité de sucre qui se perd avec ce dernier mais également de s'assurer du bon fonctionnement du filtre à boue-boue.

II,7 - Séchage et ensachage -

Le sucre A et le sucre raffiné qui sortent des centrifuges présentent une humidité de l'ordre de 0,5 à 2%. Cette humidité présente de gros inconvénients pour la conservation, d'où une nécessité absolue de le sécher au préalable.

Voyons dans un premier temps un circuit de séchage et dans un deuxième temps les différentes analyses effectuées après ce malaxage et ce séchage.

II, 7, 1 - Circuit de séchage -

Le sucre A du transporteur à bande et le sucre raffiné du transporteur à secousses sont récupérés chacun par un élévateur à sucre humide qui les conduit dans le sécheur à sucre. Le sécheur à sucre est un tambour tournant à une vitesse réduite soit de 2 à 3 tours/mn et muni de plateaux disposés en hélices. Le sucre raclé par plateaux suit le mouvement du tambour et est rejeté vers le bas. Au cours de sa chute il rencontre un courant d'air chaud envoyé par un ventilateur, l'air étant chauffé par de la vapeur d'eau venue de la détente à 6 bars. L'eau contenue dans le sucre s'évapore et se mélange à la masse d'air puis est aspirée par un ventilateur respireur qui l'envoie dans un dessucreur. Un jet d'eau chaude libère l'air des poussières de sucre. La solution de sucre ainsi obtenue retourne dans un bac appelé bac à eau sucrée.

Le ventilateur d'aspiration envoie en même temps de l'air frais pour refroidir le sucre à sa sortie du sécheur à une température de 40° à 45°C . Le sucre sorti du sécheur a une humidité de 0,1 à 0,2%. Il est récupéré par un élévateur à sucre sec qui l'envoie au tamiseur, où après tamisage il rentre dans une trémie, véhiculé par un transporteur à bande d'acier. De la trémie, il est pesé par une balance automatique, chaque pesée étant de 50 kg. Le sucre pesé tombe directement dans un sac de contenance équivalent de 50 kg. Ces sacs contenant le sucre sont cousus puis envoyés en stockage au magasin de stockage à sucre.

II, 7, 2 - Analyse après séchage et ensachage -

Les analyses faites après ces deux opérations sont la détermination de l'humidité des deux sucres blanc et blond, ainsi que la mesure de la teneur en glucose, cendre, sucre et matières sèches du sucre. On effectue une mesure granulométrique et de coloration des deux sucres et surtout le sucre blanc.

- Humidité

Sa mesure est d'autant plus importante qu'une humidité trop grande est défavorable à une bonne conservation du sucre. Pour sa détermination, on procède selon le mode opératoire suivant :

Peser 25 g de sucre dans une capsule. Soit P ce poids. Sécher à l'étuve jusqu'à poids suivant. Soit P' le poids après étuvage et T le poids de la tare.

$$\text{Humidité \% g} = \frac{P - P'}{P - T} \times 100$$

- Cendres - Mode opératoire:

Prendre 5g de sucre dans un ballon de 100 cc. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, faire la mesure conductimétrique à 20°C exactement, se rapporter à la courbe d'étalonnage pour avoir les cendres % gramme.

- Glucose - Mode opératoire:

Prendre 26 g de sucre qu'on dissout dans un ballon de 100 cc. Compléter jusqu'au trait de jauge. Ceci constitue la solution titrante.

Prendre 2,5 cc de ferricyanure de potassium et le dissoudre dans 50 ml d'eau distillée. Titrer avec la solution titrante selon le mode opératoire décrit au II, 2, 3, 1 .

Soit N la solution titrante versée en ml.

$$\text{Glucose \% gramme} = \frac{2,65}{N}$$

$$\text{Glucose \% matières sèches} = \frac{\text{glucose \% gramme}}{\text{brix}} \times 100$$

- Le sucre - Mode opératoire -

Prendre 26 g de sucre dans un ballon de 100 cc. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, bien agiter puis polariser au tube de 200. La lecture donne le sucre % gramme.

- Brix

En ce qui concerne le sucre blanc, le brix est donné par la formule suivante:

$$\text{Brix} = 100 - H$$

Pour ce sucre blond, procéder comme au II, 2, 3, 1 .

- Pureté

Pour le sucre, la détermination se fait en fonction des calculs déjà effectués.

$$P = 100 - \text{Glucose} - \text{Cendre} - m_o$$

où m_o correspond aux matières organiques.

- Granulométrie - Mode opératoire :

La granulométrie présente un intérêt pour le chamhon, c'est à dire la machine qui agglomère le sucre granulé. En effet, avec des cristaux très fins ou très gros, le moulage présente des difficultés. C'est pourquoi au laboratoire, on détermine le coefficient de variation qui doit être entre 0,4 et 0,7 pour un moulage sans difficulté.

Mode opératoire:

Peser 100 g de sucre raffiné ou blond granulé dans une capsule bien sèche et verser sur le tamis supérieur (N° 31). Notons qu'il y a huit tamis placés les uns au-dessus des autres, avec des mailles de diamètre décroissant du tamis supérieur au tamis inférieur.

Peser le contenu retenu par chaque tamis, faire le graphique à l'aide des résultats.

$$C.V. = \frac{\text{ouverture } 84\% - \text{ouverture } 16\%}{2 \text{ M.A.}}$$

2 M.A.

où C.V. = coefficient de variation

et M.A. = milieu d'abscisses

- Colorimétrie

Voir paragra phe II, 6, 2.

II, 3 - Agglomeration -

C'est la mise en carreaux du sucre granulé. La SO. SU. HV. agglomère en grande partie son sucre granulé qu'il soit blond ou raffiné.

Même si ceci revient très cher à la SO. SU. HV. , on est presque obligé de dire que c'est devenu un impératif pour elle, puisqu'il a été constaté que le sucre aggloméré se vendait nettement mieux que le granulé.

Notons à propos du sucre granulé que seules quelques sociétés comme les brasseries sont de gros consommateurs de ce dernier .

A la SO. SU. HV. , l'agglomeration est entièrement automatisée. Le sucre granulé avant la mise en carreaux est préalablement humecté avec de l'eau filtrée puis malaxé avant d'être envoyé dans des tambours en vue du moulage. Les carreaux de sucre obtenus sont directement mis en paquets et envoyés en stockage.

En conclusion de ce chapitre fabrication, il est intéressant de noter que des bilans sont établis dans le but d'apprécier la bonne marche ou non de la société, et de plus, il permettent de faire le point sur les activités de la société en général. A la SO.SU.HV., on établit des bilans journaliers, hebdomadaires, périodiques(tous les 15 jours) et annuels. Durant notre stage, nous avons pu nous familiariser à toutes les méthodes de calcul permettant l'établissement de ces bilans.

CONCLUSION GENERALE ET RESUME

Ces deux mois de stage, même si ils ont été très courts, ont été riches d'informations. En effet, notre passage dans ce complexe agro-industriel qu'est la Société Sucrière de Haute -Volta nous a permis d'une part de prendre contact avec le milieu professionnel et d'autre part de mettre en pratique nos cours concernant l'agro-alimentaire en général et la sucrerie en particulier.

De la fabrication du sucre, nous retiendrons qu'après extraction, le jus sucré de la canne est épuré, débarrassé de son eau par évaporation puis suit le cycle de la cristallisation. Et ce n'est qu'après malaxage et turbinage que le sucre granulé obtenu est envoyé en agglomérerie comme tel ou bien préalablement raffiné. Nous retiendrons également que la Société assure son autonomie énergétique grâce à des machines à vapeur.

Si ce stage nous a apporté énormément sur le plan professionnel, il n'en reste pas moins qu'il a été très court, ce qui ne nous a pas permis d'approfondir nos acquisitions. Outre le problème de durée, la période choisie n'était pas des plus favorables. En effet, il aurait été mieux qu'il se passât en Avril - Mai - Juin, période située à cheval entre la campagne et l'inter-campagne.