



école polytechnique de thiès

GM.0449

PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE : Conception d'une ligne
de traitement de mangues

Auteur Abdou Mbacké I.O

Génie Mécanique

Date Juin - 78

P ROJET DE FIN D'ETUDES

présenté.

à

Gm. 0469

L'ECOLE POLYTECHNIQUE

de Thiès

pour

L'Obtention du titre :

D'INGENIEUR

par

ABDOU M'BACKE LO

Sujet : Conception d'une ligne de traitement de mangue

Présenté le : 16 - 6 1978

Jury : Monsieur YOUSSEF
 Monsieur CHEVALIER
 Monsieur BELKAMEL

Pour ma femme, à nos parents morts
À tous ceux qui luttent pour un monde meilleur

R E M E R C I E M E N T S

Mes remerciements vont à mon Directeur de thèse M. Y.A. YOUSSEPH professeur d'Eléments de Machine à l'Ecole Polytechnique pour son soutien inconditionnel.

Elles vont aussi à M. Ousmane KANE Chef de la section entreposage - Conservation à l'Institut de Technologie Alimentaire de Dakar pour son entière disponibilité à mon égard et ses conseils clairvoyants.

Mes remerciements vont à M. MAESTRACCI professeur-vacataire de procédé industriel à l'école polytechnique pour avoir accepté de relire avec soin cette thèse.

Elles sont adressées enfin à Mlle Soda NDIAYE et à M. Moustapha DJIGUEUL qui ont ensemble assuré l'impression du manuscrit.

AVANT - PROPOS

La seule présence de fruits en abondance ou en excédent dans une région n'est pas suffisante pour assurer la rentabilité d'usines nouvelles. De plus, que deviendra la production fruitière d'ici quelques années ? Il suffit de constater qu'elle subit des perturbations qui se traduisent par une évolution rapide sur le plan international.

Cependant, il est certain selon les spécialistes que la part des pays en voie de développement grandira aussi bien en Afrique qu'en Amérique du Sud, et on peut supposer que les espèces exotiques demandées seront des fruits dont la saveur est intense et caractéristique : mangue, goyave, papaye sans compter évidemment des fruits plus connus comme la fraise la mandarine et le citron qui posent actuellement des problèmes technologiques pour la conservation de leur arôme.

Cette étude pourrait contribuer à faire développer les techniques pour la valorisation de la production fruitière en particulier celle des mangues qui occupe malgré sa courte période de maturation une place non négligeable dans l'économie du Sénégal.

C'est le voeu que nous formulons.

S O M M A I R E

DEDICACE

Remerciements

Avant-propos

INTRODUCTION

Chapitre I Statistique

- 1 - Production
- 2 - Choix d'un site
- 3 - Localisation des marchés

Chapitre II Etude de la mangue

- 1 - Définition
- 2 - Composition du moût
- 3 - Comportement variétal
- 4 - Stockage du produit brut
- 5 - Plantations industrielles

Chapitre III Programme de fabrication

- 1 - Capacité "Input"
- 2 - Capacité "Output"

Chapitre IV Procédés de fabrication

- 1 - Flow-sheet - schéma de procédé
- 2 - Récolte, transport à l'usine
- 3 - Stockage du produit brut
- 4 - Opérations préliminaires
- 5 - Extraction du jus
- 6 - Préparation de la recette
- 7 - Homogénéisation
- 8 - Remplissage - Sertissage
- 9 - Stérilisation
- 10 - Etiquetage - Mise en carton
- 11 - Stockage du produit fini

Chapitre V Etude du processus de production

- 1 - Magasin Produit brut
- 2 - Convoyeur
- 3 - Table de triage - Table de lavage
- 4 - Passoreuse
- 5 - Réservoir de passage
- 6 - Ecoulement de matière
- 7 - pompage
- 8 - 1ère pompe de circulation
- 9 - Mélangeur
- 10 - 2ème pompe de circulation
- 11 - Homogénéisation
- 12 - Remplisseuse - Sertisseuse
- 13 - Stérileuse
- 14 - Etiqueteuse
- 15 - Cartonnage
- 16 - Magasin produit fini

Chapitre VI Contrôle de la qualité

- 1 - Contrôle sur le produit brut
- 2 - Contrôle du processus
- 3 - Contrôle sur le produit fini

Chapitre VII Organigramme et Personnel

Chapitre VIII Etude de rentabilité

- 1 - Produit de consommation par an
- 2 - Liste des équipements
- 3 - Situation financière
- 4 - Autres possibilités

Conclusion

Bibliographie

Appendice

INTRODUCTION AU PROJET

S'il ne se nourrit pas exclusivement de fruits, car il a besoin de protéines l'homme a toujours été amateurs de fruits.

En raison de la durée trop restreinte des récoltes pour des fruits comme la mangue, il était impossible d'en profiter au maximum.

Mais, l'intelligence de l'homme n'a pas tardé à lui faire découvrir le bon vieux procédé qui permet de tricher avec la nature pour prolonger la consommation des fruits au delà de la courte période de maturité.

Des jus de fruit avaient été commercialisés dans le monde bien avant les temps coloniaux. Cependant, c'est seulement en 1920 qu'on a commencé à les conserver dans des pots ou des bouteilles. Cela a nécessité un certain développement technologique pour arriver à pasteuriser de manière convenable les jus de fruits.

Au Sénégal, durant la saison des mangues (Avril-Juin) ce fruit d'une valeur nutritive très élevée abonde. Vu l'offre qui est très grande à cette période, les mangues sont vendues à des prix très bas et malgré cela il y a encore une bonne partie de la récolte qui pourrit faute de consommateurs.

Notre projet vise à absorber l'excédent de la récolte et de la mettre en conserve sous les formes suivantes :

- en jus
- en Nectar

Pour cela nous aborderons les problèmes suivants :

- statistique sur la production de mangue
- Etude du goût de mangue
- Etude du procédé de transformation
- Contrôle de la qualité
- Plan d'implantation d'une ligne
- Organigramme et Personnel
- Etude de rentabilité.

1) Production

Au Sénégal, comme dans beaucoup de pays africains on ne dispose pas encore de tous les services pour faire des statistiques.

Une statistique n'est pas facile à établir surtout dans le domaine de la production fruitière, dès lors où sa vente n'est pas détenu par un office de commercialisation, mais se fait directement de production à consommateur.

Une étude de l'Institut de Technologie Alimentaire montre qu'une usine de traitement de mangue en Casamance pourrait avoir :

- 2000 T de "mango"/an
- 1000 T de "mangues greffées"/an

-mangues non greffées ("mango").

Les fruits sont petits, de forme ovale. La peau a une couleur jaune verte assez épaisse, renferme une pulpe jaune très fibreuse. Le rendement du jus est très faible de 37 à 47 % suivant les fruits

Composition chimique : pourcentage en matière sèche
(p.m.s) 8,12 % PH 2,9 % Sucre réduction 2,0 %
Sucre total 6,8 % Cendre 0,25 %

-mangues greffées

Les fruits sont gros. La forme est ovale. Poids 3 à 4 fruits pour 1 kg. Peau de couleur verte. Jaunâtre ou jaune. La pulpe jaune est très douce. Rendement en jus environ 50 %.

Composition chimique : Pourcentage en matière sèche 20 à 80 %, sucre réducteur 5,30 %, sucres totaux 12,66 %

PH du jus 4,1 Cendres 0,15 %

2) Choix d'un site

Où situer l'usine de production ? Serait-elle simplement installée dans une zone portuaire, comme une aciérie ou une centrale électrique qui importent leur matière brute pour la valoriser ? Non, l'implantation de l'usine devrait se faire dans les zones les mieux adaptées à la culture fruitière de qualité. 2 sites sont plus plausibles : Thiès à mi-chemin entre Pout et Tivaouane ou à Ziguinchor en Casamance. Pour les 2 sites, le tonnage prévu est acceptable.

3) Localisation des marchés

Vu les moeurs du pays qui sont en général anti-alcoolique, il est à prévoir une forte consommation locale.

Cependant, il y aura une concurrence à faire avec les boissons telles que Coca-Cola, Golden, jus d'ananas etc...

L'exportation vers les pays développés ne devrait être envisagée que dans l'avenir car il existe au point de vue réglementation des jus de fruits une grande différence d'un pays à l'autre.

Cependant, la possibilité d'exporter vers les pays voisins du Sénégal devrait être concrétisée très rapidement.

1) DEFINITION

Le moût de fruit ou jus brut possède toutes les caractéristiques du fruit, à part la consistance.

Si le jus brut n'est pas destiné à faire de la confiture, il doit être partiellement débarrassé des débris de membranes et des fibres cellulosiques pour être buvable. Cette opération n'affecte pas la composition chimique. Cependant, du fait que les cellules ne sont plus intactes, le mélange liquide se comporte d'une façon toute différente de la pulpe, malgré l'identité de la composition chimique.

En effet des corps chimiques différents, primitivement séparés les uns des autres par des membranes à perméabilité sélective, se trouvent brusquement mis en présence les uns des autres dans une solution aqueuse : des réactions chimiques, instantanées ou lentes, se produisent donc automatiquement.

On comprendra donc pourquoi, à la différence de la pulpe des fruits vivants, le jus brut est un milieu particulièrement instable, dont les modifications seront profondes et rapides.

Le jus de fruit est sujette à des altérations dues surtout à l'action de micro-organismes utilisant le jus comme substrat et le décomposant.

Les caractéristiques extérieures et la composition des jus se modifient ainsi plus ou moins profondément et il se forme des substances nouvelles, souvent toxiques pour l'organisme.

Les processus sont parfois déterminés par des enzymes formant partie intégrante du jus lui-même et provoquant la destruction des constituants tissulaires ; il s'agit là de phénomène d'autolyse.

Dans certains cas, d'autres altérations résultent des processus d'oxydation, provoqués par l'oxygène de l'air.

Toutes ces actions ont surtout une signification et une importance d'ordre hygiénique et doivent être prises en considération dans l'étude de la conservation du jus de mangue.

Les procédés de conservation du jus qui sont mis actuellement en oeuvre tendent surtout à supprimer les micro-organismes de décomposition ou à créer des conditions s'opposant à leur développement.

.../...

2) COMPOSITION DU JUS BRUT

Les composants chimiques du jus brut peuvent se classer en 3 catégories :

- Composants principaux
- Composants secondaires
- Composants en quantité minime, mais représentant une grande importance pour la qualité du produit.

a- Composants principaux

En premier lieu : C'est l'eau qui vient en tête avec 80 à 95 % du poids d'échantillon de jus brut de mangue. A cette eau on a attribué toutes sortes de qualité ; et jusqu'à présent on n'a pas pu établir qu'elle était différente du corps défini H₂O, 0 sinon par une légère différence de sa teneur en isotopes (Dupaigne, 1972). Cependant, elle a des propriétés remarquables à cause des corps qu'elle tient en solution ou en suspension.

En second lieu : On a des sucres, où domine le glucose, le lévulose, parfois le saccharose ; mais une analyse fine révèle souvent un grand nombre de sucres différents.

Un jus classique contient 10 à 15 % de sucre (Dupaigne 1972).

Les acides organiques quand à eux donnent aux jus leur caractère acidulé.

Le % de matière pectiques est en général plus grand que celui de protéines solubles ou en suspension colloïdale (0,25 à 1%), provenant du protoplasme des cellules, mais ces derniers jouent souvent un rôle actif dans la dégradation du jus (Dupaigne, 1972).

b- Composants secondaires

Les matières minérales constituent cette catégorie, car elles sont relativement peu abondantes ; cependant parmi les actions le potassium, puis les alcalino-terreux, sont intéressants, d'autant que le sodium est en général très peu abondant.

Les matières grasses ne sont jamais absentes dans le jus et font partie de cette catégorie.

c- Composants en quantité minime, mais présentant une grande importance pour la qualité du produit :

Ce sont des substances ayant des teneurs au dessus du mg par litre de jus.

On distingue :

Les enzymes, présentes dans tout tissu vivant. Elles agissent sur un substrat naturel (invertase hydrolysant le saccharose, pectase dégradant les pectines) ou en catalysant des agents extérieurs (oxydases, peroxydases).

.../...

Les enzymes naturelles sont des facteurs de dégradation rapide. C'est pourquoi dans le procédé de fabrication il sera important de les détruire.

Les vitamines, elles sont représentées par le groupe des vitamines hydrosolubles . Vitamine C; Vitamine B1, Vitamine B2, pyridoxine , acide pantothénique.

Cependant, il existe ainsi dans le jus de mangue beaucoup de caroténoïde, donc de provitamine A.

Les arômes forment la partie volatile des matières extractibles ; globalement ils ne représentent que quelques dizaines de parties par million, mais leur importance pour la flaveur du jus est primordiale : un fruit dont on retire les matières volatiles n'a aucun arôme, il n'a qu'un goût sucré et acidulé sans intérêt./-

3- COMPORTEMENT VARIETAL

Mangifera indica présente de nombreuses variétés qui, suivant leur forme, peuvent être classées en 4 groupes :

- Indiennes : peu rencontrées en Afrique, formes tortueuses
- Hybrides : américaines : forme élancée, exemple "Smith"
- Antillaises : forme arrondie, exemple "Amélie"
- Indo(chinoises : intermédiaire entre indienne et hybrides élancée, légèrement tortueuse, Exemple : Xoaf, Cat, Mytho (Moreuil C., 1963).

La plupart de ces variétés présentent une grande différence de comportement pour les mêmes conditions de milieu, ainsi que l'illustrent certains travaux (Thompson, 1971).

Ainsi, pour une zone de production donnée, il s'avère nécessaire d'étudier les exigences propres à chacune des principales variétés.

4- STOCKAGE DU P.B.

KANE Ousmane (Octobre 74) a réalisé une étude sur les maladies d'entreposage et les difficultés de conservation après récolte de la mangue (Mangifera indica L.). Il écrit :

"La prolongation de la durée de survie commerciale après récolte des fruits tropicaux, se heurte généralement à de nombreux obstacles difficiles à surmonter. Ces difficultés proviennent principalement de leur sensibilité à de nombreuses altérations, résultant de maladies parasitaires (micro-organismes principalement) ou physiologiques (troubles métaboliques),

mais également de l'ignorance des conditions optimales de leur entreposage. Il est en effet établi, que le succès de la conservation des produits horticoles à l'état frais réside tant sur le choix judicieux d'un consensus de plusieurs facteurs ambiants (température, humidité relative, atmosphère, etc...) que sur le respect de leur nature biologique (espèce, variété) ainsi que sur une connaissance précise de leur évolution physiologique en relation avec les processus de maturation et de sénescence.

Or, contrairement au cas des fruits de pays tempérés (pommes, poires, pêches etc...), pour lesquels de nombreux résultats sont disponibles pour les praticiens les recherches, consacrées aux fruits tropicaux sont nettement insuffisantes et limitées à peu d'espèces. Ces lacunes proviennent essentiellement de l'absence de laboratoires correctement équipés à l'intérieur ou à proximité des zones de production, ainsi que le soulignent BIALE et BARCUS (1970). Dans le cas particulier de la mangue, la durée limite de sa conservation, compatible avec le maintien des caractères organoleptiques, excède rarement 3 à 4 semaines. Le fruit est en effet hautement périssable car non seulement, il héberge un nombre, considérable de micro-organismes pathogènes, mais il est extrêmement sensible aux maladies du froid ("Chilling"). De plus, il présente une grande diversité de comportement selon la variété et le degré de maturité à la récolte.

Après ces considérations KANE nous examine^{les} principaux obstacles qui limitent la conservation de la mangue.

D'abord, les maladies d'entreposage :

Maladies parasitaires dûes à l'infection de micro-organismes ou dûes aux insectes.
Maladies non parasitaires dûes à des troubles physiologiques ou dûes à des chocs mécaniques ou des meurtrissures

Puis, la maturité de cueillette :

L'absence de critères applicables à la majorité des variétés et destinés à déterminer le stade de maturité optimale de cueillette en vue d'un entreposage de longue durée, est également un des facteurs qui handicapent la conservation des mangues. De nombreux tests de maturité sont en effet avancés par les auteurs, mais aucun, pris isolément n'est suffisant pour repérer la date optimale de récolte. Ainsi, pour la variété Julie, la récolte doit s'effectuer selon Wadlaw et Léonard (1936), à l'un des 3 stades suivants :

- Stade A : fruits verts, presque bien développés, avec les "épaules" au même niveau que l'insertion pédonculaire.
- Stade B : fruits bien développés, ayant presque atteint leur croissance maximale, mais restant toujours verts, avec les "épaules" ex croissantes par rapport à l'insertion pédonculaire.
- Stade C : La croissance ne se poursuit pratiquement plus et les fruits sont sur le point de se ramollir.

Pour d'autres variétés, il est plus valable de considérer l'évolution de la couleur de l'épiderme, l'acidité totale, la teneur en sucres solubles totaux ainsi que le poids spécifique

(Subramanyam et al, 1972). D'autres critères sont également préconisés : le rapport teneur en amidon sur acidité.

(Teastia et al 1967), la couleur de la pulpe (Jacobs, 1970), le minimum pré-climactérique de la crise respiratoire (Hansen, 1966,), la fermeté de la pulpe l'âge du fruit (temps écoulé depuis la nouaison) la couleur et la viscosité du latex s'écoulant de la section pédonculaire, etc...

Le Comportement des fruits :

Pour une variété donnée, le comportement des fruits est très variable selon les facteurs édapho-climatiques du verger (composition chimique du sol, irrigation et pluviométrie, température, vent, etc...) le degré de maturité de la récolte (Wardlaw, 1937 ; Thompson, 1971), l'âge des arbres et les conditions d'entreposage (délais d'application du froid, hygrométrie, température, atmosphère, ventilation, etc...)

Ainsi, pour une zone de production donnée, il s'avère nécessaire d'étudier les exigences propres à chacune des principales variétés.

Conditions relatives à la vie sur pied :

-Sol et irrigation :

Le manguiier peut bien pousser sur plusieurs types de sols (latéritiques, alluviaux ou à modules de calcaires). Ces sols doivent cependant être profonds, bien drainés et présenter des horizons de texture argilo-sableuse à argileuse et de structure granulaire, meuble et bien aéré (Singh, L.B., 1960) le PH de ces sols doit être compris entre 5,5 et 7,5 (Singh, K.K, 1967).

-Traitements phytosanitaires :

Il est primordial de disposer de fruits sains au départ, aussi s'avère-t-il nécessaire d'appliquer au verger, un certain nombre de traitements prophylactiques adéquates (fongicides, bactéricides, insecticides, etc...) Ces traitements phyto-sanitaires destinés à sauvegarder la production et à limiter la contamination des fruits avant même leur entreposage, doivent être appliqués dans des conditions rigoureusement définies (période d'application nature et doses des produits chimiques utilisées, respect de la législation en vigueur, etc...).

-Choix des variétés et état des arbres :

Pour une région donnée, il importe de sélectionner la variétés les plus aptes à être conservées. La taille et l'âge des arbres sont également à considérer ; des fruits récoltés sur des arbres trop jeunes ou trop vieux se prêtent moins bien à la conservation que ceux cueillis sur des arbres en pleine maturité (Ulrich, 1954).

Conditions relatives à la récolte et au conditionnement :

La récolte anticipée conduit à une maturation défectueuse des fruits et lorsque ces derniers sont cueillis trop tard, ils se détériorent très vite. Aussi est-il nécessaire de repérer avec précision la date optimale de récolte. Celle-ci peut être déterminée par l'utilisation simultanée de plusieurs textes préconisés et par l'expérience (observations faites sur plusieurs années). Rappelons par ailleurs que la récolte et les différentes opérations de conditionnement, doivent s'effectuer avec le plus grand soin, de manière à éviter les chocs, les meurtrissures et les blessures.

Conditions de transport et d'entreposage :

Les délais d'application du froid depuis la récolte, doivent être très brefs (de l'ordre de quelques heures) et le transport de la zone de production aux entrepôts de stockage doit s'effectuer le plus rapidement possible.

Pour chaque variété, il y a lieu de rechercher les meilleures conditions de température, d'hygrométrie, de composition et de brassage de l'atmosphère, pour une durée de conservation définie.

-Une température élevée accélère à la fois la maturation des fruits et le développement des micro-organismes ; ce qui, dans les deux cas, réduit la durée de conservation. Par contre, une température trop basse (inférieure au seuil critique), provoque l'apparition de maladies physiologiques ou "chilling". La température généralement recommandée pour la plupart des variétés est de 10-11°c .

-Une humidité relative trop basse accentue la perte d'eau (donc le poids) et le flétrissement des fruits, alors que si elle est trop élevée (saturation), elle favorise la prolifération des moisissures. Une hygrométrie de 85 à 90 % est généralement recommandée (Singh et Al, 1953 ; Campbell, 1959).

-Pour la conservation en atmosphère contrôlée, il faut veiller à ce que celle-ci ne soit ni trop appauvrie en oxygène (réactions fermentaires), ni trop enrichie en gaz carbonique (nécroses et brunissements superficiels).

Pour certaines variétés, il a été montré que le mélange gazeux comprenant 5 % d'oxygène, 5 % de gaz carbonique et 9 % d'azote, offre les meilleurs résultats pour une durée d'entreposage de l'ordre de 3 semaines (Hattan et Reeder, 1966 ; Kane O., 1973).

-Aussi bien pour la conservation en atmosphère contrôlée que pour la simple réfrigération dans l'air, il importe d'homogénéiser l'atmosphère aux différents points du local d'entreposage, par un brassage suffisant.

-La durée limite de la conservation, compatible avec le maintien de la qualité commerciale des fruits d'une variété donnée, doit être déterminée avec précision, en fonction des différents paramètres du milieu d'entreposage (température, hygrométrie, atmosphère, etc...)

Conclusion

Il apparaît donc qu'avec les données actuelles du Sénégal

-Vergers de manguiers très diversifiés tant sur le plan des variétés cultivées que des conditions écologiques de culture.

-Vergers appartenant pour la plupart à des paysans analphabètes à qui il est difficile de faire appliquer les conditions relatives à la vie sur pied et à la récolte.

-Non-connaissance de manière parfaite, des conditions optimales d'entreposage vu l'état d'avancement des recherches.

-Moyens de financement très réduits

Il est plus judicieux dans un premier temps de ne faire le stockage que dans un local bien couvert, à la température ambiante et sans atmosphère contrôlée.

Le stockage intact de fruits mûrs permet à l'usine de disposer d'un volant régularisant la production journalière car les arrivages même planifiés ne sont pas aussi réguliers que l'absorption des machines, d'autre-part la chaîne de production peut justement se trouver arrêtée par l'arrêt intempestif d'une machine.

Ce stockage permet même d'étendre quelque peu la production saisonnière car il peut se prolonger plusieurs semaines sans inconvénients, si la température le permet, ce qui est très intéressant pour l'économie du fonctionnement.

L'expérience de l'usine des conserves de fruits et légumes du mali (Banguineda) a montré que les principes présidant aux productions industrielles en Europe sont également applicables à l'Afrique. (STEFANOVIC R. 1970). Une usine moderne ne peut avoir de production satisfaisante en se fiant seulement à un approvisionnement assuré par de petits fournisseurs individuels, à la production et à la livraison anarchiques. Seule la mise en place de vastes unités de production industrielle, bien organisée et utilisant des techniques agricoles appropriées à l'Afrique, peuvent assurer un approvisionnement satisfaisant en quantité, en régularité et en prix. De telles unités peuvent être mises en place en regroupant des producteurs individuels sous forme de coopératives dynamiques et efficaces.

On pourra à ce moment envisager un entreposage avec atmosphère contrôlée pour des fruits venant de plantations industrielles cueillis entre le stade B et le stade C pour alors véritablement prolonger la durée de survie commerciale de l'usine au-delà de la courte période de maturité.

5 - PLANTATIONS INDUSTRIELLES : (pour le futur)

Variétés :

Avant d'établir une plantation il sera nécessaire de consulter un spécialiste pour le choix de la variété la mieux adaptée aux conditions écologiques et à la spéculation visée (marché local ou exportation).

Une bonne variété commerciale doit avoir une haute productivité et donner des fruits d'au moins 300 g et à petit noyau (60 à 80 % de pulpe)

Certaines variétés donnent des fruits atteignant 500 à 600 g (Amélie, Kent, Haden, Smith) avec 80 à 90 % de pulpe (MOREUIL C. 1963)

Caractères :

Le manguier est un arbre de moyenne ou forte taille, à système racinaire pivotant.

La fécondation est croisée. Cycle floral de 105 à 130 jours.

Les graines sont généralement polyembryonnées, quelquefois monoembryonnées.

Les sujets francs de pied ont un volume plus grand et une forme élancée que les plants greffés.

Ecologie :

-Pluviométrie minimum : 1.000 mm à 1200 mm

-Quatre à six mois de saison sèche, avec moins de 60 mm par mois, favorisent la production

-La floraison doit avoir lieu en saison sèche, après une pluie de courte durée en principe suffisante pour déclencher la sortie des bourgeons floraux ("pluie des mangues").

La pluie pendant la floraison provoque la chute des fleurs.

-Température moyenne du mois le plus froid : 15°c

-L'insolation à maturité, améliore couleur et parfum des fruits, elle est absolument nécessaire pour la nouaison.

Sols :

-Sols sains, sablo-limoneux, bien drainés.

PH compris entre 5,5 et 7,5

Culture :

Multiplication

.Semis en germe de noyaux décortiqués, levée en 2 ou 3 semaines.

.Repiquage en pépinière à 40 x 80 cm

.Greffage en fente de côté ou à l'anglaise sur porte greffe

d'origine locale : 75 à 90 % de réussite.

Rabattage du portegreffe à 40 cm du point de greffe

A partir de la 3e pousse désougléter complètement

Le greffage sur semis en place est préférable. Le porte-greffe doit être en sève et avoir 1 à 1,5 cm de diamètre à la base.

-Mise en place

Espacement au carré 10 x 10 en moyenne (D = 1000 pieds/ha)

La transplantation est délicate, elle se fera en début de saison de pluies, après réduction du système foliaire avec plants en motte.

Entretien :

Pincement de formation

Dans les premières années on peut envisager une culture intercalaire.

A la dixième année on supprime un arbre sur deux en quinconce :

espacement définitif 15 m ~~en~~ environ (D = 50 pieds/ha)

Fumure :

Dans les cinq premières années fumure azoto-potassique.

Mais la formule de fumure est à étudier suivant les variations de climat et surtout la rentabilité de la production.

Rendements :

Première récolte 4 à 6 ans après greffage

Production de fruits -(plants greffés) : très variable suivant la variété ; allant de 50 kg à 200 kg et plus pour des sujets sélectionnés et bien entretenus.

Rendement : Pulpe = 70 à 80 % pour les variétés sélectionnées
Fruits et 60 à 75 % pour les variétés locales.

CHAPITRE III : Programme de fabrication

La période de mangue se situe au Sénégal d'Avril à Septembre. Cependant, pour une production industrielle de jus, il est plus judicieux de viser le moment où l'offre du produit devient grande ce qui diminue son prix de vente.

L'achat de matière première pourrait aller du 10 Avril au 25 Juillet. Vu ce qui a été dit pour le stockage des mangues, la production devrait se situer du 15 Avril au 30 Juillet

Avec la capacité des équipements de production de jus de fruit que l'on a sur le marché, il serait impossible de trouver du matériel sur mesure pour une usine au Sénégal.

Vu l'absence de champs industriels pour le début, l'usine risque de tourner à faible rendement.

En essayant de concilier la dimension du matériel et le tonnage en matière première probable d'être obtenu on arrive au programme de fabrication suivant :

1 - Capacité "in put" : Fruits à traiter

- a) Mangues greffées : 1.000 t/100 jours
- b) Mangues (non greffées) : 2.000 t/100 jours

L'usine pourra traiter environ 30 t/jours de fruits, en 8 h de travail, dont une réservée à la liquidation et au nettoyage.

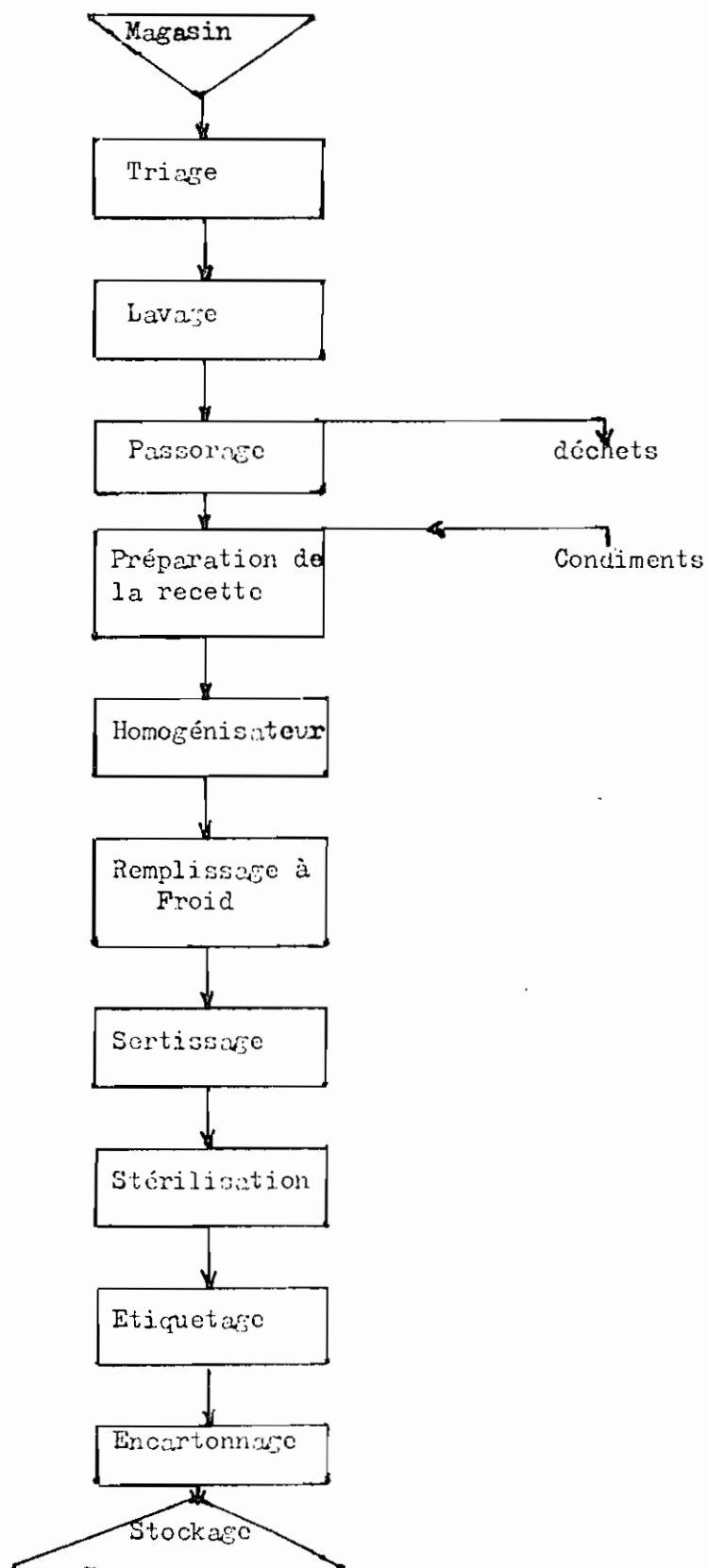
2 - Capacité "out put" : Production

- a) Nectar de mangue : 2.000 t/an - 20 t/jour
- b) Jus de mangue : 2.000 t/an - 20 t/jour

Soit 40 t/jour

CHAPITRE IV - ETUDE DU PROCÉDE

1 - Flow Sheet - (voir schéma de procédé)



2 - Récolte, transport à l'usine

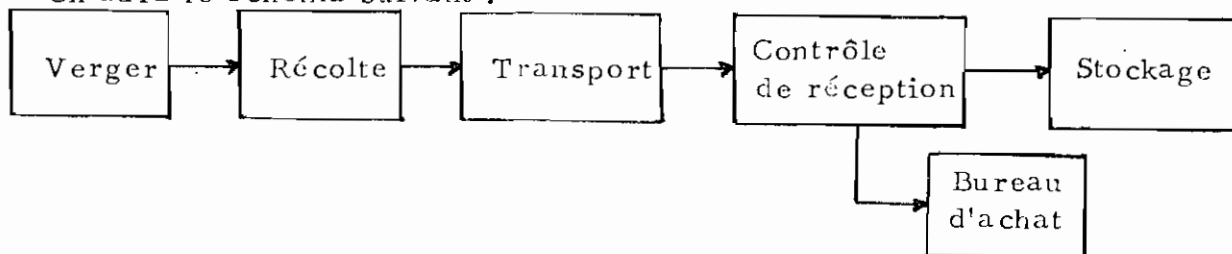
Au Sénégal, les récoltes de mangue ne sont pas automatisées.

La récolte et le transport pourra donc se faire d'une manière individuelle et n'intéressera pas les gérants de l'usine. On pourra cependant conseiller de récolter à la main, au couteau ou avec un sécateur et prescrire le secouage.

On donnera aussi les spécifications de qualité aux fournisseurs de mangue et on essayera de planifier leur arrivée à l'usine.

Un contrôle de réception sera nécessaire à l'arrivée.

On aura le schéma suivant :



Contrôle de réception : Porte sur la variété, la qualité et le tonnage. Il transmet les données au bureau des achats

Bureau des achats : Détermine le prix d'achat suivant le barème établi pour la variété, la qualité et le tonnage reçu

On devra insister surtout sur la coordination qui doit être parfaite entre la récolte, les arrivages et le débit de l'usine.

On évitera surtout, les arrivages massifs que l'usine ne peut pas absorber, ni stocker pendant longtemps.

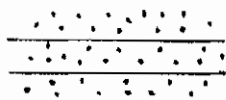
3 - Stockage des fruits à l'usine

Comme déjà indiqué au chapitre II, le stockage du produit brut se fera dans un local bien couvert, à la température ambiante et sans atmosphère contrôlée.

Le rôle du magasin sera : de permettre à l'usine de disposer d'un volant régularisant la production journalière.

Le stockage se fera sur des étagères pour éviter que les mangues en se superposant ne soient meurtries.

éviter ceci 

en faisant cela 

On répartira les mangues greffées d'un côté et les "mangues" de l'autre côté.

Pour l'évacuation vers la ligne de production, on disposera d'un convoyeur dont on pourra faire varier la pente et la position. Une bascule automatique sera posé à la sortie pour donner le tonnage horaire passé en transformation.

La gestion du stock se fera par le système FIFO

"First In First Out"

Cela veut simplement dire que les lots qui sont rentrés en premier relativement aux autres dans le magasin sortiront toujours les premiers.

Le but visé est d'avoir en stock les lots les plus frais qu'on aura reçus.

4 - Opérations préliminaires

Lavage - Triage

Le lavage élimine les brindilles, les pierres ; les mangues sont rincés par arrosage.

Il se fait sur tamis métallique avec une pente qui permet au fruit de descendre par gravité.

Sur un 2e tamis s'effectue une opération onéreuse, le triage manuel, qui a pour but d'éliminer les qualités insuffisantes et les mangues abimés.

Il est exceptionnel de pouvoir remplacer ce triage manuel, fastidieux et exigeant un personnel nombreux, par un triage entièrement automatique.

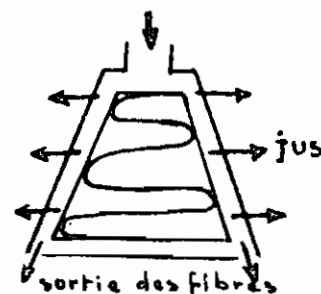
5- Extraction du jus

Par centrifugation : Ces entracteurs sont des tamis finement perforés, de forme conique, animés d'une vitesse de rotation suffisante pour obliger la pulpe qui arrive par le centre, à se séparer de son jus à mesure qu'elle parcourt la surface du tamis, forcée par la force centrifuge.

C'est donc bien un système d'extraction en continu par la pression.

Ils sont construits en acier inoxydable dans leur intégralité.

L'avantage du procédé est incontestable : la rotation est telle que la pression exercée par les particules de pulpe sur la paroi perforée est importante, donc le rendement de l'extraction est bon et si les perforations sont fines (ce qui est réalisable avec des tôles peu épaisses) le jus qui sort est assez clair, surtout le jus est extrait en une fraction de seconde, le temps que la pulpe parcourt la génératrice du cône. Le jus obtenu se rapproche en général du jus idéal, tel que l'imagine le consommateur. Il a gardé la couleur et l'arôme de la mangue.



Les autres appareils d'extraction, y compris la presse à vis, ne fournissent leur jus que quelques minutes au moins après l'entrée de la pulpe ; quant aux presses hydrauliques c'est par dizaines de minutes qu'il faut compter.

Cependant ce procédé bien que très avantageux demande pour les mangues un pelage et un dénoyautage préalable.

Par passorage

L'avantage sans précédent que constitue la passoireuse pour les mangues s'est qu'elle effectue elle-même le pelage et le dénoyautage.

Les mangues sont admises à la porte d'alimentation, elles sont poussées par la force centrifuge que développe l'arbre contre les parois.

Les couteaux tranchants montés sur l'arbre frappent sur elles sans casser leur noyaux et déchirent leurs pelures ce qui fait égoutter le jus.

Les couteaux sont démontables et existent en plusieurs jeux selon la grosseur des mangues.

La vitesse de rotation de l'arbre est telle que la pression exercée par les mangues sur la paroi perforée est importante. Les couteaux continuant à frapper à grande vitesse, le jus coule jusqu'à la sortie des noyaux.

Ce procédé bien que évitant le personnel nombreux que constituerait un pelage et un dénoyautage manuel à l'inconvénient d'avoir un rendement modeste.

Il reste cependant très avantageux par rapport aux autres machines. Nous l'adoptons pour notre ligne de production.

(Voir photo d'un type d'extracteur : Courtesy of FMC corp., HALL, F.R. 1971 Encyclopédia of food engineering, P 296).

6 - Préparation de la recette

Du "filtrat" recueilli après passorage, on prélève un échantillon qui doit être homogénéisé et tiré au réfractomètre "d'abbé" qui fournit le pourcentage en matière sèche de la substance.

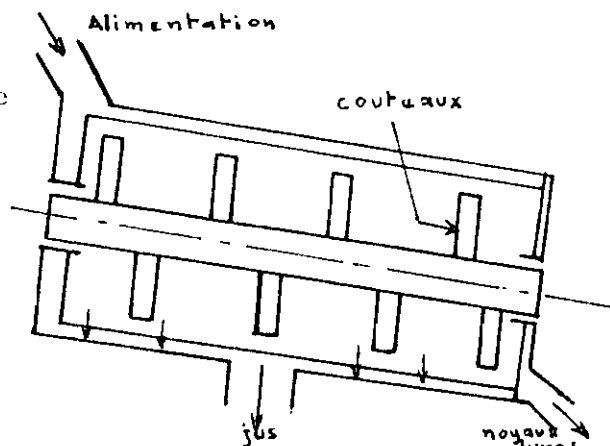
Dans le cas du jus de mangue :

x % de matière sèche de filtrat doit être dilué à 3 % de matière sèche avec de l'eau.

On ajoute ensuite 11 % de sucre et environ 0,3 % d'acide citrique. Le but est d'obtenir un jus limpide, clair et fluide qui titre 14 % de matière sèche.

Dans le cas du nectar

x % de matière sèche de filtrat doit être dilué ou concentré à 6 % de matière sèche avec de l'eau. On ajoute ensuite 8 % de sucre et environ 0,3 % d'acide citrique. Le but est d'obtenir un composé plus dense que dans le cas du jus de mangue et contenant de la pulpe de fruit qui titre aussi 14 % de matière sèche.



Dans les deux cas, la recette ainsi obtenue est conditionnée dans un mélangeur avant d'être envoyé à l'homogénéisation et à la pasteurisation

7 - Homogénéisation

C'est un procédé d'affinage pour les jus pulpeux.

La pulpe est rendue plus fine, ce qui la maintient en suspension plus longtemps et améliore l'onctuosité.

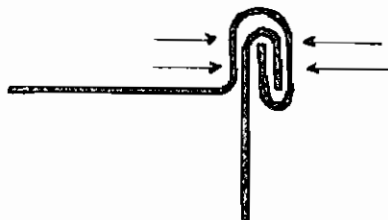
Cela évite une décantation trop rapide en boîte.

8 - Remplissage - Sertissage

Une soutireuse remplit les boîtes de jus de fruit, en laissant un espace libre suffisant pour la dilatation à prévoir (5 à 7 %)

Les boîtes seront en tôles blanches vernies dedans, ils existent pour les jus de fruit en plusieurs styles, formes et dimensions. Les boîtes seront conçues de manière à conserver le jus adéquatement. Leurs ouvertures devraient aussi pouvoir se faire facilement. Cependant, après sertissage, les boîtes doivent être capable de supporter des températures voisines de 100 °c nécessaire pour la pasteurisation et le refroidissement brusque.

Les boîtes sont munies d'un couvercle avec des cercles concentriques par emboutissage pour permettre une certaine déformation.



Sertissage des boîtes

(Voir photo d'un emboitage sertissage de chez Bertuzzi, DUPAIGNE, 1972 Les boissons de fruits, P. 116).

9 - Stérilisation

La stérilisation très employée pour la conservation des aliments liquides (lait, jus de fruits, vin etc...) entraîne une inactivation thermique de la flore microbienne (à l'exception des germes thermophiles et sporogènes) et, en même temps, l'inactivation des enzymes.

Le système le plus utilisé dans les usines modernes consiste à stériliser la pulpe en continu dans un échangeur de chaleur, puis à remplir à chaud et à obturer afin que le récipient soit lui-même stérilisé sur contact du jus chaud ou encore à stériliser et refroidir dans un échangeur, puis à remplir aseptiquement les récipients et finalement les obturer.

Cependant, le système le plus simple consiste à remplir à froid les récipients de détail, à les obturer hermétiquement puis à les stériliser ensuite. C'est celui que nous avons retenu ici.

Après fermeture étanche, l'ensemble des flacons est porté progressivement à la température de stérilisation : 120° C.

En général, le chauffage se fait par conduction, dans de l'eau chauffée lui-même à la vapeur ou sous des pluies d'eau de plus en plus chaude ; il faut compter 20 mn pour le chauffage et autant pour le refroidissement.

Si se sont de petites boîtes métalliques, elles peuvent être plongées dans l'eau bouillante, puis dans l'eau froide.

L'avantage du remplissage à froid est sa grande simplicité et son efficacité quant à la stérilisation.

Son inconvénient est évidemment la grande durée du maintien à température excessive et le gaspillage des calories

Le refroidissement par immersion ou par pluie pose aussi des problèmes de contraction du jus dans l'emballage. (il est plus à craindre dans le remplissage à chaud.)

C'est donc le remplissage à froid que nous adoptons ici .

10 - Etiquetage - Mise en carton

L'étiquetage ne pose pas de problème particulier, il se fera avec la publicité voulue.

L'emballage quand à elle mérite une étude car il doit être choisi en fonction du poids du produit, des effets de l'oxygène sur le produit et de l'hygroscopacité du produit.

11 - Stockage du PF

Les caisses sont dirigées en règle générale non pas vers l'expédition mais vers un magasin de stockage ou il est préférable de les faire séjourner plusieurs jours afin de découvrir les emballages abimés par un défaut de fabrication (pour exemple un sertissage incorrect) :

s'il s'entrouve, il suffit d'écarter et de récupérer les cartons incriminés. Pour ce moyen, d'une part on évite les litiges et les contestations avec les transporteurs, d'autre part on peut plus vite porter remède lorsqu'il est encore temps, au défaut qui a été précisé par le laboratoire.

CHAPITRE V ETUDE DU PROCESSUS DE PRODUCTION

Les processus de traitement convertissent les matières premières en produits consommables. Dans notre système de production, le souci majeur sera d'obtenir un maximum de produit par matière première traitée, et cela, à un prix de revient minimum.

Le traitement forme aussi des produits secondaires, de sorte que le contrôle du processus vise à favoriser la formation du produit principal qui est le jus et à défavoriser celle du produit secondaire.

Le processus de traitement consiste surtout à produire des conditions correspondant à l'optimum "momentané" en dépit des perturbations du milieu environnant, des irrégularités de pureté des matières premières, des fluctuations du débit de passage ou de la retenue.

1- Capacité du magasin P.D.

On prévoit au maximum un entreposage de 2 semaines de travail.

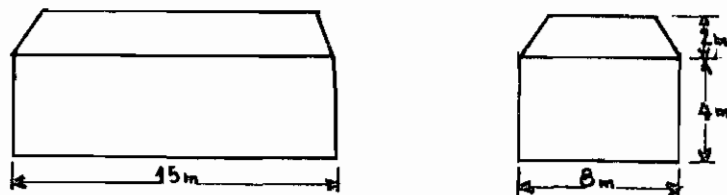
Si on travaille 5 jours par semaine, on a :

$$30t \times 5 \times 2 = 300t.$$

Par estimation, on évalue à 2 dm^3 pour 5 kg de mangue mis en magasin. On a donc :

$$\frac{300.000 \times 2 \times 10^{-3}}{5} = 480 \text{ m}^3$$

D'où on a la forme suivante pour le magasin :



Les étagères seront à 0,5m l'une de l'autre.

2- Convoyeur /

La vitesse du tapis est fixée en fonction des dimensions du convoyeur acheté. Dans tous les cas, il devra assurer 30t/jour en 7h, soit 4,3t/h.

Nous adoptons ici un convoyeur de 10m de longueur comme distance entre centre des deux poulies et 1m de longueur, avec des loges (plis) pour retenir les mangues.

à)- Longueur de la bande

$$L = \frac{D + d}{2} \times 3,14 + 2c$$

D = diamètre de la poulie menante

d = diamètre de la poulie menée

c = distance entre centres des deux poulies

Vu c= 10m, on fixe D= 0,25m d = 0,15m

$$L = \frac{0,25+0,15}{2} \times 3,14 + 2 \times 10 = 20,628$$

L étant plus ajustable en valeur que les diamètres des deux poulies, nous adoptons L= 21m ce qui n'influence que la valeur de c. Celle-ci éant trouvée par estimation à partir du débit horaire, l'erreur commise est négligeable vu son ordre de grandeur.

b)- Maximum de produit transportable par le convoyeur en une seule fois./

Nous estimons que sur 1 m², on devra mettre 10 Kg de mangues. La contrainte est donc 10 Kg/m².

On a ici :

$$P = K \times l \times L$$

K= contrainte de 10 Kg/m²

l= largeur de la bande, fixée à 1m

$$P = 10 \times 1 \times 10 = 100 \text{ Kg.}$$

$$P = 100 \text{ Kg}$$

c)- Nombre de tours par minute que doit faire le convoyeur pour assurer un débit de 4,3t/h.

Pour un tour de tapis, on a 200 Kg

Pour 4,3t :

$$\frac{4300 \times 1}{200} = 21,5 \text{ tours}$$

soit 21,5 tours/heure.

D'où en moyen e 0,35 tours/minute pendant une production journalière en continu de 7h de travail.

d)- Vitesse de la bande

$$V = \frac{D \times 2\pi N}{60}$$

$$N = 0,35 \text{ t/mn}$$

$$V = \frac{0,25 \times 2 \times 0,35}{60} = 0,0092 \text{ m/s}$$

Ce qui donne une vitesse pratique de 0,60m/mn.

La vitesse de l'ensemble moteur-réducteur qui devra entraîner le convoyeur à bande sera réglée de manière à arriver à la vitesse de 1m/s pour la bande.

e)- Puissance du convoyeur

$$P = F \times V$$

$$P = 100 \times 1 = 100 \text{ W}$$

En tenant compte de la friction et du poids propre du convoyeur, nous estimons $P = 170 \text{ W}$

$$P = 0,17 \text{ KW}$$

Résultats pratiques :

$$L = 10 \text{ m} ; l = 1 \text{ m} ; F = 100 \text{ Kg} ; P = 0,17 \text{ KW}$$

$$V = 0,60 \text{ m/mn} \quad 0,25 \text{ ch.}$$

3- Table de triage - table de lavage.

On doit être capable de faire passer 30t par jour, soit un rythme de 4,30t de mangues par heure.

Si nous prévoyons de n'avoir qu'une retenue pour 15 mn de production au maximum, soit 1,075t.

On devrait avoir deux balles de 1.3³ chacune.

4- Passoreuse.

Elle doit traiter 30t de mangues par jour, soit un rythme de 4,30t/h.

Faisons une analyse pour déterminer les spécifications de la machine requise.

Pour une matière première de "mango", si on a 20t d'entrée par jour avec un p.m.s d'environ 8%; on a la composition moyenne suivante :

	" Jus "	" Noctar "
Purée de mangues	100,0	100 Kg
Sucre	34	12,4
Eau	166	33,33
Acide citrique	0,9	0,5
	<u>300,9 Kg</u>	<u>146,23Kg</u>

- Pour une production unitaire de " jus de mango "

Pour les 30t/jour, capacité "out put" on a besoin environ de :

$$\frac{20 \times 100}{300} = 6,67t \text{ de purée.}$$

Le rendement en jus est très faible de 37 à 47% pour les "mango". Prenons 42% qui est la moyenne : pour les 20t/jour capacité "in put", si la passoreuse avait un rendement de 100%, on aurait :

$$\frac{20t \times 42}{100} = 8,4t \text{ de purée.}$$

L'objectif visé étant 6,67t; le rendement minimum permis à la passoreuse est de :

$$\frac{6,67 \times 100}{8,4} = 79,40\%$$

(Précisons que ce rendement est la quantité de jus extraite par rapport à la quantité de jus disponible).

- Pour une production unique de "nectar de mango "

Pour les 20t/jour, capacité "out put", on a besoin :
environ de : $\frac{20 \times 100}{146} = 13,70t$ de purée

Il faut ici augmenter la capacité en "in put" pour satisfaire cette demande, soit 40t/jour d'où une augmentation de 20t/jour par rapport aux prévisions déjà faites compte tenu de la matière première disponible.

Pour une matière première de mangues greffées ; si on a 20t d'entrée par jour avec un p.m.s d'environ 30% au minimum.

On a donc la composition moyenne suivante :

	" Purée "	" Nectar "
Purée demangues	100 Kg	100 kg
Sucre	426	46
Eau	900	400
Acide citrique	3,42	1, 89
	<hr/>	<hr/>
	1429,42 Kg	547,89 Kg

- Pour une production unique de "Jus" de mangues greffées, pour les 20t/jour, capacité "out put", on a besoin environ :

$$\frac{20 \times 100}{753,95} = 1,40t \text{ de purée/}$$

Le rendement en jus est environ de 50% pour les mangues greffées.

Pour les 10t/jour, capacité "in put", si la passoireuse avait un rendement de 100%, on aurait :

$$\frac{10t \times 50}{100} = 5t \text{ de purée/ jour}$$

L'objectif visé étant 1,40t ; le rendement minimum permis à la passoireuse est de :

$$\frac{1,40t \times 100}{5} = 27,98 \%$$

- Pour une production unique de "Nectar" de mangues greffées. Pour les 20t/jour, capacité "out put", on a besoin

environ de :

$$\frac{20t \times 100}{547,90} = 3,65t \text{ depurée.}$$

Le rendement minimum permis à la passoireuse est de :

$$\frac{3,65 \times 100}{5} = 73\%$$

ANALYSE /: Pour le goût qu'elles donnent, les mangues greffées sont plus appropriées que les "mango" pour faire aussi bien du "Nectar" que du "Jus" de mangues.

Cependant, il est encore meilleur de faire en priorité du nectar avec, car le jus de mangues greffées demande une grande dilution et cela pourrait être nuisible au goût.

Si nous faisons le "nectar" avec les mangues greffées le rendement demandé à la passoireuse est de 73%

Le jus de "mango" pourra être utilisé strictement alors pour faire le "Jus". On demande à la passoireuse un rendement de 79,40%

Les passoireuses qu'on trouve sur le marché permettent d'atteindre les rendements demandés.

Résultats pratiques :

- Mangues greffées pour le "nectar"

- "Mango" pour le "jus"

Rendement de la passoireuse: 80% pour "mango"

75. pour mangues greffées

Puissance : 30 à 40 Hp

Capacité : 4,30t/h en "in put"

Vitesse : 600t/min.

5- Réservoir de passage:

La production en purée est de : 10,32t/jour soit 1,47t/heure ce qui donne un débit de : 1,47 m³/h.

Le réservoir de passage ^{devoir} être clos, il aura des dimensions qui lui permettront de pouvoir stocker une production d'une demi-heure au maximum soit 0,74t.

On veillera à ce que la pulpe ne séjourne pas dans le réservoir de passage. Si la suite de la chaîne se trouve en état d'arrêt, il vaut mieux arrêter immédiatement la passereuse.

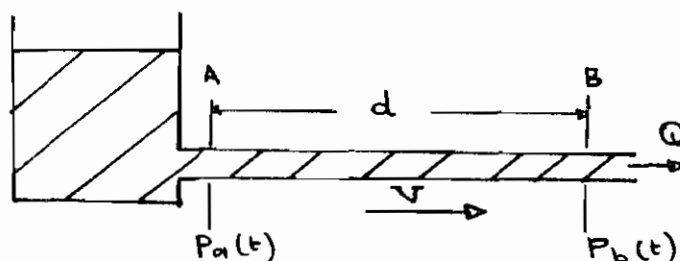
Résultats pratiques : Capacité: $1m^3$, pas de stockage.

6- Ecoulement des matières:

La pulpe se déplace entre différents points de la ligne de production. Les matières forment alors un écoulement. Cet écoulement peut être continu, discontinu, fluctuant périodiquement autour d'un débit moyen, ou même parfaitement aléatoire dans ses variations.

Pendant que les matières parcourent la distance séparant les opérations, du temps d'écoulement. Les distances, et par conséquent les temps de transport sont déterminés par la disposition de l'installation.

A partir du schéma de transport qui suit, on voit que si les propriétés varient dans le temps au poste A, les propriétés instantanées de l'écoulement au poste B seront différentes de celles au poste A du fait de l'espacement des deux postes.



Supposons que la matière qui se déplace ait une propriété $P_a(t)$ quand elle passe le poste A au temps T , le transport s'effectue jusqu'au second point B à un débit Q , avec une vitesse moyenne v et sur une distance d .

Au point B, la matière aura la propriété $P_b(t)$. La propriété $P_b(t)$ est en retard sur $P_a(t)$ du laps de temps $\Delta t = \frac{d}{v}$ nécessaire au développement (déplacement de A à B). Ainsi, on peut écrire $P_b(t)$ en fonction de $P_a(t)$ et du retard de parcours :

$$P_b(t) = P_a\left(t - \frac{d}{v}\right)$$

Pour que le jus se rapproche du jus idéal tel que l'imagine le consommateur, c'est-à-dire avec la couleur et l'arôme de la mangue, il faut que P_b et P_a soient identiques autant que possible.

Mathématiquement, lorsque $\Delta t = \frac{d}{v}$ tend vers zéro ou est nul, P_b et P_a sont identiques.

Résultats pratiques :

- Minimiser les distances : maximum entre deux opérations 4m si possible
- Maximiser les vitesses d'écoulement : (voir calcul pompes de circulation).

7- Pompage

Dans les projets d'industrie de jus de fruit, on choisit en général des pompes à centrifuges, si le produit ne présente pas une grande viscosité.

Faisons une comparaison entre les pompes centrifuges à écoulement radial et les autres types.

Avantages

- Coût initial bas
- entretien et réparation faciles
- peuvent fonctionner sous une grande variété de conditions (hauteur de charge, température, vitesse, nature du liquide, etc...).
- écoulement continu
- absence de soupapes
- le débit peut être varié sans créer de pressions excessives

- flexibilité. Il est possible de changer les caractéristiques en variant la vitesse et le diamètre du rotor.

INCONVENIENTS/

- Amorçage requis à moins de dispositions spéciales.
- Sont facilement endommagées par la cavitation
- Rendement total plus faible que les pompes à déplacement positif.

Les pompes centrifuges à écoulement radial peuvent être adaptées à presque toutes les situations. Il est possible de les construire en matériaux résistants et inoxydables. Nous les adoptons

8- 1° pompe de circulation

Doit assurer un débit de 2,57 l/h (prévision maximum) soit $1,71 \text{ m}^3/\text{h}$ ou encore $4,76 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

- Calcul de la puissance (P) de la pompe

$$P = Q \gamma h$$

où γ = poids spécifique du produit en Kg/m^3 ; il est estimé au maximum à $1500 \text{ Kg}/\text{m}^3$

La hauteur de charge H

$$H = \underbrace{\frac{(P_2 - P_1)}{\gamma}}_{(1)} + \underbrace{\frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g}}_{(2)} + \underbrace{(z_2 - z_1)}_{(3)} + \underbrace{h_f}_{(4)}$$

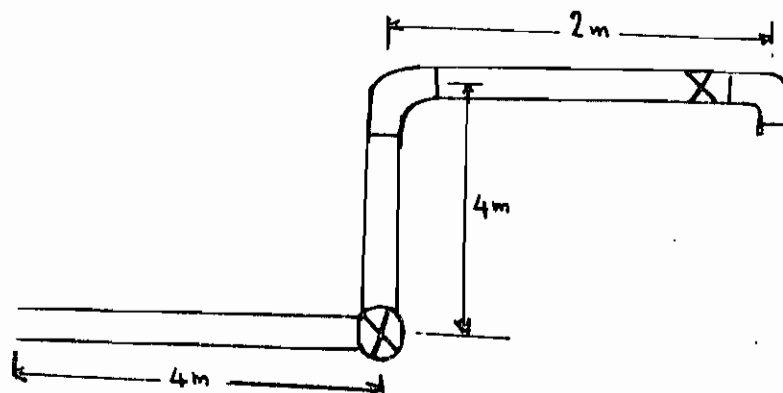
En pratique

(1) et (2) sont négligeables

(3) et (4) sont importants

(3) donne $z_2 - z_1 = 4\text{m}$

(4) donne $h_f =$ perte dans le circuit



Le diamètre des tuyaux étant fixé à 20 mm, la vitesse d'écoulement est de 1,515 m/s

On a dans le circuit :

2 "standards elbow" pour les 2 coudes $K = 0,9$

1 "globe valve" $K = 10,0$

Pour l'acier inoxydable à utiliser $\epsilon = 0,0005$

De Streeter 1975 P 306

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0005}{0,02} = 0,025$$

$\frac{\epsilon}{D}$ = rugosité relative

Nombre de Reynolds $R = \frac{V D}{\nu}$

$$\nu = 1 \times 10^{-6} = \text{viscosité cinématique de l'eau à } 20^{\circ}\text{C}$$

$$R = \frac{V D}{\nu} = \frac{1,515 \times 0,02}{1 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^4 \quad \text{zone de transition}$$

d'où le facteur de friction $f = 0,055$

Diagramme de Moody (Streeter, 1975) P 297

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0,055 \times \frac{10}{0,020} \times \frac{(1,515)^2}{2 \times 9,81} + \frac{2 \times 0,9 (1,515)^2}{2 \times 9,81} + \frac{10 (1,515)^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 4,58 \text{ m}$$

$$H = 4 + 4,58 = 8,58 \text{ m}$$

Pour faire un calcul correct de la puissance requise, il faut tenir compte de la viscosité.

Pour cela, on s'est servi des tables et graphes de "Standards of the hydraulic institute".

La viscosité cinématique du jus est évaluée à 400 ssu (Second Saybolt Universalles)

On a : Débit = 7,45 GPM (U.S)

Hauteur de charge = 8,58 m

Viscosité cinématique 400 ssu

Les graphes donnent :

Facteur de correction pour le rendement $C_e = 0,48$

Facteur de correction pour le débit $C_q = 0,88$

Facteur de correction pour la hauteur de charge $C_h = 0,84$

Le rendement $e = a_h \times a_v \times a_m$

On a en général pour les pompes centrifuges :

Rendement volumétrique $a_v = 98\%$

Rendement hydraulique $a_h = 80\%$

Rendement mécanique $a_m = 95\%$

$$e = 0,7448$$

Le rendement à prévoir sera donc: $0,7448 \times 0,48 = 0,3575$

Le débit à prévoir sera: $\frac{4,75 \times 10^{-4}}{0,88} = 5,41 \times 10^{-4}$

La hauteur de charge sera : $\frac{8,58}{0,84} = 10,21$

$$P = \frac{Q \gamma h}{76 \times e} \quad (\text{H.P.})$$

$$P = \frac{5,41 \times 10^{-4} \times 1500 \times 10,21}{76 \times 0,3575} = 0,30 \text{ H.P.}$$

Résultats pratiques

Pompe : $Q = 5,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ $N = 11$

$$e = 0,75$$

Moteur: Puissance 0,33 H.P.

9- MELANGEUR ET ANALYSES.a) Le mélangeur:

On adopte un mélangeur avec agitateur, cuve fermée avec débit de passage.

La concentration des condiments de la recette est réglée par rapport au jus qui est la matière première.

Pour ce faire, le jus est analysé au "réfractomètre à abbé" qui donne le pourcentage en matière sèche (P.M.S) soit $\frac{X}{100}$.

On peut alors déterminer la quantité de condiments nécessaire pour faire une boisson de recette.

Pour le "jus de mangue"

Le p.m.s final est environ de 14%

La condition exacte est la suivante :

Dilution avec de l'eau à 3% de P.M.S

Sucre 11%

Acide citrique 0,3%

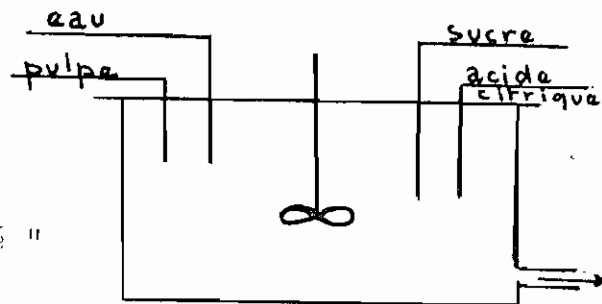
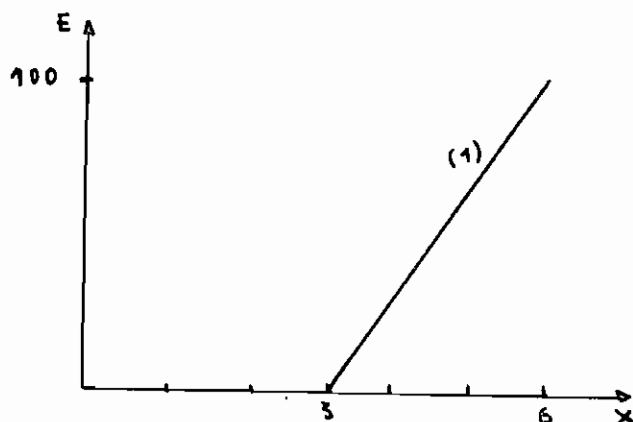
D'où on a :

- pour l'eau (E)

$$\frac{X}{100 + E} = \frac{3}{100}$$

$$100x = 300 + 3E$$

$$E = 100 \left(\frac{X}{3} - 1 \right) \quad (1)$$



L'équation (1) n'a de sens pratique que si $X \geq 3$

Les pulpes de cannes à condition de ayant toujours un p.m.s supérieur à 36, le problème ne se pose pas.

- Pour le sucre (S)

$$\frac{X + S}{100 + E + S} \cong \frac{14}{100}$$

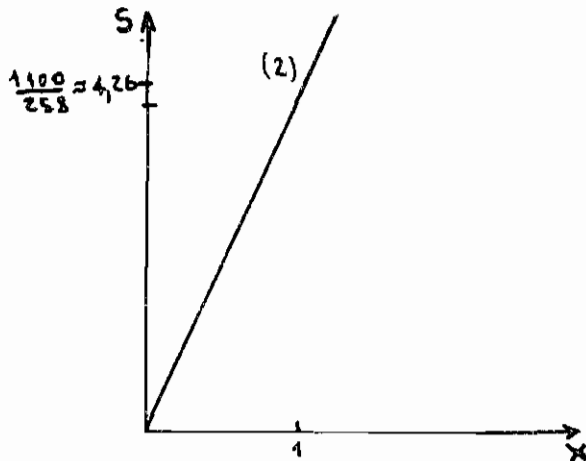
Remplaçons E par sa valeur, on a :

$$\frac{X + S}{100 + 100 \left(\frac{X}{3} - 1 \right) + S} = \frac{14}{100}$$

$$100x + 100s = 1400 \frac{x}{3} + 14s$$

$$S = \frac{1}{86} \left(\frac{1400}{3} - 100 \right) X$$

$$S = \frac{1100}{258} X \quad (2)$$



- Pour l'acide citrique (A)

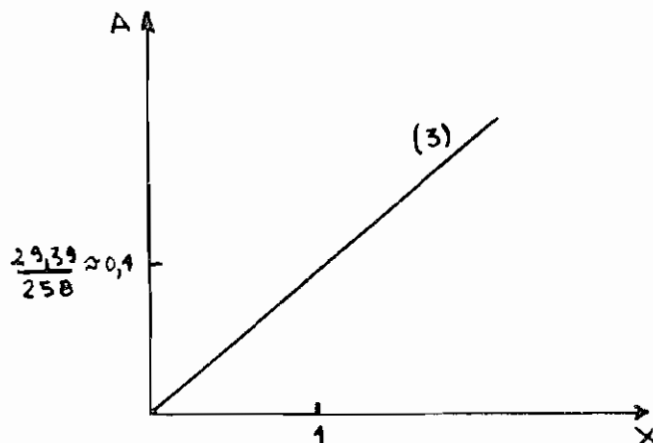
$$\frac{X + S + A}{100 + E + S + A} = \frac{14,3}{100}$$

Remplaçons E et S par leur valeur, on a :

$$X + \frac{1100}{258} x + A = \frac{14,3}{100}$$

$$100 + 100 \left(\frac{x}{3} - 1 \right) + \frac{1100}{258} x + A = \frac{14,3}{100}$$

$$A = \frac{29,39}{258} x \quad (3)$$



- Pour le "nectar de mangue "

Le p.m.s final est aussi de 14,3 environ

Le conditionnement est le suivant :

Sucre 8%

Acide citrique 0,3%

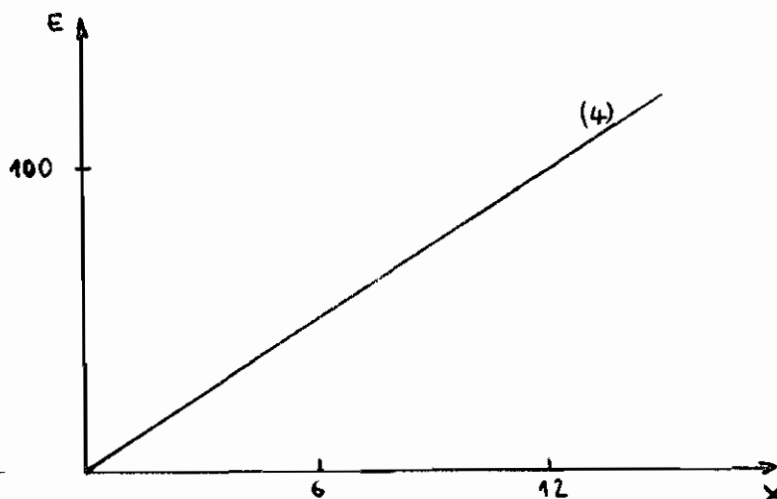
D'où on a :

- Pour l'eau (E)

$$\frac{x}{100+E} = \frac{6}{100}$$

$$100x = 600 + 6E$$

$$E = 100 \left(\frac{x}{6} - 1 \right)$$



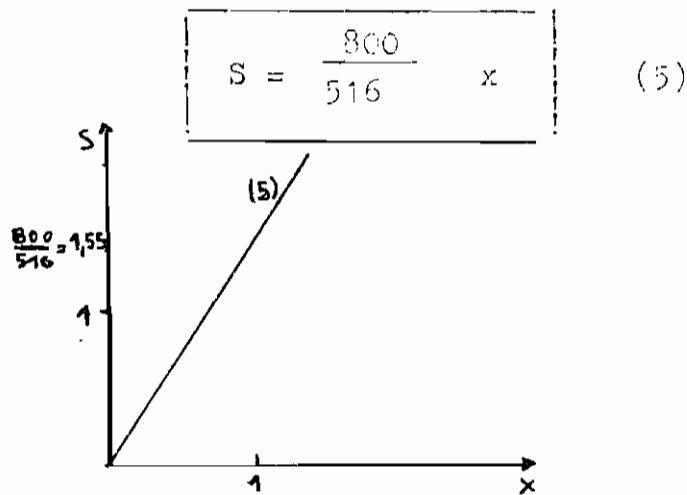
l'équation (4) n'a de sens physique que si $X \gg 6$.
 Il faut donc que les pulpes utilisées pour faire du nectar aient au moins 6% de p.m.s au "réfractomètre d'abbé".

- pour le sucre (S)

$$\frac{X + S}{100 + E + S} = \frac{14}{100}$$

Remplaçons E par sa valeur, on a :

$$\frac{X + S}{100 + 100\left(\frac{x}{6} - 1\right) + S} = \frac{14}{100}$$



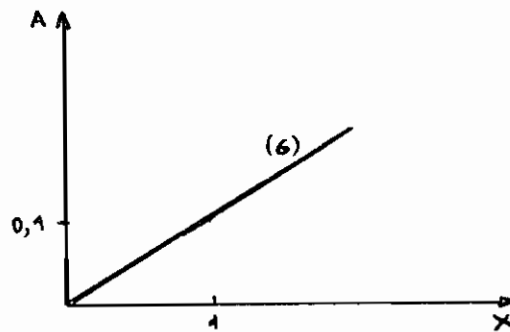
- Pour l'acide citrique (A)

$$\frac{X + S + A}{100 + E + S + A} = \frac{14,3}{100}$$

Remplaçons E et S par leur valeur, on a :

$$\frac{X + \frac{800}{516} X + A}{100 + 100\left(\frac{x}{6} - 1\right) + \frac{800}{516} X + A} = \frac{14,3}{100}$$

$$A = \frac{2800}{542,2} x \quad (6)$$



A partir des quantités obtenues en E, S, A pour une pulpe de $\frac{X}{100}$ p.m.s.

Il faut connaître le débit réel à afficher

$$\text{Débit en (E,S, ou A)} = \frac{\text{Débit en pulpe X (E,S ou A)}}{100} = \text{Poids/Unité de temps}$$

Procédure à suivre pour l'ouvrier préparant la recette :

- 1- Envoyer chaque heure un échantillon au labo. pour connaître son p.m.s
- 2- Le p.m.s déterminé, on connaît X
- 3- A partir des courbes (E (X); S (X) ; A (X)) on détermine E,S,A
- 4- On calcule par une simple règle de trois, le débit réel en E, S, et A exprimé en poids/Unité de temps.
(Les unités dépendront des débitmètres dont on disposera, il serait bon de pouvoir les exprimer en Kg/h).

Dimensionnement du mélangeur.

Dans le mélangeur, il doit passer 40 t en 7 heures de travail soit 5,72t/H, d'où 2,84 m³ par 30 mn.

Si nous concevons le mélangeur pour qu'il puisse au moins recevoir une production de 30 mn, la 2^e pompe de circulation étant en arrêt, on a :

$$\text{Le volume } V = \frac{2,84}{1,5} = 1,89 \text{ m}^3$$

La densité du produit étant estimée à 1,5 au ni-

veau du mélangeur.

Résultat pratique: nous adoptons un mélangeur
de $1,5 \text{ m}^3$

Annexes du mélangeur

- L'EAU : On pourra utiliser directement l'eau de ville de Phits. Le débit sera contrôlé par une vanne à l'entrée du mélangeur. On n'aura donc pas besoin de réservoir de stockage.

Résultats pratiques : le débit prévu est de : $25,67 \text{ m}^3/\text{jour}$
soit $26 \text{ m}^3/\text{jour}$.

La consommation totale est estimée à
 $2567 \text{ m}^3/\text{an}$

- LE SUCRE : le sucre cristallisé sera utilisé dans un réservoir.

Le débit prévu est de $343 \text{ kg}/\text{h}$.

Si nous remplissons le réservoir pour la journée, il faut pouvoir stocker 2400 kg
La densité du sucre à la température ambiante est environ de $1,589$

Le volume à prévoir $V = \frac{P}{D} = \frac{2,400}{1,589} = 1,51 \text{ m}^3$

Résultats pratiques :

On adopte un réservoir de $1,60 \text{ m}^3$

Un tonnage annuel de $240 \text{ T}/\text{AN}$

- l'acide citrique : sera aussi stocké dans un réservoir avec une quantité journalière.

Le débit prévu est de $83 \text{ kg}/\text{h}$ soit $160 \text{ kg}/\text{jour}$

Résultats pratiques :

On adopte un réservoir de 100 dm^3

Un tonnage annuel de $16 \text{ T}/\text{An}$.

1° - 2° pompe de circulation

Même type que la 1° pompe de circulation : pompe centrifuge.

Même mode de calcul.

$$\text{Débit } Q = 15,89 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Vitesse d'écoulement } V = 5,06 \text{ m/s}$$

$$\frac{E}{D} = 0,025$$

$$R = \frac{VD}{\nu} = \frac{5,06 \times 0,02}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^5$$

Régime turbulent

$$f = 0,055$$

$$h_f = 0,055 \times \frac{10}{0,020} \frac{(5,06)^2}{2 \times 9,81} + \frac{2 \times 0,9 (5,06)^2}{2 \times 9,81} + \frac{10 (5,06)^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 51,28 \text{ m}$$

$$H = 4 + 51,28 = 55,28 \text{ m}$$

Nous devons encore ici tenir compte de la viscosité cinématique.

Pulpe	400 SSU	30%
Eau	40 SSU	70%

Les graphes de "Standards of the hydraulic institute" donnent mélange Eau + pulpe : 55 SSU

A cause du sucre, nous prenons 60 SSU : on a

$$\text{Débit} = 25 \text{ G.P.F. (U.S)}$$

$$\text{Hauteur de charge} = 55,28$$

$$\text{Viscosité cinématique} = 60 \text{ SSU}$$

Les graphes donnent:

$$C_{FE} = 0,84 \quad CQ = 1 \quad C_H = 0,95$$

$$\text{Débit à prévoir } Q = 15,89 \times 10^{-4}$$

$$\text{La hauteur de charge à prévoir } H = \frac{55,28}{0,95} = 58,19 \text{ m}$$

$$\text{Le rendement à prévoir } e = 0,74 \times 0,84 = 0,63$$

$$\text{La puissance } P = \frac{15,89 \times 10^{-4} \times 1000 \times 56,19}{76 \times 0,63} = 2,89 \text{ H.P.}$$

Résultats pratiques

Pompe : $Q = 16 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ $H = 60\text{m}$ $e = 0,75$
 Moteur : 3 H.P.

11- Homogénéisateur

Le débit requis est de 53 72t/h

La pression dans les homogénéisateurs actuelles atteint des pressions très grandes pour les jus pulpeux.

On a environ une puissance de 2hp (u.s)

La pression de sortie étant très grandes, on n'a pas besoin de pompe entre l'homogénéisateur et la remplisseuse si les recommandations de distances sont respectées.

12- Remplisseuse - sertisseuse

Il s'agit d'une opération discontinue et le débit ne peut être accéléré qu'en multipliant le nombre de postes de remplissage car l'opération n'est pas instantanée.

Il passe environ 3,80 m³/h de produit dans la remplisseuse au maximum

Puisqu'on choisit les boîtes $\frac{1}{2}$ l = 425 cm³

On a : $\frac{3.800.000}{425} = 8.941$ boîtes /heure

soit 6.258.823 boîtes/an

Une remplisseuse de 28 becs peut travailler à un rythme de 165 boîtes/mn des boîtes de 473 cm³ (1 pinte).

Le sertissage se fait aussitôt.

Pour le rythme et la quantité que nous avons, la remplisseuse de 28 becs suffirait.

13- Pasteurisateur

120°c 20 mn pour le chauffage

5°c à 20 mn pour le refroidissement.

On a en 20 mn : $\frac{8941}{20} = 2980$ boîtes par mn

$$2980 \times 425 \text{ cm}^3 = 1.266.500 \text{ cm}^3$$

$$1.266 \text{ m}^3$$

Puisque nous avons de petites boîtes métalliques, elles sont plongées directement dans de l'eau chaude, puis dans de l'eau froide. Il faudra disposer de :

2 basses : 1 pour le chauffage
1 pour le refroidissement

chacun pouvant recevoir 29°0 boîtes au minimum?

soit $1,266 \text{ m}^3$

Durée totale de la pasteurisation : 40 mn

14- Etiqueteuse

Rythme : 8941 étiquettes pour $\frac{1}{2}$ H/ heure

soit 6.258.823 étiquettes/an.

Doit pouvoir suivre l'allure de la remplisseuse.

15- Cartonnage.

Un carton contient 36 boîtes de $\frac{1}{2}$ H

On remplira $8941 / 36 = 248$ cartons par heure

Nombre de cartons: $6.258.823$ de $\frac{1}{2}$ H : $36 = 172.856$ par an.

16- Stockage F.F

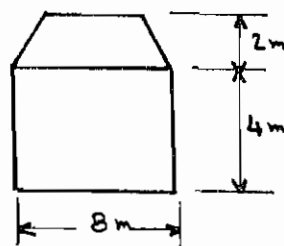
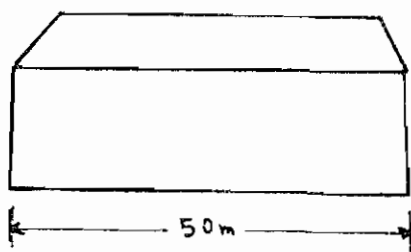
Un faudra prévoir un long stockage, car le produit fini ne se vendra convenablement qu'une fois la période de man-gues finie.

En se basant sur le fait que certains grossistes peuvent prendre livraison de leur commande aussitôt, on prévoit un magasin pouvant stocker une production de 50 jours.

On a :

$$8941 \times 7 \times 50 = 3129350 \text{ boîtes}$$

$$\text{Volume à occuper} = 3.129.350 \times 425 \text{ cm}^3 = 1,33 \times 10^9 \text{ cm}^3$$



Chapitre VI : CONTROLE DE LA QUALITE

"Qualité" signifie pour les boines de jus de fruit que le produit fabriqué satisfait à la norme ou les spécifications établies.

On fera ici 3 sortes de contrôle de la qualité

- contrôle sur le produit brut
- contrôle du processus
- contrôle sur le produit fini.

1- Contrôle sur le produit brut

- Porte sur :
- le poids
 - la variété (mango ou mangues greffées)
 - le degré de meurtrissure: on fixera 3 niveaux

A= acceptable B= moyen C= faible

Ceci permet au responsable des achats de fixer le prix d'achat P.A

$$P.A = \text{Poids} \times Pu \times K$$

Poids en tonne

Pu= prix par tonne de mangues greffées ou de mango

K= Coefficient appliqué dépendamment du niveau du degré de meurtrissure.

2- Contrôle du processus

Echantillon à prélever chaque heure :

- au niveau du triage : 2 échantillons de 5 mangues chacune

Le contrôle portera sur: le lavage, la meurtrissure, le triage proprement dit.

- au niveau des sorties de la passoireuse :

Pour les déchets : 1 boîte de 5 litres comme échantillon

Le contrôle portera sur le % de jus restant.

Pour la pulpe : 2 échantillons d'une boîte de $\frac{1}{2}$ H chacune

le contrôle portera sur le pourcentage en matière sèche (p.m.s)

- au niveau de la sortie du mélangeur : 2 échantillons d'une boîte de $\frac{1}{2}$ H chacune

Le contrôle se portera sur le goût, la couleur et le p.m.s

- au niveau de la sortie de l'homogénéisateur ; 2 échantillons d'une boîte de $\frac{1}{2}$ H chacune

le contrôle portera sur la consistance.

Les échantillons seront envoyés directement au contrôle de la qualité. Les résultats permettront au responsable de la production de prendre des mesures rectificatives si nécessaire.

Dans un premier temps, l'utilisation de carte contrôle peut résoudre le problème.

Il faut avoir une moyenne pour chaque contrôle à chaque niveau, cela permettra d'analyser les écarts constatés.

3- Contrôle sur le produit fini

Nous choisissons le "AFC - STD - 105 " comme plan d'échantillonnage parce qu'il permet de savoir que la qualité moyenne est maintenue à un niveau où le plus grand pourcentage de boîtes défectueuses dans un lot est encore considéré comme acceptable.

Ce plan ne demande pas une inspection totale comme le " Dodge Romig", mais donne un plan multiple d'échantillonnage à concurrence duquel on rejette tout le lot.

Ce plan est satisfaisant pour le cas étudié, car ici toute boîte inspectée est perdue ; il nous est impossible de faire une inspection totale.

Le contrôle de la qualité sur un produit fini se fera toujours deux jours après sa production.

Il portera sur:

- le sertissage
- le vide dans les boîtes
- la consistance
- le P.H
- la pasteurisation
- la couleur
- le goût.

Il devra rencontrer les normes fixées par l'Etat pour la production de jus.

C'est sur cette base que l'on pourra dire si une boîte est acceptée ou rejetée.

Plan d'échantillonnage

L = taille du lot

n = taille de l'échantillon

$Ac = C_1$ = nombre maximum de défectueux permis pour une acceptation.

$Re = C_2$ = nombre minimum de défectueux pour un rejet

Il est fixé à 3000 ce qui correspond à peu près à une production hebdomadaire.

PROCEDURE DE TRAVI

I N S P E C T I O N

a) - Inspection normale / (table R) AQL= 4% N= 8000

	<u>m</u>	<u>n cumulée</u>	<u>C₁</u>	<u>C₂</u>
1-	50	50	1	7
2-	50	100	4	10
3-	50	150	8	13
4-	50	200	12	17
5-	50	250	17	20
6-	50	300	21	23
7-	50	350	25	26

b) - Inspection serrée / (table S) AQL= 4% N= 8000

	<u>n</u>	<u>n cumulée</u>	<u>c₁</u>	<u>C₂</u>
1-	50	50	0	6
2-	50	100	3	9
3-	50	150	7	12
4-	50	200	10	15
5-	50	250	14	17
6-	50	300	18	20
7-	50	350	21	22

c) - Inspection réduite / (table T) AQL= 4% N= 8000

	<u>n</u>	<u>n cumulée</u>	<u>C₁</u>	<u>C₂</u>
1-	20	20	0	5
2-	20	40	1	7
3-	20	60	3	9
4-	20	80	5	12
5-	20	100	7	13
6-	20	120	10	15
7-	20	140	13	17

Critère de passation d'un plan à un autre.

- Inspection normale (5 lots consécutifs, 2 rejetés),
il faut ~~passer~~ à une inspection serrée
 - Inspection serrée (5 lots consécutifs, acceptés),
il faut ~~passer~~ à une inspection normale
 - Inspection normale
 - . Acceptation des 10 derniers lots
 - . Le total des défectueux dans les 10 derniers lots n'excédant pas 24
- On passe à une inspection réduite

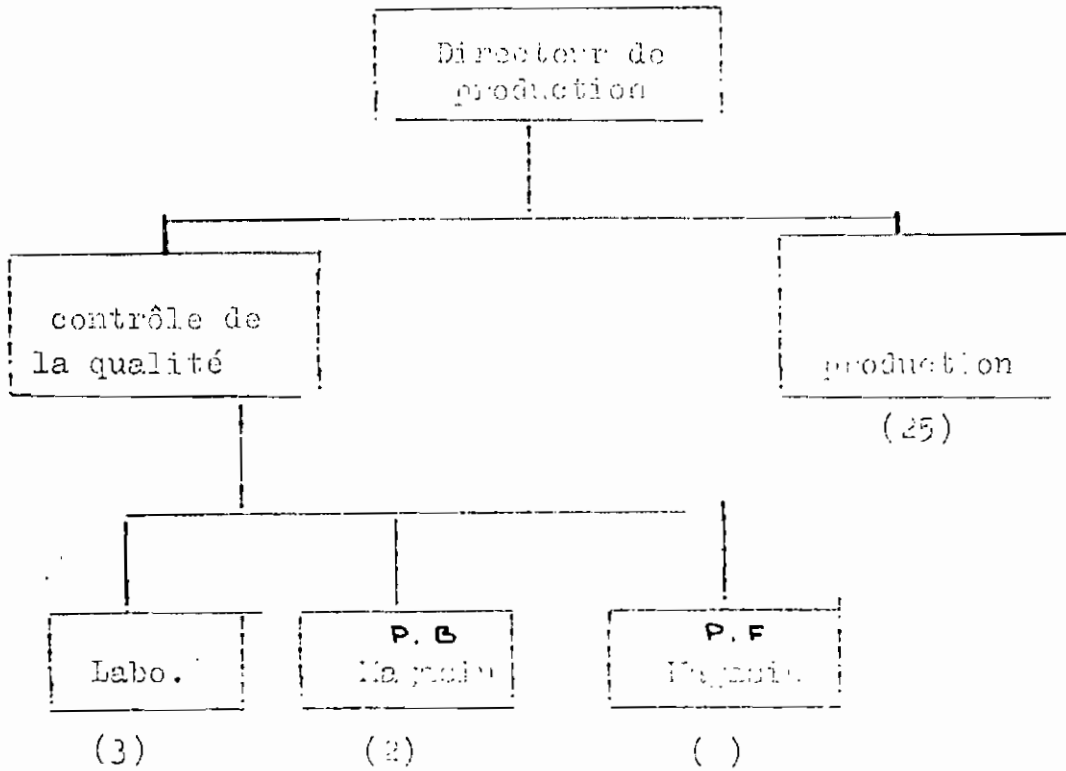
Mise en route du plan

Si plusieurs lots sont refusés consécutivement pour le plan lors de sa mise en route, il faudrait assurément revoir le AQL et la qualité maximum que la ligne de production est capable de donner.

Il est impossible de demander aux machines des spécifications que techniquement elles ne peuvent pas satisfaire.

En principe, le procédé devrait se stabiliser rapidement (3 jours) et l'inspection réduite devrait être suffisante.

- ORGANIGRAMME



L'entretien préventif: 2000 heures par le service Production
Réparations: par poste de travail.

- PERSONNEL

- . 32 ouvriers
 - . 2 agents de maîtrise
 - . 1 technicien supérieur
- les ouvriers seront des saisonniers
les agents de maîtrise et le technicien supérieur
seront embauchés sur contrat.

CHAPITRE VIII : ETUDE DE RENTABILITE
 =====

1- Produits de consommation par an

- 1- Fruits frais : 2000t de mango/an
 1000t de mangues greffées/an
- 2- Sucre cristallisé: (en sac de 100 kg)
 24t/an
- 3- Acide citrique : 10t/an
- 4- Boîtes métalliques:
 boîte $\frac{3}{4}$ H=425 cm³ Ø 71,5 mm
 6.258.700 boîtes/an
- 5- Etiquettes : 6.258.700 étiquettes/an
- 6- Boîtes en carton: 6.258.700: 36 = 1.738.53 boîtes
 soit 174.000 boîtes/an

On pourrait avoir

- 7- Eau potable 2 m³/t 8000 m³/an
- 8- Energie électrique 30 Kwh/t 120.000 Kwh/an
- 9- Vapeur: 1 tonne mazout= 14 tonnes vapeur
 (0,5t de vapeur/ 1 tonne de produits finis)
 soit 145t de mazout/an
- 10- Salaires : Ouvriers 32
 Agents de maîtrise 2
 technicien supérieur 1
- 11- Frais généraux
- 12- Frais financiers

2- Equipements

- 1- Matériel de fabrication
- 2- Production en vapeur
- 3- Alimentation en électricité
- 4- Atelier d'entretien
- 5-

- 5- Matériel laboratoire
- 6- Véhicule
- 7- Equipements de bureaux

3- SITUATION ECONOMIQUE

Il serait illusoire de penser qu'on pourrait concevoir une usine seulement pour la production de jus de mangue.

La période de maturation étant trop courte, les frais fixes seraient très lourds et l'amortissement se ferait difficilement.

Il faudrait donc pouvoir utiliser la ligne de production de mangue pour d'autres fruits (voir disque écologique) avec quelques modifications sur celle-ci.

4- AUTRES POSSIBILITES

Tamarin, goyave, citron, orange, acajou

Ditak (Détarium sénégalais)

Maad (Landolphia sénégalais)

Nous présentons 3 exemples :

1- La goyave (Psidium guajava - Myrtaceae), d'origine d'Amérique latine, est assez répandue en Afrique.

Bien qu'il n'existe pas au Sénégal de vergers de goyave proprement, les arbres de goyave sont plantés un peu partout autour des maisons et des cases.

Les fruits, agréablement acidulés ont de 9 à 10% de matière sèche et 152 milligrammes de vitamine C (pour 100 grammes de fruits frais).

Le rendement d'utilisation est environ 60% du poids total de fruits. La transformation est toute assez délicate en raison de la présence de nombreuses graines dispersées dans la chair qui bouchent les tapis lors des opérations de filtrage.

Il est possible de produire du jus, de la confiture et de la gelée. Le procédé normal consiste en lavage, broyage, tamisage.

A partir du jus brut (qui peut être aussi utilisé pour les glaces) on ajoute 3-4% de sucre et acidifiée (acide citrique) on obtient du jus (13 - 14% m/s)

Le même jus brut, avec du sucre, peut servir à la production de pâte (marmelade) (67% m.s dont 51% proviennent du sucre ajouté et 16% des fruits).

2- Le tamarin: (*Tamarindus indica* - *Cesalpiniaceae*) est très apprécié des populations africaines qui l'utilisent dans la composition de nombreux aliments : on l'utilise pour acidifier divers plats, dans les sauces, mais spécialement pour la préparation de boissons traditionnelles.

La pulpe est pectineuse et assez difficile à traiter à cause de sa composition gélifiante.

Industriellement, il peut être utilisé pour la production de jus, de sirop ou d'extraits pour les boissons gazeuses.

En prenant comme exemple l'usine de Baguinéda du Mali qui a commencé la fabrication du jus de Tamarin en 1966/67 et en produit 10 tonnes, on voit tout le succès de ce jus. Le produit a tellement bien réussi qu'il est devenu la "spécialité" de l'usine ; en 1987/88, la production est montée à 90 tonnes (Stefanovic R. 1970).

3- Le Darcassu (*Caribula africana*): Le fruit de l'anacardier ou Pomme d'acajou n'est pas un fruit, mais le pédoncule déformé de la noix d'acajou.

Ce pédoncule forme un faux-fruit qui est trois fois plus grand que le vrai fruit (noix)

La pomme est très juteuse, avec un indice réfractométrique de 15 à 16% de matières sèches, très aromatique mais avec une astringence très accentuée due au tanin et à une huile essentielle.

- C O N C L U S I O N -

La survie d'une entreprise de ce type dépend du bon fonctionnement du système sur une longue période. Ceci repose sur la qualité des activités de production, de gestion courante et de contrôle qui ont cours dans le système et il va sans dire que ces éléments de gestion du système sont étroitement inter reliés.

De plus, les fonctions logistiques comme celle de la maintenance, dont le rôle est de maintenir les machines en bon état de marche, et celle de l'équipement dont le rôle est de procurer à l'entreprise les matériels de toute sorte sont indispensables.

Du point de vue de l'avenir, les plans d'expansion touchant les produits et services doivent être basés sur un estimé de l'ampleur du marché. Dans le cas d'un nouveau produit, la nécessité de posséder des estimés fiables quant aux caractéristiques du marché de ce produit est évidente.

Cependant, cette nécessité est tout aussi réelle dans le cas de produits qui sont dans la phase de croissance ou de saturation de leur cycle de vie.

En effet, les décisions de modifications ou de modernisation du produit, ou encore celle d'accroître ou de diminuer la capacité de production doivent être basées sur de tels renseignements. Certaines de ces décisions ont des effets à très long terme et le succès d'une entreprise peut en dépendre.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Tressler R. Donald et Joslyn A. Maynard (1971)
Fruit and Vegetable Juice - Processing Technology 2e éd. - Westport,
Connecticut
The Avi Publishing Company, inc.
- 2 - Joslyn A. M. et Heid J.L. (1963)
Food Processing Operations - volume 1
(Their Management, Machines, Materials, and Methods)
Westport, Connecticut
The Avi publishing company, inc.
- 3 - Joslyn A. M. et Heid J.L. (1964) - volume 3
(Their Management, Machines, Materials, and Methods)
Westport, Connecticut
The Avi publishing company, inc.
- 4 - Dupaigne Paul (1972)
Les boissons de fruits
P.U.F.
- 5 - Moreuil C. (1963)
Le manguier au Congo Brazzaville
(in : Fruits, N° 6 , p. 295-304)
- 6 - Thompson A. K. (1971)
The storage of mango fruits
Trop. Agric. (Trinidad) 48, (1) 63-70
- 7 - Kane O. (1974)
Note sur les maladies d'entreposage et les difficultés de conservation
après récolte des fruits tropicaux
(Etude particulière de la mangue : *Mangifera indica* L.)
Institut de technologie alimentaire du Sénégal.
- 8 - Stefanovic R. (1970)
Expérience d'une usine des conserves de fruits et légumes au Mali
Institut de technologie alimentaire du Sénégal.
- 9 - Biale, J.B. et Barcus, D.E. (1970)
Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Basin
Tropical Science XII, (2), 93-104.
- 10 - Wardlaw et Leonard E.R. (1936) - The storage of West India mangoes
Memoir N° 3 I.C.T.A. (Trinidad)

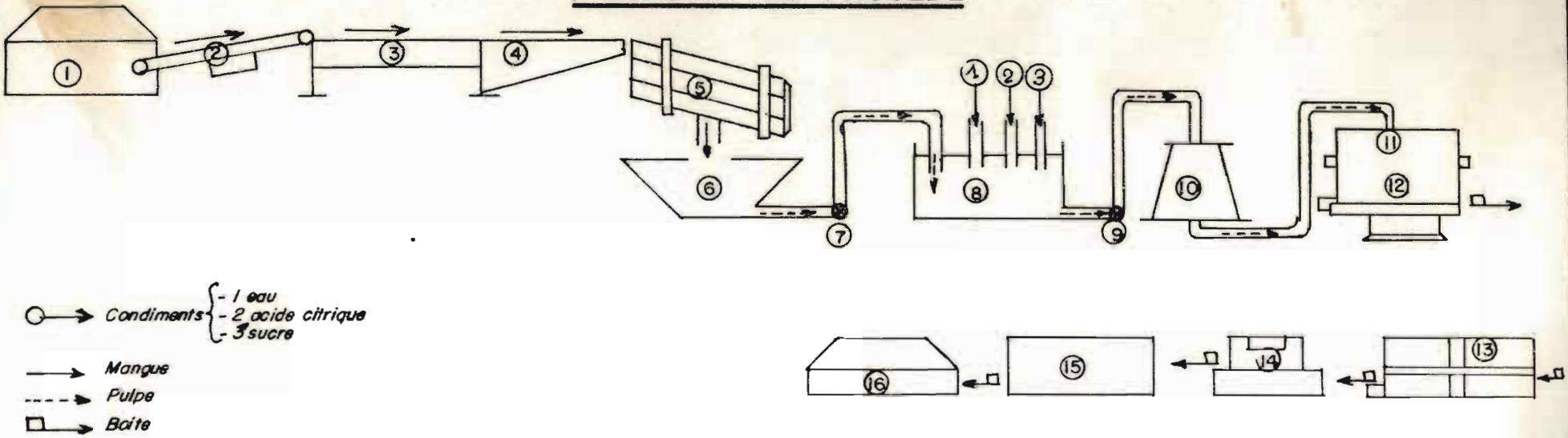
- 11 - Subramanyam H., Moorthy N.Y.N., Lakshminarayana et Krishnamurthy S.
(1972) - Studies on harvesting transport and storage of mango.
Acta Horticulturae 24, 260-265.
- 12 - Teotia S.S., Singh R.D. et Maurya V.N. (1967) - Studies en maturity
standards for mangifera indica L. CV "Langua"
Indian Journal of Horticulture, 24-30.
- 13 - Singh, K. K. (1967) - The mango, a Handbook
Climate and cultivation
Indiana Council of agricultural Research
New - Delhi.
- 14 - Singh, L.B. (1960) - The mango : Botany, cultivation and utilization
World corp's books - Leonard Hill - London 439p.
- 15 - Ulrich R. (1954) - La conservation par le froid des denrées d'origine
végétale.
Lib. J.B. Baillière et Fils - Paris, 358p.
- 16 - Singh, K. K. Mathur, P.B. et Kapur, N.S. (1953) - Cold storage of tota
puri (Bangalora) mangoes.
Mysore Cent. Food Tech. Res. Inst. Bull. , 2, 149.
- 17 - Campbell, C.W. (1959) - Storage and ripening of mangoes **Proc.** 19th Annu.
Mtz. Fla. Mango forum, 11-12.
- 18 - Hatton, T.T. et Reeder, W.F. (1966) - Controlled atmospher storage of
keitt mango
Proc. Carrit. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci., 10, 114-120.
- 19 - Kane, O. (1973) - Etude expérimentale de l'influence de la température
et de la composition de l'atmosphère sur la respiration et la conserva-
tion des mangues.
(Mangifera indica L.)
Mémoire de D.E.A. Université de Paris VI.
- 20 - Stanley E. Charm (1971) - The fundamentals of Food Engineering 2nd Edition
Westport , Connecticut
The Avi Publishing company, inc.
- 21 - OGUS Arnold (1967) - Construction et Aménagement des usines
Entreprise Moderne d'Édition.
4, rue Cambon, Paris - 1er
- 22 - Hall W. Carl, Farrall A.W., Rippen A.L. (1971) - Encyclopedia of Food
Engineering.
Westport, Connecticut

- 23 - Considine M. Douglas, Ross S.D. (1964) - Handbook of applied instrumentation
McGraw-Hill Book Company
- 24 - Campbell P. Donald (1961) La dynamique des processus industriels
Dunod - Paris
- 25 - Streeter L. Victor (1975) - Fluids Mechanics
6e édition - International Student Edition
McGraw-Hill



remplisseuse - Sertisseuse

1- SCHEMA DE PROCEDURE

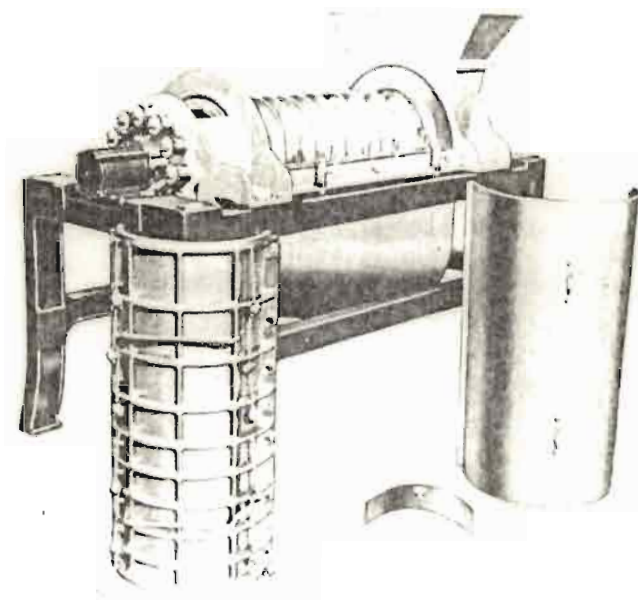


○ → Condiments {
 - 1 eau
 - 2 acide citrique
 - 3 sucre
 → Mangue
 - - - → Pulpe
 □ → Boite

- 1- Magasin P. B.
- 2- Convoyeur
- 3- Table de triage
- 4- Table de lavage
- 5- Passareuse
- 6- Réservoir de passage
- 7- Pompe de circulation
- 8- Mélangeur
- 9- Pompe de circulation
- 10- Homogénéisateur
- 11- Remplisseuse
- 12- Sertisseuse
- 13- Stérilisateur
- 14- Etiqueteuse
- 15- Encartonnage
- 16- Magasin P.F.

LIGNE DE TRAITEMENT	E. P. T	
	A. M. L. O	
	14-6-78	

Extractor



Courtesy of FMC Corp

FIG. 13-17. Horizontal perforated screen type juice extractor

FOOD PROCESSING OPERATIONS

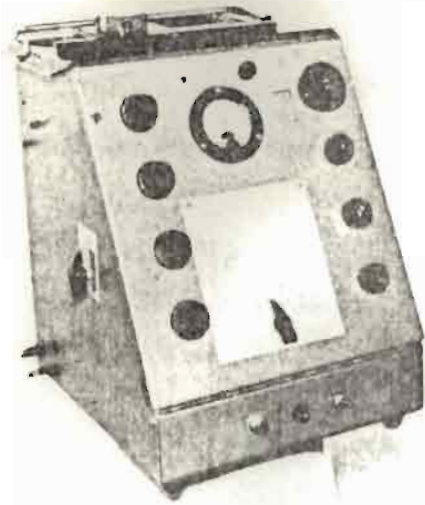


FIG. 22. HUNTER LAB COLORIMETER

FOOD PROCESSING OPERATIONS

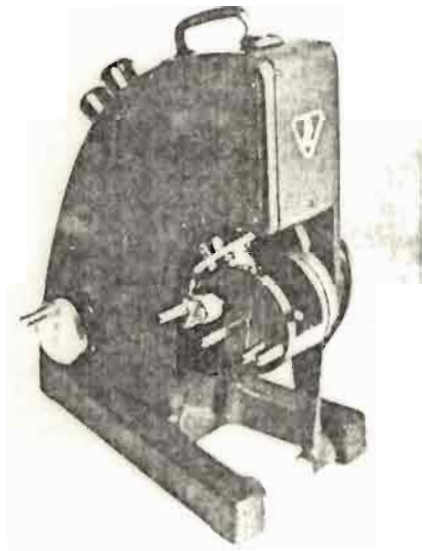
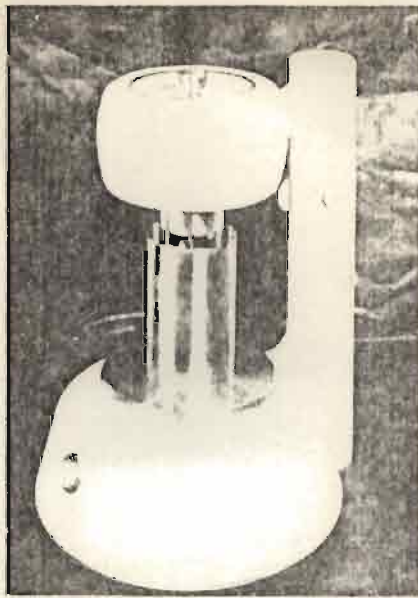


FIG. 37. THE B&L DESK MODEL REFRACTOMETER



FIG. 38. THE O.P.L. HAND MODEL REFRACTOMETER



Courtesy of Food Machinery and Chemical Co.
FIG. 25. THE F.M.C. CONSISTOMETER

FOOD PROCESSING OPERATIONS



Courtesy of Gardner Lab., Inc.
FIG. 23. THE ZAHN VISCOSIMETER