



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Industries Agricoles et Alimentaires

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION ET STANDARDISATION DE LA QUALITE DU THE NOIR

Cas de la Société SIDEXAM Sahambavy

Présenté par : Mamy Ariniaina ANDRIAMIARINJAKA

Promotion : AINA (2004-2009)



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Industries Agricoles et Alimentaires

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION ET STANDARDISATION DE LA QUALITE DU THE NOIR

Cas de la Société SIDEXAM Sahambavy

Présenté par : **Mamy Ariniaina ANDRIAMIARINJAKA**

Promotion : **AINA (2004-2009)**

Soutenu le : **19 Février 2010**

Devant les membres du Jury composés de :

- **Pr. Béatrice RAONIZAFINIMANANA**
- **M. Yves RAKOTONDRAZAFY**
- **Dr-Ing. BAKAR II**
- **Dr. Richard RANDRIATIANA.**

DEDICACES

A mes Parents,

Ma petite sœur et mes deux petits frères.

Qui m'ont toujours soutenus et encouragés à suivre les chemins que je désirais.

Je voudrais leur exprimer ma profonde gratitude.

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes profondes reconnaissances à toutes les personnes qui m'ont soutenues, aidées et encouragées tout au long de ce travail.

Aussi, mes vifs et sincères remerciements les plus respectueux à :

- Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Chef du Département Industries Agricoles et Alimentaires, pour ses enseignements et conseils précieux durant ma formation, et qui nous fait le grand honneur de présider le jury de ce mémoire. Veuillez trouver mes plus profonds respects.
- Monsieur Yves RAKOTONDRAZAFY, Administrateur et Directeur de la Société SIDEXAM, mon encadreur professionnel et qui a accepté de siéger parmi les membres du Jury. Veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude.
- Docteur-Ingénieur BAKAR II, Enseignant-chercheur au Département Industries Agricoles et Alimentaires, qui malgré ses responsabilités et nombreuses occupations, a bien voulu examiner ce travail. Veuillez recevoir mes plus sincères reconnaissances.
- Docteur Richard RANDRIATIANA, Enseignant-chercheur au Département Industries Agricoles et Alimentaires, mon encadreur pédagogique qui, par ses conseils et suggestions, m'a orienté dans la bonne réalisation de cette étude. Veuillez trouver ici l'expression de mes plus profonds respects.

Je remercie, également, tous les enseignants à l'E.S.S.A pour leurs instructions durant ces cinq années de formations. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute considération.

Mes sincères remerciements vont aussi à tout le personnel de la Société SIDEXAM pour leur formidable collaboration durant mon stage.

Un grand merci à toute la famille, collègues et amis qui n'ont pas cessé de m'encourager.

Enfin, merci à tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ANNEXES.....	viii
LISTES DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS	ix
GLOSSAIRES.....	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Partie I. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE.....	2
I. GENERALITE SUR LE THÉIER.....	2
I1. Historique [8, 19, 22, 24].....	2
I2. Botanique.....	3
I3. Ecologie du théier [19, 10, 8]	5
I4. Technique culturale [12, 13, 24].....	6
II. INTERETS DU THE NOIR	8
II1. Marché mondial	8
II2. Thé et santé	10
III. THE A MADAGASCAR	12
III1. Historique.....	12
III2. Région théicole de Sahambavy.....	12
III3. Société SIDEXAM	15
IV. PRESENTATION DE L'ETUDE.....	16
IV1. Contexte actuel	16
IV2. Problématiques et choix du thème.....	17
IV3. Contraintes et limites de l'étude	17
IV4. Aperçu de la fabrication de thé noir à Sahambavy.....	18
Conclusion partielle I	25
Partie II. FABRICATION DU THÈ NOIR	27
I. MECANISMES DE FABRICATION	28
I1. Composition de la feuille verte.....	28
I2. Chimie et biochimie de la fabrication du thé noir [10, 19, 28]	30
I3. Mécanisme de dégradation du thé au cours du stockage et le transport... 41	

II. NORMALISATION DE LA FABRICATION.....	42
II1. Matière première	42
II2. Usinage proprement dite	44
II3. Hygiène de fabrication [3, 15, 23]	57
Conclusion partielle II	58
Partie III. ETUDE QUALITE.....	59
I. RESULTATS	59
I1. Récolte	59
I2. Flétrissage.....	60
I3. Roulage.....	61
I4. Fermentation.....	62
I5. Séchage.....	63
I6. Triage.....	63
II. ASSURANCE QUALITE	64
II1. Analyse microbiologique [34].....	64
II2. Analyse sensorielle [30].....	65
III. DISCUSSION ET RECOMMANDATION	67
III1. Matière première.....	68
III2. Usinage du thé noir	69
III3. Formation du personnel	72
III4. Cahier de fabrication.....	73
IV. CHARGE SUPPLEMENTAIRE	73
IV1. Investissement	74
IV2. Fonctionnement du système	74
IV3. Coût de la qualité.....	75
Conclusion partielle III.....	75
CONCLUSION GENERALE	77
REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES	78
ANNEXES	81
FAMINTINANA.....	116
RESUME.....	116
ABSTRACT	116

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Conduite de culture	7
Tableau 2: CTC cotation [16].....	10
Tableau 3: Bienfaits du thé.....	11
Tableau 4: Evolution du prix moyen mondial et aux enchères de Mombassa [16, 26]	16
Tableau 5: Flétrissage.....	20
Tableau 6: Evolution de la température de roulage.....	21
Tableau 7: Température de fermentation	22
Tableau 8: Relevée de température de séchage.....	23
Tableau 9: Humidité moyenne du thé en triage	25
Tableau 10: Composition chimiques approximatives des jeunes feuilles [10, 19, 23]	28
Tableau 11: Concentration approximative en éléments minéraux du thé [10].....	29
Tableau 12: Teneur en composé phénolique de la feuille de thé [19, 23, 28].....	30
Tableau 13: Distribution approximative de la teneur en polyphénols de la récolte [19]	31
Tableau 14: Composées responsable de la coloration de la liqueur [23]	32
Tableau 15: Synthèse de théaflavine par une paire de flavanols [19]	33
Tableau 16: Composition approximative du théaflavine dans le thé noir [23]	33
Tableau 17: Composition approximative d'une cueillette fine et d'une cueillette grossière [19, 23].....	42
Tableau 18: Différente conduite du flétrissage suivant l'état de l'air	48
Tableau 19: Températures au niveau du séchoir [18]	55
Tableau 20: Principaux grades CTC	55
Tableau 21: Composition de la récolte pour essai (cf. Annexe 7)	59
Tableau 22: Résultat flétrissage	60
Tableau 23: Augmentation de température de roulage	61
Tableau 24: Relevé de température de fermentation et observations.....	62
Tableau 25: Température de séchage et humidité thé sec	63
Tableau 26: Humidité thé sec en salle de triage (%).....	63
Tableau 27: Caractères microbiologiques	65
Tableau 28: Investissements.....	74
Tableau 29: Surplus en charge du personnel.....	75
Tableau 30: Effet de l'amélioration sur le chiffre d'affaire.....	75
Tableau 31: Production mondiale de thé, 2001-2006 (1000 tonnes) [26].....	81

Tableau 32: Production mondiale détaillé de thé 2001-2006 (1000 tonnes) [26].....	82
Tableau 33: Exportation mondiale de thé de 2001-2006 (1000 tonnes) [26].....	83
Tableau 34: Prix composite FAO (US \$/Kg) [26]	83
Tableau 35: Prix moyen aux enchères de Mombassa (US \$/Kg) [16]	84
Tableau 36: Evolution prix du thé noir Juillet 2007- Juin 2009, Société Sidexam (US \$/Kg)	84
Tableau 37: Rapport de grade Société SDEXAM (COMBROK LIMITED, 2008-2009)	85
Tableau 38: Production de feuilles vertes de 1999-2008 (en Kg).....	86
Tableau 39: Production en thé noir de 1999-2008 (en Kg).....	87
Tableau 40: Production par grade saison 2007-2008 (en Kg).....	88
Tableau 41: Echantillonnage réception feuilles vertes.....	88
Tableau 42: Répartition de la récolte (en %).....	89
Tableau 43: Etat du flétrissage	89
Tableau 44: Prélèvement de température de roulage	90
Tableau 45: Température de fermentation	90
Tableau 46: Humidité du thé sec en triage (en %)	91
Tableau 47: Capacité de production constatée	91
Tableau 48: Catéchines du thé [10].....	92
Tableau 49: Caractéristiques de l'équipement de flétrissage.....	93
Tableau 50: Echantillonnage essai récolte	96
Tableau 51: Conduite de flétrissage	97
Tableau 52: Température au niveau du roulage	97
Tableau 53: Relevé des paramètres de séchage	97
Tableau 54: Salaire du personnel	101
Tableau 55: Charge sociale	101
Tableau 56 : Température, 2000-2005 (en °C)	114
Tableau 57: Précipitation, 2000-2005	115

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition de la production mondiale en 2006 [26]	8
Figure 2: Evolution du prix moyen du thé aux enchères de Mombassa et sur le marché mondial (1998-2006) [16, 26]	10
Figure 3: Diagramme Ombro-thermique.....	14
Figure 4: Evolution du prix moyen Mombassa et Sidexam (juillet 2007-Février 2009)	16
Figure 5: Première étape de l'oxydation des flavan-3-ols par la polyphénol-oxydase et exemple de l'EGC [10]	32
Figure 6: Mécanisme de passage de l'o-quinone aux théaflavines [10]	33
Figure 7: Schéma de la formation de théaflavine et théarubigine à partir des catéchines et rôle possible jouée par les simples catéchines dans l'oxydation couplée [19]	34
Figure 8: Diagramme de fabrication du thé noir	45
Figure 9: Répartition des juges en fonctions de l'âge.....	66
Figure 10: Répartition des juges selon la fréquence de consommation	66
Figure 11: Résultat du test d'acceptabilité.....	67
Figure 12: Evolution de l'offre mondiale en thé (1959-2005) [24]	81
Figure 13: Structure des flavones [10]	91
Figure 14: Structure des alcaloïdes du thé [10].....	91
Figure 15: Théaflavines [19]	92
Figure 16: Bac de flétrissage	93
Figure 17: Rotorvane.....	93
Figure 18: Principe du roulage par CTC	93
Figure 19: Fermenteur	94
Figure 20: Séchoir FBD	94
Figure 21: Trieuse défibreuse.....	94
Figure 22: Thermo-hygromètre (cliché : auteur, 2009).....	95
Figure 23: Appareil à tester l'humidité (cliché : auteur, 2009).....	95
Figure 24: Midleton (cliché : auteur, 2009)	95
Figure 25 : Pucca trieur (cliché : auteur, 2009).....	95
Figure 26: Rouleau défibreux (cliché: auteur, 2009)	95
Figure 27: Trieuse défibreuse (cliché: auteur, 2009)	95

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Production et commerce mondiale du thé.....	81
Annexe 2: Rapport de grade.....	85
Annexe 3: Production.....	86
Annexe 4: Fabrication de thé à Sahambavy	88
Annexe 5: Formules chimiques.....	91
Annexe 6: Equipements de fabrication de thé noir	93
Annexe 7: Résultats.....	96
Annexe 8: Résultat de l'analyse microbiologique	98
Annexe 9: Questionnaires d'analyse sensorielle.....	99
Annexe 10: Coût de la qualité	101
Annexe 11: Manuel de fabrication (programme de formation)	102
Annexe 12: Données climatiques	114

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ap. :	Après
av. :	Avant
H^{té}	Humidité
j	Jour
moy.	Moyenne
Nb. J	Nombre de jour
p+2 :	Pekoe + 2 feuilles
T_H :	Température humide
T_s :	Température sec
UFC :	Unité Formatrice de Colonies
BMF :	Broken Mixed Fannings
BP :	Broken Pekoe
BP1 :	Broken Pekoe One
C :	Catéchine
CTC :	Crush, Tear, Curl
DEE :	Dry End Exhaust
DEI :	Dry End Inlet
EC :	Epicatéchine
ECG :	Epicatéchine gallate
ECQ :	Epicatéchine quinone
EGC :	Epigallocatechine
EGCG :	Epigallocatechine gallate
EGCQ :	Epigallocatechine quinone
F :	Fannings
F1 :	Fannings One
FAO :	Food and Agriculture Organization
FBD :	FluidBedDryer
FED :	Fond Européen pour le Développement

FOFIFA :	Foibe Fiompina sy Fambolena
GC :	Gallocatéchine
HR :	Humidité Relative
IFCC :	Institut Française du Café et du Cacao
LDL :	Low Density Lipoprotein
LTP :	Lawrie Tea processor
MS. :	Matière Sèche
OTS :	Opération Théicole de Sahambavy
PD :	Pekoe Dust
PF :	Pekoe Fannings
PF1 :	Pekoe Fannings One
PI :	Plantation industrielle
PV :	Plantation villageoise
RFS :	Roulage-Fermentation-Séchage
RN7 :	Route Nationale 7
SIDEXAM :	Société d'Investissement et d'Exploitations Agricole à Madagascar
SOTHEMAD :	Société Théicole de Madagascar
TR :	Théarubigine
TR :	Théaflavine
US :	United State
WEE :	Wet End Exhaust
WEI :	Wet End Inlet

GLOSSAIRES

Dhool : C'est un mot assamais qui désigne les feuilles roulées entrant dans le fermenteur.

Feuille : Selon le contexte, « feuille » désigne à la fois la matière première (feuilles vertes) et le produit fini (thé sec non infusé).

Humidité relative : Elle représente le rapport du poids de vapeur d'eau réellement contenu dans 1Kg d'air sec au poids maximum de vapeur d'eau que peut contenir cet air lorsqu'il est saturé à une température déterminée. C'est aussi le rapport de la pression de vapeur d'eau dans l'air à la pression de vapeur saturante à la même température.

L'air est dit saturé lorsqu'il ne peut plus absorber d'eau sous forme de vapeur. Un air saturé a donc une humidité relative de 100%.

Infusion : Il s'agit à la fois de l'acte d'infuser et des feuilles infusées que l'on récupère ensuite. Pour le thé, ce n'est jamais le liquide obtenu par infusion, appelé alors liqueur.

Liqueur : Appelé aussi jus, c'est le liquide obtenu après infusion des feuilles.

Pekoë : Vient du mot chinois « *Pak-ho* » qui signifie cheveu fin ou duvet. Ce mot désigne le bourgeon terminal, car le bourgeon est recouvert d'un léger duvet argenté.

Rapprochage : Il s'agit d'une opération qui consiste à rapprocher les enrouleurs d'une paire de rouleaux CTC (*Crush, Tear, Curl*).

Réactants : En chimie, ce mot indique les éléments mis en jeu dans une réaction.

Température humide : Placé au contact d'un corps humide, l'air se charge en eau sous forme de vapeur. La transformation de l'eau en vapeur absorbe de la chaleur. Il y aura donc simultanément enrichissement de l'air en vapeur d'eau et diminution de sa température. La température humide correspond à la température atteinte par l'air saturé dans ces conditions. Elle est généralement mesurée à l'aide de thermomètre dont le bulbe est entouré de coton imbibé d'eau.

Température sèche : C'est la température de l'air mesurée habituellement avec un thermomètre à bulbe sec.

Taux de flétrissage : C'est le rapport entre le poids de feuilles flétries et le poids de feuilles fraîches avant flétrissage. Il sert à évaluer la perte en eau des feuilles.



INTRODUCTION GENERALE

Le thé est une boisson originaire de Chine. Il fût découvert il y a environ 5000 ans. Il était surtout connu pour ses vertus thérapeutiques pendant plusieurs dynasties. Puis évolue rapidement vers un élément raffiné du quotidien avant de s'ancrer totalement dans la culture chinoise. Il connaît un essor spectaculaire depuis sa découverte par les européens au XVII^e siècle. Madagascar n'a connu la théiculture que vers la fin du XIX^e siècle. Son développement a essuyé quelques revers, mais elle a réussi à s'installer complètement vers la deuxième moitié des années 70.

Actuellement, le thé est la première boisson mondiale après l'eau plate, il se consomme 15 000 tasses par seconde [8]. La production mondiale n'a cessé de progresser depuis les années 60 et cette tendance n'est pas prête de s'arrêter pour la prochaine décennie. Tout comme la production, la consommation mondiale de ce produit a enregistré une évolution positive depuis ces quarante dernières années. Le marché du thé est assez exceptionnel dans la mesure où ce sont les grands producteurs qui constituent les plus grands consommateurs [26]. Le prix moyen du thé sur le marché, ces dix dernières années, connaît aussi une hausse, et selon la FAO, il ne semble pas changer de cap pour les dix années à venir.

La fabrique de thé vise toujours à fournir, à partir des feuilles fraîches, un produit qui peut se conserver, qui est commercialisable et elle vise surtout à améliorer sa qualité. Dans le commerce du thé, la qualité seule garantit le prix sur les marchés aux enchères. La qualité du thé noir découle d'une combinaison à la fois des caractères intrinsèques de la matière première que des conditions de manufacture. Dans cette optique, notre étude portera sur l'amélioration et la standardisation de la qualité du thé noir pour le cas de la Société SIDEXAM Sahambavy.

Pour ce faire, nous allons, dans la première partie, évoquer la présentation générale de l'étude qui parlera d'abord de la généralité sur le théier, puis de l'intérêt du thé noir, ensuite on abordera le thé à Madagascar et enfin la présentation de l'étude proprement dite. La deuxième partie intitulée « fabrication du thé noir » traitera les mécanismes de fabrication de ce produit suivi de la normalisation de la fabrication à Sahambavy. Dans la dernière partie, nous allons aborder l'étude qualité, dans laquelle les résultats, les discussions-recommandations et l'étude économique seront développés.

PARTIE I. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE



I. GENERALITE SUR LE THÉIER

II. Historique [8, 19, 22, 24]

La découverte du thé, boisson obtenue après infusion de feuilles de *Camellia sinensis*, remonterait aux III^e millénaires avant notre ère. Selon la légende chinoise, il serait découvert par un Empereur chinois, Chen Nong, vers 2737 av. JC. Mais les premiers écrits, faisant référence de manière indiscutable au thé, datent de la dynastie des Han (206 av. JC- 220 ap. JC). Au-delà des légendes, il semble que l'arbuste soit originaire de Chine et son usage s'y est d'abord développé. Le thé se répand dans le pays parallèlement au bouddhisme avant de s'ancrer totalement dans leur culture durant la dynastie T'Ang (618-907).

Le thé qu'on buvait à l'origine pour ses propriétés thérapeutiques était déjà très à la mode dans le cercle de la cour au début de la période des T'Ang. Le thé a été surtout connu pour ces vertus tonifiantes et énergétiques. C'est aussi pendant cette dynastie que le thé, réservé à l'entourage de la cour, évolue progressivement vers une consommation plus populaire. En même temps, son usage dépasse le cadre de la pharmacopée pour devenir un élément raffiné du quotidien, on assiste alors à la naissance de « l'art du thé ». Le thé s'étend à toutes les classes de la population et l'habitude est reprise par les Mongoles, les Tartares, les Turcs et les nomades Tibétains. Le thé se présente alors sous forme de brique compressée et l'aspect en feuille ou en poudre que nous connaissons aujourd'hui commence à devenir populaire.

En 1606, les premières caisses de thé accostent au port d'Amsterdam en Hollande, c'est la première cargaison de thé enregistrée en Europe. Sa consommation se développe très vite. Les maisons de thé font leur apparition à Londres, en Angleterre, vers 1650. Les émigrants Anglais et Hollandais emportent avec eux le thé vers le nouveau monde, où il va jouer un rôle déterminant dans l'histoire des Etats Unis. En 1773, des colons décident de boycotter l'importation de ce produit lourdement taxé, le 16 décembre, et jettent à la mer une cargaison de thé venant d'Angleterre. Cet acte, appelé « Boston tea party » marque la première étape de la guerre d'indépendance.

Au XIX^e siècle, la Chine, alors seule productrice, n'arrive plus à honorer la demande croissante des occidentaux. Ainsi les Anglais commencent, vers 1830, à développer la culture du thé en Inde (1834), à Ceylan (1857), et dans d'autres pays d'Asie et d'Afrique.

I2. Botanique

Le théier est un arbuste à feuilles persistantes. Celui qu'on exploite aujourd'hui se rapproche le plus de la description de *Theasinensis*, faite par LINNE en 1752. SEALY (1937) a effectué une révision approfondie du genre *Camellia* et a placé toutes les variétés cultivées sous ce genre. Et en vertu de la nomenclature, l'appellation « *Camellia sinensis* » est attribuée au théier en 1953 [19, 20].

I21. Position systématique [13, 19, 20]

Le théier ou *Camellia sinensis* (L.) O Kuntze appartient à :

- L'embranchement des Spermaphytes ;
- Le sous-embranchement des Angiospermes ;
- La classe des Dicotylédones ;
- La sous-classe des Dillénidées ;
- L'ordre des Theales ou Guttiférales ;
- La famille des Théacées ou des Thérnstroemiacées.

Le genre *Camellia* comprend 82 espèces, mais seul le théier, *Camellia sinensis*, présente un intérêt économique. Cette espèce comporte deux variétés principales : celle de Chine, dite *sinensis*, et celle d'Assam, dite *assamica*. Outre ces variétés sont apparus avec les méthodes d'hybridation, bouturage, greffage, etc. de nombreux croisements appelés Jats ou clones.

I22. Morphologie

I221. Racines[12, 13]

L'enracinement du théier est du type pivotant à oblique et dont le pivot peut atteindre 1 à 1.5m de profondeur, mais exceptionnellement, il peut aller jusqu'à 3m. Le développement latéral dépend de la variété elle-même, de la concurrence et de la nature du sol. Ce système radicalaire permet au théier de résister à la sécheresse en cherchant de l'eau en profondeur.

I222. Tronc [8, 24]

A l'état sauvage, le théier peut atteindre 15 à 20m de haut. Mais lorsqu'il est cultivé pour ces feuilles, il ne dépasse guère 1.5m à cause des entretiens réguliers pour former ce qu'on appelle « table de cueillette ». Il possède un tronc rugueux, de couleur gris-brun et porte des branches écartées sauf à l'état cultivé où elles sont très rapprochées.



I223. Feuilles

C'est la partie la plus importante de la plante. On distingue : le bourgeon, les préfeuilles et les feuilles.

Bourgeon : on distingue les bourgeons normaux appelés « Pekoe » et les bourgeons dormants, dits « Banji ». Chez les théiers, les jeunes feuilles et les bourgeons sont recouverts d'un léger duvet argenté, ce qui leur a valu le nom de « Pekoe ¹ » [8].

Préfeuilles ou « Kepel » : quand le banji n'est pas cueilli, il se développe et donne une ou deux petites bractées (5-10mm). Celles-ci se détachent rapidement laissant apparaître, respectivement à leur place, les préfeuilles (7-30mm). Elles ne sont pas dentées mais possèdent des nervures et une pointe peu marquée [12].

Feuilles normales : elles se forment à partir du pekoe et du banji. Dans les conditions normales de croissance, apparaissent, après le kepel, 6 à 8 feuilles normales. Puis se forme à nouveau un bourgeon dormant et le cycle recommence. Les feuilles adultes sont persistantes et coriaces. Elles sont disposées en spirales autour de la tige, la sixième se trouvant au-dessous de la première. De forme ovale ou lancéolée et dentée, les feuilles sont alternées et munies de pétiole très court (0.5 à 1cm). Les feuilles se mesurent entre 5 et 12cm de long sur 1 à 4cm de large [12, 13, 19].

I224. Inflorescence

A l'aisselle de chaque feuille existe généralement un bourgeon dormant. De chaque côté de ce bourgeon naissent une à quatre fleurs qui constituent une inflorescence [13].

I225. Fleurs

Les fleurs sont blanches et portent 5 à 7 pétales soudées entre eux à la base avec des étamines nombreuses, surmontant un ovaire à 3 carpelles. Chaque carpelle contient 4 à 6 ovules. Normalement une seule de ces ovules va se développer [13, 8].

I226. Fruits et graines [12, 13, 19]

Le fruit est une capsule à trois loges contenant une seule graine sphérique verte. A maturité, le fruit éclate, laissant s'échapper des graines brun-noirâtre (1 à 1.5cm de diamètre). Une graine est formée de deux cotylédons oléagineux enveloppés par une coque dure. Elle est de forme arrondie.

¹Pekoe : vient du mot chinois « Pak-ho » qui signifie « cheveu fin » ou « duvet »



I3. Ecologie du théier [19, 10,8]

Le théier pousse dans des régions au climat chaud et humide, avec des pluies régulières, de préférence réparties sur toute l'année. Il croit entre le 42^e degré de latitude Nord et le 31^e degré de latitude Sud. Dans le monde, une plantation industrielle de thé se rencontre sur une altitude allant du niveau de la mer jusqu'à 2200m, surtout en région tropicale.

I31. Facteurs climatiques

Les variables climatiques majeures intervenant dans la croissance de la plante se résument à la température, la disponibilité en eau dans le sol, à l'humidité atmosphérique et à l'ensoleillement. L'influence du climat agit à la fois sur le rendement et sur la qualité de la récolte.

I311. Température

La température est importante pour le théier. Ce dernier demande un climat chaud. En effet, une température moyenne variant de 14 à 30°C est la plus adéquate pour sa croissance, mais l'optimum à son développement se situe autour de 18°C.

I312. Précipitation

Le théier pousse bien sous un climat humide. Il demande une précipitation annuelle supérieure à 1150 mm et peut supporter jusqu'à 5000 mm. Il peut survivre en dessous de ce seuil, jusqu'à 700 mm, mais nécessite une irrigation. Une pluie bien répartie sur toute l'année est préférable, car le théier supporte mal les longues périodes sèches.

I313. Lumière

La lumière joue un rôle très important dans la croissance de la plante. En outre, elle est nécessaire à la formation des huiles essentielles qui donnent à la liqueur son arôme particulier. Le théier est une plante des sous-bois. De ce fait, il préfère une lumière diffuse. C'est pourquoi on trouve, presque toujours dans une plantation, de grands arbres implantés régulièrement qui tamisent les rayons. Un ensoleillement de 4 à 5 heures par jour convient très bien au théier.

I314. Autres variables climatiques

Le vent : le théier est sensible au vent desséchant, surtout en saison sèche, d'où l'intérêt des brises vent.



Humidité atmosphérique : une humidité atmosphérique de 70 à 90% tout au long de l'année convient très bien au théier.

I32. Facteur édaphique

Le théier pousse sur une plus large diversité de sols rencontrés dans les régions tropicales, subtropicales et à climat tempéré. Dans le monde, les plantations évoluent sur des sols les plus variés dérivant du gneiss ou du granite. Néanmoins, pour le développement des racines, le sol doit être meuble, perméable et profond, car chez les théiers, l'enracinement peut s'enfoncer jusqu'à 6m de profondeur. La couche arable doit être d'au moins 1.50m. Le meilleur sol est jeune et volcanique, riche en humus et en azote, ni basique à pH moyennement acide, comprise entre 5 et 5.6, ni argileux. La culture du thé se fait toujours sur un terrain en pente, drainé naturellement, car la plante supporte mal l'eau stagnante [19, 24].

I4. Technique culturale [12, 13, 24]

I41. Mode de multiplication et plantation

La culture du théier se faisait autrefois à partir des graines que l'on replantait. Mais actuellement, cette pratique est abandonnée, la reproduction se fait essentiellement par bouturage de plantes sélectionnées. Ces dernières ont le mérite de garder les caractères désirés et obtenus des clones sélectionnés. Les boutures restent en pépinière pendant 12 à 18 mois. Lorsqu'elles ont atteint l'état de jeune plant, on les repique dans la plantation principale.

I42. Conduite de culture

Le bourgeon le plus élevé de la plante produit des auxines inhibant les jeunes pousses qui se situent à une hauteur inférieure, c'est la « dominance apicale ». Ce mécanisme contrôle l'apparition de nouvelles pousses après la récolte, et la formation de nouvelles branches après la taille. Il existe ainsi toute une série d'intervention qu'on doit effectuer sur le théier, afin de lui donner une bonne charpente, de faciliter la cueillette, d'obtenir et de maintenir le haut rendement possible en éliminant cette dominance. Le tableau suivant résume ces différentes opérations.

Tableau 1: Conduite de culture

OPERATIONS		OBJECTIFS	PRINCIPE	INTERVENTIONS
Arcure		- Favoriser l'étalement de la table de cueillette - Réduire la durée entre la plantation et la cueillette	La tige est arquée et fixée au sol par un piquet. Il existe 2 types d'arcures : arcure simple et arcure multiple.	- Arcure simple : 3 mois après plantation ; - Arcure multiple : 6-8 mois après l'arcure simple
Typing		- Induire la ramification ; - Favoriser l'étalement de la table de cueillette	Il s'agit d'une récolte au même niveau, couper à une hauteur égale les rameaux résiduels. Les feuilles obtenues sont déjà usinées, c'est donc la première récolte. On effectue trois opérations espacées de 8 à 15 jours. Après ces passages, la récolte proprement dite commence jusqu'au prochain taillage. Il s'agit encore d'une cueillette d'entretien.	Lorsque l'arbuste atteint 50cm de haut, aux environs du 17 ^e mois.
Taillage	Formation	- Induire la formation des branches ; - Favoriser l'étalement de la table de cueillette ; - Maintenir le jeune plant à une hauteur de 40cm.	Cette taille consiste en une élimination des jeunes pousses. En général, les branches sont coupées à une série de hauteur croissante : d'abord à 20cm, puis à 30cm et enfin à 40cm. Elle privilège les ramifications latérales	Vers le 12 ^e mois, quand le jeune plant atteint 30cm, les autres coupes sont réalisées à intervalle de 3-4 mois après la précédente.
	Production ou d'entretien	- Rétablir le rendement du théier ; - Faciliter la cueillette ; - Maintenir la hauteur sous 1,20m.	L'arbuste est rabattu à 5cm au-dessus de la précédente coupe, soit à 45cm du sol pour la première taille de production. Ce taillage est suivi d'une opération de typing, 2,5 à 3 mois après.	3 ans après le premier typing, puis le taillage suit un cycle de 3 ans
	Skiff	- Rétablir la table de cueillette ; - Eliminer les bourgeons dormants.	Il s'agit d'un taillage léger du buisson à une hauteur d'environ 1m du sol	2 ans après la taille de production, et suit le même cycle.
	Régénération ou rajeunissement	Donner au théier un nouveau cycle de production.	Avec l'âge, la productivité du théier baisse et la hauteur de taillage croît. Ainsi, on rabat l'arbuste à 35cm du sol.	4 ans après le dernier taillage à 80cm.

I43. Entretien de la plantation

Toujours dans l'optique de maximiser le rendement, il existe un certain soin que doit recevoir une plantation de thé. Ces opérations aident à accroître la production. Il s'agit de :

- Remplacement de plantes manquantes ;
- Sarclage ;
- Fertilisation : à Madagascar, la fertilisation est assurée par un apport de NPK (25-5-5) en trois épandages, à raison de 150-300 Kg/ha, et de l'urée à 46% en deux épandages à 100 Kg/ha.

II. INTERETS DU THE NOIR

II1. Marché mondial

II11. Production [24, 26]

Environ 40 pays produisent du thé actuellement dans le monde. La production mondiale en thé atteint 3 459 000 tonnes en 2005. Elle continue toujours son ascension en 2006, le taux de croissance dépasse 3% et pour générer 3.6 millions de tonnes (cf. Annexe 01). Cette variation est soumise à la situation de production, notamment les conditions climatiques, des grands pays producteurs : la Chine, l'Inde, le Sri Lanka et le Kenya.

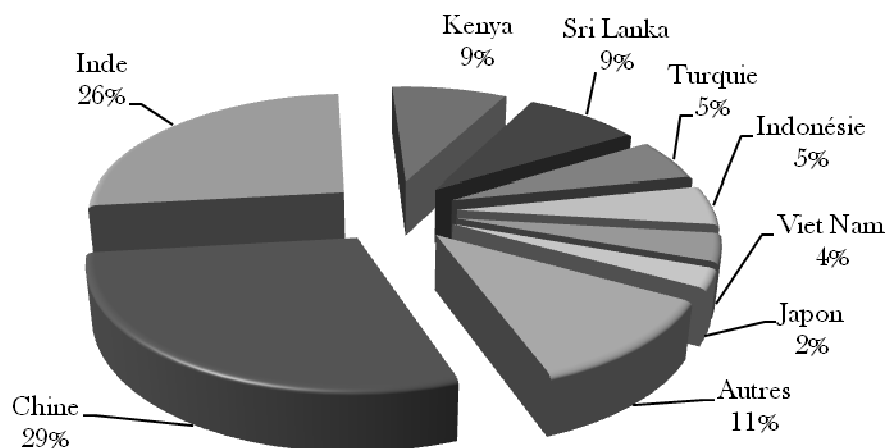


Figure 1:Répartition de la production mondiale en 2006 [26]

Le diagramme ci-dessus représente la répartition mondiale de la production de thé. La Chine et l'Inde assurent à elles seules plus de la moitié de la production mondiale.

Le thé noir représente 80% de la production mondiale de thé. La production s'établit à 2 565 000 tonnes en 2006. Elle a connu une progression moyenne de 2.8% de 1996 à

2006. Selon la FAO, la production du thé noir suivra une progression moins rapide que pendant les décennies précédentes, pour les dix prochaines années. La croissance moyenne sera de 1.9% par an. Ceci est dû au ralentissement de la croissance de production en Afrique.

II12. Consommation [26]

Le thé est la boisson la plus consommée au monde, après l'eau plate. Il se consomme 15 000 tasses à la seconde. La consommation mondiale s'est accrue de 1% en 2006, atteignant 3.64 millions de tonnes. Cette progression est toutefois plus faible que la croissance moyenne annuelle enregistrée ces dix dernières années : 2.7%.

Le marché du thé est assez singulier, en effet, les pays producteurs sont les plus grands consommateurs. L'Inde et la Chine tiennent les premières places, avec respectivement 22% et 20% de la consommation mondiale, en 2005. Toutefois, ces pays producteurs consomment en moyenne moins de thé par habitant et par an que les pays importateurs. La consommation domestique représente presque la moitié de ce qui est produite (56%). Et dans certains pays, elle se rapproche même de la totalité de la production nationale, au Japon (97%) par exemple.

Sur le marché international, le Sri Lanka et la Chine sont, depuis 2004, les premiers exportateurs de thé. Les exportations ont faiblement changé en 2006 : 1.55 millions contre 1.53 millions de tonnes en 2005 (cf. Annexe 01). Les importations de thé ont quant à elles baissé de 1.7% en 2006, pour s'établir à 1.57 millions de tonnes. Les principaux importateurs traditionnels sont : le Royaume-Uni, l'Allemagne, la Fédération de Russie, le Pays Bas, les Etats Unis, l'Egypte et le Pakistan.

Pour la prochaine décennie, d'après la FAO, la consommation en thé noir s'accroîtra de 1.7% par an. Quant l'importation, elle progressera de 0.5%.

II13. Prix

Le prix composite¹ de la FAO indique une augmentation du prix de 11.6% en 2006, pour donner 1.83 \$ US le kilo, et en 2007, une progression de 6.5% pour atteindre 1.95 \$ US. En raison d'une offre trop serrée sur le marché mondial, le cours suit une tendance relativement haussière depuis 2003 [24, 26].

Depuis la fermeture du marché de Londres en 1998, il n'existe plus de prix référentiel unique. La vente de thé s'effectue dans les marchés aux enchères organisés par chaque région productrice. Le prix de ce produit est très volatil, car chaque zone soumise à sa condition

¹ Prix composite : c'est un indicateur de prix mondial du thé

locale, fixe son propre prix (cf. Figure 2). Les principaux marchés de référence sont celui de Mombassa (Kenya) et de Calcutta (Inde). Le prix de Mombassa reste quand même un indicateur possible dans la détermination du prix du thé [24].

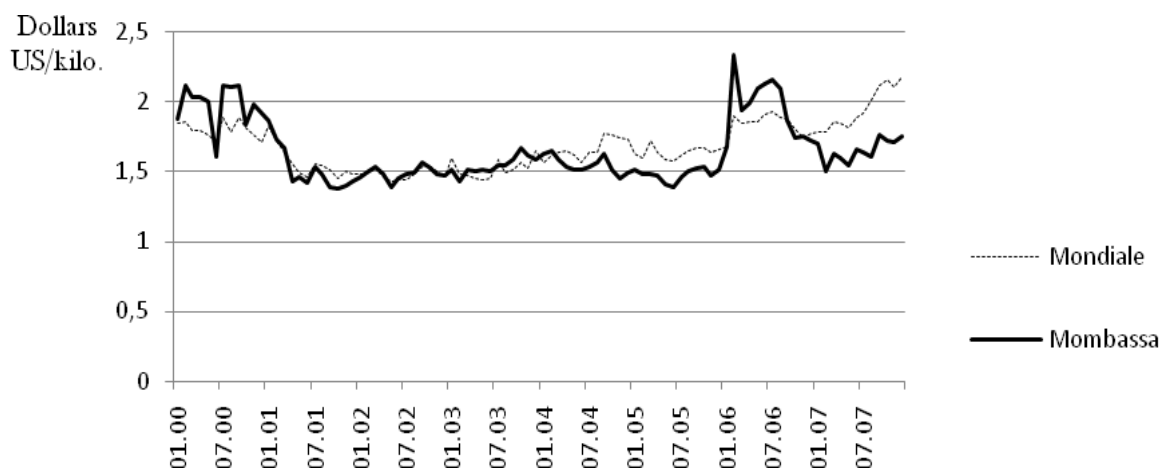


Figure 2: Evolution du prix moyen du thé aux enchères de Mombassa et sur le marché mondial (1998-2006)[16, 26]

Ce diagramme représente l'évolution du prix du thé sur le marché de Mombassa et le marché mondial. Il existe d'assez importante variation du prix, mais la tendance est relativement la même.

Sur le marché, les producteurs sont classés en six catégories. Ils s'identifient en bourse par rapport aux prix de leurs produits et à leur procédé de fabrication : CTC (*Crush, Tear, Curl*) ou orthodoxe. La classification ci-après concerne les procédés de manufacture par CTC.

Tableau 2: CTC cotation [16]

	Prix aux enchères (US. Dollars)			
	BP 1	PF 1	PD	Dust 1
<i>Best</i>	3.10 – 3.44	2.48 – 2.92	2.58 – 2.71	2.68 – 2.90
<i>Good</i>	2.80 – 3.24	2.50 – 2.64	2.60 – 2.66	2.60 – 2.65
<i>Good Medium</i>	2.60 – 2.80	2.39 – 2.66	2.50 – 2.64	2.52 – 2.65
<i>Medium</i>	2.30 – 3.06	2.20 – 2.42	2.25 – 2.54	2.05 – 2.42
<i>Lower Medium</i>	1.15 – 1.80	1.35 – 1.95	1.62 – 1.84	1.72 – 1.86
<i>Plainer</i>	0.92 – 1.77	1.10 – 1.80	1.00 – 1.76	1.00 – 1.76

II2. Thé et santé

II21. Vertus du thé [8,22, 27]

Depuis sa découverte en Asie, le thé fût considéré comme une plante bienfaisante pour l'organisme. Les écrits les plus anciens sur le thé mettent surtout en avant ces propriétés

thérapeutiques. Le thé était utilisé à l'origine sous forme de pâte, en cataplasme pour combattre le rhumatisme. Il était aussi connu pour ces qualités de stimulant et tonifiant.

La science médicale, au XX^e siècle, nous éclaire un peu plus sur les bienfaits du thé, perçus empiriquement depuis des millénaires. Ces propriétés proviennent de certaines familles de composés que renferment les feuilles. Le tableau qui suit illustre les effets de certain composé du thé sur l'organisme humain.

Tableau 3: Bienfaits du thé

FAMILLES	COMPOSES	EFFETS SUR L'ORGANISME
Alcaloïdes	Caféine (théine)	La caféine est un puissant stimulant du système nerveux. Consommé en fin d'après-midi, cette action stimulant peut provoquer de l'insomnie chez certaine personne sensible. Il est cependant très facile de décaféiner soit même son thé. En partant du principe que la caféine se diffuse pendant les premières secondes de l'infusion, il suffit de jeter l'eau de premier rinçage après une trentaine de seconde.
	Théophylline	Moins importante que la caféine, la théophylline possède une action vasodilatatrice. C'est pourquoi, le thé a un effet rafraîchissante, que ce soit frémissante ou froid. Elle est aussi un stimulant respiratoire.
	Théobromine	La théobromine est un puissant diurétique. En stimulant la circulation rénale, elle favorise l'élimination par voie urinaire
Tannins	Polyphénols	Les tannins jouent un rôle sur le resserrement des tissus cellulaire. La consommation du thé limite l'absorption des graisses lors de la digestion. Beaucoup de bienfaits sont attribués au thé grâce à la présence de ces polyphénols : prévention contre des cancers, actions anti-oxydantes, réduit le taux de cholestérol (LDL), prévention contre les maladies cardio-vasculaires, etc.
Vitamines	B	Elle favorise le métabolisme du corps humain
	P	Elle accroît la résistance capillaire et renforce les tissus sanguins
Eléments minéraux	Fluor	il est important dans la lutte contre la carie dentaire. Il renforce l'émailles des dents et retarde la formation de carie. Le thé en contient environ 3mg.

La consommation de thé quelque soit sa quantité, ne saurait être assimilée à aucun traitement de guérison. L'ensemble des bienfaits du thé relève de la diététique et non de la thérapeutique.

II22. Contre-indications[8,27]

Empiriquement, on entend aussi que le thé fait baisser le taux de fer dans le sang. En effet, les tannins présents dans le thé empêchent l'assimilation du fer des aliments par l'organisme lors de la digestion. Seule une consommation importante, plus de 1.5 l/j, pourrait avoir une conséquence sur l'absorption du fer. Les risques sont moindres avec quelques tasses. Par précaution, il est conseillé d'attendre 40 min après le repas pour prendre le thé.

Le thé peut aggraver un ulcère gastrique ou duodénal s'il est pris à jeun. Autrement dit, éviter de prendre le thé le ventre vide ou en cas d'ulcère. Il est recommandé aussi de ne



pas boire du thé lors d'une prise de médicament, car il s'oppose à certaines substances médicamenteuses.

Le thé contient deux fois moins de caféine que le café. L'ingestion modérée de caféine, 400-450mg par jour, ne semble pas provoquer des troubles chez la plupart des individus, soit 10 à 12 tasses de thé par jour. La consommation du thé est également contre-indiquée chez les femmes enceintes ou allaitantes, les personnes constipées, insomniaques et anémiques.

III. THE A MADAGASCAR

III1. Historique

L'introduction de la culture du thé à Madagascar a suivi le courant de la prospection de nouveau territoire favorable, vers la fin du XIXe siècle. Selon les dires, les premières graines furent plantées par des Missionnaires catholiques, à Ambohipo (Antananarivo) vers 1870. En 1880, conscient de l'intérêt de la nouvelle culture, l'Autorité locale encourage son développement. Pourtant, aucune grande plantation ne s'est établie à Madagascar avant 1965. Plusieurs obstacles entravaient l'essor de cette culture. Ainsi la presque totalité des plantations furent abandonnées, au cours des années 1920-1930 [5].

Dans les années 50, la question de la culture du thé réapparût. En 1953, à la demande de l'Inspection générale de l'Agriculture, Du Pasquier réalisa une étude sur la possibilité de production industrielle de thé à Madagascar. A la suite de quoi, il a établi une cartographie des sites favorables et a préconisé la création de jardins d'essais dans ces localités. Ces avis furent confirmés par Deane, en 1958 [5].

En 1962, A. Guinard entreprit une autre étude pour le compte de l'I.F.C.C. et conclût qu'il était préférable d'établir une exploitation du type familiale, notamment en zone Betsileo. C'était la base de l'opération Théicole entreprise par le Gouvernement malagasy, sous crédit F.E.D. en 1966. A la lumière des résultats acquis, de l'Administration coloniale au temps de l'I.F.C.C., l'Etat malgache décida d'implanter l'exploitation à Sahambavy [5, 12, 13].

III2. Région théicole de Sahambavy

Madagascar possède une assez vaste aire favorable, écologiquement, à la théiculture. Cependant, la survie d'une Exploitation Agricole ne se limite pas uniquement à la considération écologique. Ainsi, la prise en compte des autres facteurs conduit le choix sur la



station Mimosa III, dans la localité de Sahambavy. C'est la région de Madagascar où toutes les conditions nécessaires à une exploitation théicole du type familiale sont réunies.

III21. Situation géographique [13, 17]

La Commune Rurale de Sahambavy est située à 23 km au Nord-Est de Fianarantsoa, dans le District de Lalangina, Région Haute Matsiatra. Elle est desservie par deux voies principales : une route bitumée la reliant à la RN7 au niveau d'Ambalakely, et un réseau ferroviaire Fianarantsoa-Côte Est.

La région est localisée entre 21.30° et 22° de latitude Sud et entre 47.16 ° et 48° de longitude Est. La plantation se trouve entre 1072 et 1200 m d'altitude.

III22. Situation Agro-écologique

L'obtention d'un produit de qualité passe toujours par une matière première de qualité. L'écologie du site influe considérablement sur cette dernière. Il est donc évident de présenter les conditions écologiques de la région afin de savoir si elles correspondent à celles du théier.

III221. Conditions climatiques

Le climat de la partie orientale du pays Betsileo est du type tropical d'altitude. Il se caractérise par l'existence d'une saison pluvieuse et chaude, d'Octobre-Novembre à Avril-Mai, suivie d'une saison fraîche dont la sécheresse est tempérée par des crachins et des brouillards fréquents [5]. La proximité du corridor forestier oriental crée un microclimat particulier dans la localité de Sahambavy.

La Société possède une petite station météorologique permettant d'acquérir les données climatiques basiques à la théiculture, à savoir la température, la pluviosité, le vent et l'humidité relative. Les relevés, sur la température et la précipitation, qui seront présentées ci-après concernent une moyenne des prélèvements effectués entre 2000 et 2005.

a. Température

La localité de Sahambavy est soumise à une température moyenne annuelle de 18.6°C. La moyenne des maxima et des minima sont respectivement de 21.9°C et 14.1°C (cf. Annexe 12).

La température moyenne annuelle, enregistrée à la station de Sahamabavy, satisfait à l'exigence du théier dont l'optimal est à 18°C. Rappelons aussi qu'un climat où une séparation existe entre saison chaude-humide et saison fraîche-sec convient le plus au théier.

b. Précipitation

Les relevés faits sur cinq ans indiquent que la région est soumise à une précipitation moyenne de 1410mm par an, répartie sur 140 jours (cf. Annexe 12). La théiculture requiert plus de 1200mm de pluie par an.

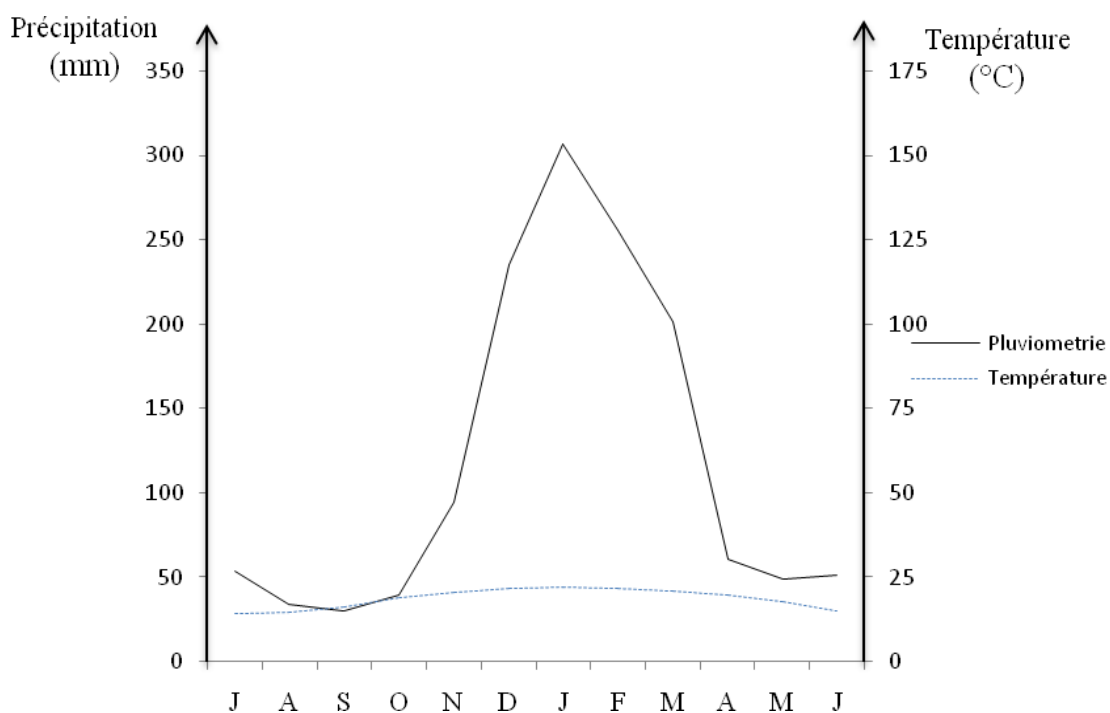


Figure 3:Diagramme Ombro-thermique

Le diagramme ombro-thermique de la région montre une assez bonne répartition de la pluie sur toute l'année. Il n'existe pratiquement pas de mois sans pluie. Il y a environ 2 mois de saison sèche qui va de la mi-août à la mi-octobre. Sur le diagramme, toutes les parties de la courbe ombrique situées sous la courbe thermique correspondent à un mois sec. Si les tracées se confondent, le mois en question est considéré comme sec.

c. Ensoleillement

Nous n'avons pas pu acquérir des données plus récentes sur l'insolation à Sahambavy, la seule donnée trouvée date de la campagne 1980-1981. Elle indique une moyenne annuelle d'ensoleillement de 5.5 heures/jour [13]. La moyenne prise à cette station se rapproche de l'exigence du théier qui oscille entre 4 et 5 h/j.

III222. Facteurs édaphiques

Les sols les plus répandus sur les hautes terres malgaches appartiennent aux groupes des sols ferralitiques caractérisés par une forte teneur en hydroxyde de fer et d'alumine. Leur

pH est acide. La teneur en humus est élevée sous grande forêt, mais celle-ci diminue sous forêt dégradée [5]. Une analyse pédologique, menée par la FO.FI.FA. (1980) montre un pH légèrement acide, 4 à 5, par rapport à la demande du théier (5 à 5.6).

III3. Société SIDEXAM

De 1975 à 1984, l'Exploitation était connue sous le nom d'OTS, puis Entreprise Socialiste (1984-1986), ensuite SOTHEMAD (1986-1989), et enfin, depuis 1989 à ce jour SIDEXAM.

La Société SIDEXAM est une Société Anonyme au capital d'Ar 84 000 000. Son complexe Agro-industriel se trouve à Sahambavy Fianarantsoa, et son Siège Social à Ankorondrano Antananarivo. Son personnel compte 147 permanents et en moyenne 200 temporaires. L'effectif de ces derniers suit l'évolution de la production de feuilles vertes.

Actuellement, le domaine de l'exploitation compte près de 843ha, dont :

- Bloc industriel (221.4 ha) géré par le Société ;
- Bloc paysan (94.17 ha) géré par les paysans mais encadré par la Société ;
- 522ha de forêt d'eucalyptus ;
- 5ha logements du personnel.

III31. Production

III311. Feuilles vertes

Calculée sur dix ans, la plantation produit en moyenne 1 808 t/an de feuilles vertes, soit un rendement de 1400Kg/ha¹ (cf. annexe 3). L'usine reçoit en moyenne 7 t/j de feuilles vertes. Et la livraison maximale peut atteindre 18 600 t/j de feuilles. A Madagascar, la cueillette a lieu principalement d'Octobre à Mai. C'est la haute saison. De Juin à Septembre, la saison morte, la production existe mais très faible, environ 600 à 900 Kg/j de feuilles, la cueillette est surtout réalisée pour entretenir la plantation.

III312. Thé sec

Depuis 2004, la Société met sur le marché deux types de thé : le thé noir et le thé vert. L'usine produit actuellement, en moyenne 400 t/an de thé noir et 1,154 t/an de thé vert. Pour des causes diverses –climat, conditions humaines – la production annuelle change beaucoup au cours de ces dix dernières années. Elle oscille entre 300 et 400 t (cf. Annexe 3).

¹ Rendement en kg de thé sec produit par hectare

III32. Commerce du thé

Concernant le thé noir, environ 75-80% de la production sont exportée. Les Malgaches ont un fort penchant pour les tisanes traditionnelles, l'habitude du thé ne leur séduit pas encore. La part exportée du thé rejoint le marché de la bourse du thé à Mombassa (Kenya). C'est le plus important marché de thé au monde.

IV. PRESENTATION DE L'ETUDE

IV1. Contexte actuel

Si on remonte à l'année 2003, le prix moyen annuel du thé noir sur les marchés aux enchères n'a jamais cessé de progresser. En outre, au cours de cette dernière décennie, la production et la consommation mondiale ont accru respectivement de 2.8% et de 2.7% [26]. Le tableau ci-dessous illustre la croissance du prix du thé sur les marchés aux enchères.

Tableau 4: Evolution du prix moyen mondial et aux enchères de Mombassa [16, 26]

Années	2003		2004		2005		2006		2007	
	Prix (\$ US)	Hausse (%)	Prix (\$ US)	Hausse (%)	Prix (\$ US)	Hausse (%)	Prix (\$ US)	Hausse (%)	Prix (\$ US)	Hausse (%)
Mondial	1.55	2.7	1.66	9.2	1.64	-1.2	1.83	11.6	1.95	6.6
Mombassa	1.54	-1.9	1.55	3.8	1.47	0.4	1.93	-4.7	1.66	32.3

Pour le cas de Madagascar, le prix moyen de son thé vendu sur le cours de Mombassa le place encore dans la zone « Planer » (cf. Annexe 1). Il suit quand même la tendance du cours de Mombassa, mais ne remonte guère au-dessus de la moyenne. Le diagramme ci-après montre l'évolution du prix du thé noir de la Société Sidexam sur le marché de Mombassa et le prix moyen sur ce marché, depuis Juillet 2007 à Février 2009.

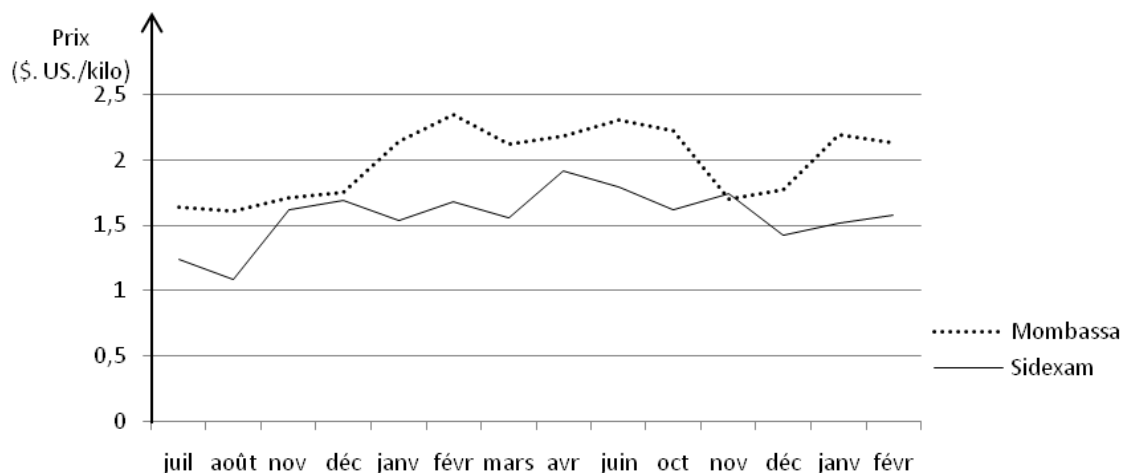


Figure 4: Evolution du prix moyen Mombassa et Sidexam (juillet 2007-Février 2009)



IV2. Problématiques et choix du thème

Le thé étant un produit raffiné du quotidien, le prix sur le marché se juge sur sa qualité sensorielle. Précédant les enchères, tous les acheteurs ont droit à un échantillon par grade et par lot. Ils vont effectuer une dégustation sur le produit avant de se décider et de faire leur choix. Des spécialistes dégustent aussi le thé à la suite de quoi ils donnent leur appréciation sur le produit sous forme de rapport afin de l'évaluer. La consultation des rapports de grades nous renseigne donc sur les caractéristiques organoleptiques du thé. Ces résultats reflètent les conditions de fabrication, mais aussi quelques caractères de la matière première (les feuilles).

Les rapports de grades, pour SIDEXAM, indiquent bien une défaillance de la qualité du produit (cf. Annexe 2). Leurs interprétations font ressortir des anomalies dans la bonne marche de la fabrication, au niveau de chaque étape. De plus, d'une vente à l'autre, les rapports varient beaucoup. Puis les défauts observés sur l'expédition précédente reviennent quelques envois plus tard. Ceux-ci signifient que la qualité du produit change constamment. Cette variation n'est pas toujours dans le sens négatif, de bonnes appréciations sont également obtenues, surtout pour les grades secondaires.

Soucieuse d'évoluer vers une zone un peu plus profitable, c'est-à-dire quitter le « plainer », la Direction Générale de la Société a préconisé donc d'orienter l'étude vers l'amélioration et la stabilisation de la qualité du thé noir afin de rehausser la valeur du produit sur le marché.

Pour ce faire, l'étude repose sur six problématiques. Tout d'abord, un inventaire des composés conférant au thé noir ses caractéristiques organoleptiques. Quelles sont les propriétés chimiques et biochimiques de ces éléments ? Puis, en seconde partie, identifier les points de maîtrise de la fabrication, et comprendre quels sont leurs impacts sur la qualité du thé noir produite. Où se situent donc les points critiques de la fabrication ? Ensuite, pour arriver à un contrôle sur ces points et sur toute la fabrication, la troisième problématique concerne un second inventaire, il s'agit des paramètres à prendre en compte pour établir une maîtrise de ces points. Quels sont les paramètres de contrôle ? Enfin, une analyse des réponses des consommateurs permettra de situer les améliorations apportées. Comment réagissent les consommateurs face aux changements réalisés ?

IV3. Contraintes et limites de l'étude

Certain facteur peut constituer une entrave au bon déroulement et à l'aboutissement de notre étude. Etant donné l'isolement de l'exploitation, peu d'études ont été réalisées sur le thé

à Madagascar, les seules existantes datent d'avant les années 80. Les revues bibliographiques sont extrêmement rares, et les seules disponibles sur Internet, dignes d'une étude scientifique, sont payantes. Pour ce qui est des « connaisseurs » de la filière dans l'île, on peut affirmer qu'ils ne sont que très peu, pour ne pas dire qu'il n'y en a aucun. Les spécialistes qui ont travaillé dans la Société sont presque tous des expatriés.

Les principes actifs du thé sont, à part la caféine, uniques dans les produits agricoles à intérêt économique à Madagascar. Par conséquent, les laboratoires capables de les analyser font défaut. Pour une analyse d'identification, il en existe mais pas pour une analyse quantitative. Pourtant ce qui intéresse notre étude concerne principalement la proportion en ces éléments chimiques dans les feuilles.

IV4. Aperçu de la fabrication de thé noir à Sahambavy

L'idée développée dans ce paragraphe n'est pas de critiquer la fabrique de thé de Sahambavy mais de faire sortir les anomalies susceptibles de nuire ou d'altérer la qualité du thé noir produit. L'analyse se base sur les mesures de paramètres importants de la fabrication et sur les rapports de grades réalisés par une entité externe à l'Entreprise. Tandis que les interprétations, quant à elles, se réfèrent aux études bibliographiques.

IV41. Cueillette

La cueillette étant considérée comme faisant partie du processus de fabrication du thé noir, il est important de la décrire afin de dégager les anomalies existantes.

Il n'existe pas de « norme de cueillette » proprement dit. La récolte se compose d'un mélange variable de jeunes pousses avec 2, 3, 4 feuilles et même plus. Le taux de grade primaire, assez faible, 80%, imputé à la qualité de récolte indique une faible proportion de bonnes feuilles (cf. Annexe 3). Un échantillonnage effectué sur quelques récoltes révèle une moyenne de 56.68% de bonnes feuilles, en se référant à la cueillette fine (cf. Annexe 4). Cette proportion n'est pas assez pour réaliser un thé de qualité, il faut au minimum 60% [18].

IV411. Soins

C'est au niveau de la manutention des feuilles que la défaillance la plus grave est observée. En effet on trouve une forte proportion de refus, 19% (cf. Annexe 4). Ceux-ci reflètent un mauvais traitement des feuilles après la récolte.



Normalement les feuilles récoltées doivent être stockées à l'abri des rayons solaires afin d'éviter un dessèchement rapide. Le manque de hangar de stockage oblige à les rassembler sous le soleil, additionné d'une longue attente avant transport, un déséquilibre de flétrissage est assuré.

IV412. Transport

Le problème du transport se présente très peu du côté de la plantation industrielle, par contre celle des villageois en souffre beaucoup. Le camion de transport met en moyenne 3 à 4 heures pour acheminer les feuilles à l'Usine. Par conséquent, les feuilles s'entassent et surchauffent jusqu'à 40°C voire plus. Quelquefois, les feuilles brunissent et se dessèchent rapidement. Elles sont transportées en vrac lorsque les paniers ne suffisent plus.

Par contre, les camions sont munis d'étages permettant d'arranger les paniers et d'éviter leur superposition. Ainsi, il est possible de les exploiter au maximum et de permettre à la fois une aération de la récolte ; mais à condition que les paniers soient suffisants.

IV42. Usinage

IV421. Réception de feuilles vertes

Au cours de la réception des feuilles, un contre-pesage de la récolte est réalisé. Puis, les feuilles sont réparties sur les bacs pour le flétrissage. La réception de feuilles dure en moyenne 20-30 mn. Elle est plus rapide lorsque les paniers de transport sont complets, mais prend un peu plus de temps quand il y a des feuilles en vrac. Et pour accélérer le déchargement, le peseur superpose les paniers sur la balance. L'ensemble de ces mauvaises manipulations altère la qualité de la matière première

IV422. Flétrissage

Un convoyeur monorail amène les feuilles vers les bacs, et des ouvriers se chargent d'y éparpiller la récolte. Parallèlement, ces ouvriers répartissent la récolte de manière à créer une couche d'épaisseur régulière.

Le tonnage par bac diffère grandement d'une saison à l'autre, il va de 0.4t (12.5Kg/m²) à 1,3t (41kg/m²) de feuilles (cf. Annexe 4). Avec 12.5Kg/m², un taux de flétrissage de 68% s'obtient assez facilement, mais un risque de sur-flétrissage se produit fréquemment. En effet, le flux d'air généré par le ventilateur n'est pas modulable, il reste toujours constant. Par conséquent la vitesse de déshydratation des feuilles change avec la quantité par bac. Ainsi, en

basse saison, le flétrissage s'accélère en raison du faible tonnage par bac. De ce fait une faible inattention conduit toujours à des feuilles sur-flétries.

Un des inconvénients des ventilateurs réversibles dans le système de flétrissage est qu'ils entraînent le phénomène de *sandwich* [19]. On obtient trois couches de feuilles à taux de flétrissage différent : il y a une couche au milieu sous-flétrie comprise entre une couche inférieure et une couche supérieure bien flétrie, c'est le phénomène de *sandwich*. Bien que la moyenne de flétrissage soit atteinte, cette forte hétérogénéité nuit à la qualité du thé noir. Ce phénomène se rencontre surtout pendant la haute saison où la quantité de feuille dépasse 40kg/m². Outre la densité de la récolte, les conditions météorologiques ne facilitent pas non plus la réalisation du flétrissage durant cette période.

Le taux de flétrissage observé va de 59% à 87%, extrêmement variable (cf. Annexe 4). Le flétrissage prend entre 15 et 22 heures, pendant les jours ouvrables, mais pour les fins de semaines, les feuilles arrivées le samedi seront usinées le lundi. La récolte traitée le lundi matin présente ainsi un aspect fort bruni et dégage une odeur assez déplaisante. Le thé sec produit donne, à la dégustation, une liqueur manquant de vivacité et présente une couleur noirâtre. Le tableau suivant illustre la durée et le taux de flétrissage pris au hasard.

Tableau 5: Flétrissage

DATE	BAC	QUANTITE (Kg)	FLETRISSAGE	
			Durée (heure)	Taux (%)
03/01/2009	1	1021	22	71
	2	1035	22	69
	4	1046	23	73
Moyenne		-	21	71
27/04/2009	2	608	15	63
	4	512	15	75
	5	512	16	87
Moyenne		-	15.5	75
19/06/09	1	393	18	69
	2	272	16.5	66
	3	280	16.5	70
Moyenne		-	17	68.3

D'après ce tableau, malgré un assez long flétrissage, les feuilles restent quand même sous-flétries. Ces résultats viennent à la fois :

- De la disponibilité limitée de la chaleur pour le chauffage de l'air en période à forte humidité atmosphérique. En dépit de 20-22 heures de flétrissage le taux 68-70% n'est pas atteint ;

- Du faible maîtrise du flétrissage, car pour une quantité relativement égale par bac et faible (15-24Kg/m²) le taux de flétrissage diffère fortement.

Un aspect très important dans le processus n'est pas pris en compte dans sa réalisation. Il s'agit du flétrissage chimique. En effet, on rencontre très souvent un flétrissage réalisé en moins de 16 heures. Dans la majorité des cas, le taux de flétrissage est acquis en moins de 10 heures et les feuilles restent dans les bacs en attendant l'usinage du lendemain. La durée du flétrissage varie beaucoup, tout comme le taux de flétrissage. D'où l'instabilité de la qualité observée au niveau du thé sec.

IV423. Roulage

L'Usine utilise le procédé CTC en combinaison avec un rotorvane. L'analyse du processus de roulage se base sur la production de chaleur causée par le travail de compression et de frottement des enrouleurs. Le tableau ci-après illustre l'évolution de la température prise au niveau de ces machines.

Tableau 6: Evolution de la température de roulage

DATE	Heure	T° Amb (°C)	Rotorvane (°F)	CTC. Machines (°F)			
				Rouleau 1	Rouleau 2	Rouleau 3	Totale
25/11/2008	08h 30	21,6	+9,5	+1,5	+1,5	+1,5	4,5
	09h 00	22,7	+9	+2,5	+1	-0,5	3
23/12/2008	05h 23	18	+11	+3	+1	+1	4
	10h 10	23	+9	+5	+0,5	-1	4,5
06/02/2009	07h 20	21	+13	+2	0	+3	5
	10h 30	23	+10	+3	-1	+2	4

D'après ce tableau, le travail fourni par chaque paire de rouleau varie beaucoup mais dans l'ensemble, la machine CTC ne produit pas suffisamment d'action de roulage sur les feuilles. Le triplex génère une augmentation de température de 3 à 7.5°F. Quelques fois, une variation négative apparaît, c'est-à-dire qu'aucun travail de frottement n'a été produit.

IV424. Fermentation

Tout comme au roulage, un prélèvement de température est effectué au niveau du fermenteur. Pendant ce processus, la qualité de fermentation se juge sur l'évolution de l'apparence du dhool qui passe progressivement de la couleur verte au brun cuivrée.

L'équipement de fermentation est muni de deux ventilateurs latéraux, le premier est installé à l'entrée et le deuxième au niveau de la moitié du fermenteur. Le premier ventilateur

est plus puissant que le second. Au cours de la réalisation de l'étude, ces ventilateurs n'ont pas été opérationnels. Le fermenteur est disposé face au vent de l'Est, lorsqu'une légère brise souffle, une mince couche noircit à la surface du dhool étendue sur 2 ou 3 m de la sortie du fermenteur. Il en résulte une couleur noirâtre de la liqueur. Cette incapacité de fournir à volonté de l'oxygène au dhool est un handicap important. La vitesse du fermenteur est réglée sur 70 minutes.

Pendant la saison chaude, où la température atteint 25-27°C, la température du dhool frôle les 34°C et la fermentation est acquise en moins de 70 mn (cf. Tableau 7). D'après les observations, les feuilles s'oxydent très rapidement. Le noircissement gagne l'ensemble des feuilles en fermentation. Autrement dit, le thé est sur-fermenté. Quand la température ambiante baisse, 10-19°C, l'oxydation ralentit et les 70 mn ne suffisent plus. Lorsque ce cas se présente à l'usine, on stoppe le fermenteur, puis la fabrication entière pour attendre la fermentation. Ou bien on laisse aller. Ces pratiques réduisent la productivité de la fabrique et nuisent à la qualité du thé noir, en donnant un thé sous-fermenté.

Le dhool est réparti dans le fermenteur sur une couche de 15-30cm d'épaisseur. A l'entrée, les feuilles peuvent s'amonceler jusqu'à 45cm de hauteur, puis après le passage au niveau d'une niveleuse placée à la moitié du fermenteur, l'épaisseur est réduite à environ 15cm. Des ouvriers retournent périodiquement le dhool pour aérer la couche en profondeur. Le même système sert également à prolonger la fermentation. Cependant une forte manipulation des dhools détruit la texture enroulée des feuilles développées au cours de la précédente étape. C'est sans doute l'une des raisons pour laquelle la remarque « feuilles ouvertes » revient très souvent dans le rapport de grade.

Tableau 7: Température de fermentation

DATE	Durée (minute)	Heure	Température (°C)				
			Ambiante	Entrée	Milieu	Sortie	Moyenne
26/11/2008	80	9h 20	25	27	29	30	28,7
	110	10h 00	25	26,5	28,5	31	28,7
		11h 10	25	28	30	30	29,3
03/12/2008	100	8h 40	24	26	30	33	29,7
		10h 45	26	26	29	34	29,7
		13h 40	27	29	33	34	32,0
28/01/2009	80	10h 20	27	28	31	34	31,0
		11h 00	29	29	32	35	32,0
		13h 40	29	30	33	34	32,3

Dans le fermenteur, trois prélèvements de température sont faits au début, milieu et à la sortie de la machine. Ils sont idéalement faits afin de suivre l'évolution de la température et de la contrôler. Antérieurement à notre étude, aucune prise de température n'a été pratiquée par les personnels de fabrication, mais dans le cadre de la recherche la connaissance de cette évolution est cruciale.

IV425. Séchage

La chaîne de fabrication de thé noir est équipée d'un séchoir FBD (*Fluid Bed Dryer*). Il s'agit d'un séchoir à lit fluidisé.

Tableau 8: Relevée de température de séchage

DATE	Heure de prise	Température (°F)				Humidité (%)
		WEI.	WEE.	DEI.	DEE.	
27/11/2008	9h 00	215	-	183	65	3,2
	10h 15	233	52	205	95	2,9
03/12/2008	8h 45	244	62	220	110	1,5
	10h 00	230	-	218	90	2,2
	13h 50	240	55	225	80	2,7
21/10/2009	09h 30	225	62	185	167	3.6
	11h 30	225	-	185	176	4
	13h 30	235	55	195	185	2.9

Au niveau du séchoir, quatre thermomètres sont placés sur des endroits dits stratégiques (cf. Annexe 6):

- Point 1 : (*Wet End Inlet*) mesure la température de l'air sec du côté de l'entrée du séchoir qui va traverser le dhool encore humide;
- Point 2 : (*Wet End Exhaust*) prélève la température de l'air humide qui a traversé le dhool humide, toujours du côté de l'entrée du séchoir ;
- Point 3 : (*Dry End Inlet*) permet d'apprécier la température de l'air sec entrant du côté de la sortie du séchoir qui va passer à travers le lit de thé presque sec ;
- Point 4 : (*Dry End Exhaust*) renseigne sur la température de l'air qui vient de traverser le thé du côté de la sortie du séchoir.

Les thermomètres 2 (WEE) et 4(DEE) ne sont pas très fiables, ce qui rend un peu difficile, voire impossible le suivi et la maîtrise du séchage. Après remplacement du thermomètre 4, nous avons enregistré 167-185°F. Les seules données fiables concernent les températures prises au point 1 et 3 puis le taux d'humidité du thé sec. Les valeurs de l'humidité enregistrées oscillent entre 2.5 et 4%. (cf. Tableau 8)



La capacité maximale du séchoir est de 400Kg/h de thé sec [18], alors que la capacité moyenne utilisée monte jusqu'à 506Kg/h. C'est pourquoi, un arrêt fréquent de la fabrication est observé suite à une baisse de la température WEE, car cet excès de débit surcharge le séchoir. Cette anomalie perturbe le déroulement de l'usinage, surtout la fermentation qui se trouve obligée d'être prolongée.

IV₄₂₆. Triage

L'atelier de triage est composé de quatre sortes de machines qui fonctionnent toutes comme des tamiseurs, sauf pour la vanneuse. Il est composé d'un Middleton, un Pucca trieur, six Trieuses défibreuses et deux vanneuses (cf. Annexe 6).

Le thé sec est d'abord traité par le Middleton pour éliminer les derniers résidus de récoltes et les grosses fibres. Puis, il est acheminé vers le Pucca trieur. C'est à partir de cet instant que commencent le défibrage et le tamisage. A la sortie du Pucca trieur, le thé sec se présente déjà par grades distinctes qui sont : BP1, PF, PF1, PD, Dust1. Ensuite, chaque grade suit des machines spécifiques afin de poursuivre l'opération de triage-défibrage sur des machines trieuses-défibreuses. A l'issue de cette opération, on aboutit à ces mêmes cinq grades débarrassés des fibres et bien homogènes. Les grades secondaires viennent, ensuite, d'un second passage des rejets (écart de triage) des grades primaires dans la chaîne de triage. Ainsi, on obtient du BP, BMF, F1 et Dust. Et finalement, le thé est soumis à l'action de la soufflerie de la vanneuse. On soumet le thé au traitement de la vanneuse afin de le nettoyer complètement et d'enlever les poussières.

Dans les rapports de grade du triage sont mentionné : un mélange de grades, un grade anormalement grand et un thé fibreux. Les deux premières anomalies viennent de la vétusté des tamis qui ont besoin d'être changés. Le thé fibreux est dû à l'inefficacité des rouleaux défibreuses. Cette inefficacité provient principalement de l'atmosphère locale du triage un peu chargée en humidité. En effet, l'accès à la salle de triage est ouvert en permanence. De plus, cette salle communique avec celle des flétrissage et roulage dans le sens du vent Est-Ouest. L'air chargé d'humidité du flétrissage circule directement vers le local de triage. Cette disposition a un double effet néfaste sur le thé : tout d'abord, sur la capacité d'enlèvement des fibres par les rouleaux, puis sur la réhydratation accélérée du thé sec en attente de triage et hors silo.

La présence de fibre peut venir également de l'humidité du thé lui-même qui rend difficile leur extraction. A Sahambavy, le triage intervient au plutôt deux à trois jours après la

fabrication, voire plus pour l'usinage du samedi. Quelques tests effectués sur le thé en attente de triage et de silo libre ont donné respectivement une moyenne de 4.8-6.2 et 5.7-7.2%. Ceux-ci démontrent qu'une forte réhumidification a eu lieu. Le tableau suivant illustre l'évolution de l'humidité du thé sec sortant du séchoir à 3% au cours du triage.

Tableau 9: Humidité moyenne du thé en triage

Date	En attente triage	Silo
20/11/2008	5,7	6,7
27/11/2008	5,8	6,6
04/12/2008	6,4	7,1
11/12/2008	5,8	6,4
15/01/2009	4,8	5,7
30/03/2009	6,2	7,2

IV₄₂₇. Stockage

Le système de stockage est composé de silos faits en deux types de matériaux (métal et bois). Les silos métalliques sont en excellents états et bien étanches. Par contre ceux en bois semblent usés ou en bon état mais les couvercles laissent circuler l'air. Ces silos sont bien distincts pour chaque grade de thé sec et leur capacité correspond à une palette de 20 sacs chacun.

Le stockage ne représente aucune anomalie sauf quelques silos en bois ont besoin d'être réparés. Néanmoins, lorsque les silos sont pleins, du thé sec reste dans des sacs à l'extérieur. Les sacs n'empêchent jamais l'échange d'humidité et d'air. Les risques de réhumidification persistent toujours [29].

Conclusion partielle I

La découverte du thé, à Madagascar, a lieu presque 5000 ans après celle de Chine. En tout cas, le site est favorable à la culture du thé. Les conditions écologiques sont assez idéales. Le choix du site s'est basé sur une étude scientifique sérieuse. Les problèmes de qualités se situent principalement au niveau de la fabrication et non aux caractères des feuilles.

Le théier est cultivé pour ses feuilles. En raison de ses propriétés thérapeutiques et de ses nombreuses vertus, l'importance mondiale de cette boisson ne cesse de s'accroître, depuis les premières cargaisons de thé à Amsterdam. L'avancé des recherches médicales met en évidence ces qualités et conforte son succès auprès des consommateurs. La production mondiale et le commerce international de ce produit sont dominés par les grands pays producteurs : la Chine, l'Inde, le Sri Lanka, le Kenya et le Japon.



L'usinage de thé noir à Sahambavy présente encore des défaillances au niveau de chaque stade de la fabrication. Faute de système de suivi et d'équipement de mesure adéquate, la qualité du produit fini est instable. En outre, il y a l'absence de norme dans le processus de fabrication.

PARTIE II. FABRICATION DU THÈ NOIR



Le séchage des produits agricoles, pour la préservation et la consommation ultérieure, est une pratique des plus anciens. Pour le théier, la récolte, au moment de la cueillette, a une teneur très élevée en eau, 75-80%. Elle se décompose très vite, d'où la nécessité de l'usiner le plus rapidement possible. Mais le principe du séchage tend, avec le temps, à éclipser le rôle vital joué par les équipements d'usinage dans le processus de fabrication. En effet, le développement des saveurs, du parfum et de l'aspect propre et attrayant du produit y prennent place. [19]

Il existe, en général, 4 types de thé :

- Le thé vert : ne subit aucune étape de fermentation ;
- Le thé semi-fermenté ou Wu long : il est soumis à une fermentation mais sans aller jusqu'au bout, c'est-à-dire une fermentation partielle ;
- Le thé noir (ou rouge) : il subit une fermentation totale, c'est le thé fermenté ;
- Le thé sombre ou Pu Er : il reçoit aussi une étape de fermentation, mais non enzymatique.

Il y a toute une combinaison possible entre ces procédés donnant différents types de thés, pour ne citer en exemple que le thé fumé une variante du thé noir, le thé blanc (thé resté à l'état naturel). Mais le principe repose sur le degré et le type de fermentation.

Notre étude, au sein de la Société, concerne le thé noir. C'est d'ailleurs, le stade de fermentation qui est le plus important dans sa fabrication, car tous les caractères faisant la particularité de ce thé s'y développent. Depuis les années 70, on rencontre trois procédés de fabrication du thé noir : le procédé CTC, orthodoxe et LTP (*Lawrie Tea Processor*). Le premier est le plus employé, avec pas moins de quatre cinquième de la production mondiale [24]. L'usine de thé de Madagascar utilise le procédé par CTC en combinaison avec une machine déchiqueteuse, la rotorvane.

Les plus importantes fonctions physiques de la fabrication concernent l'élimination d'eau et le tamisage, tandis que ses rôles chimiques et biochimiques se déroulent pendant le flétrissage, la fermentation et le séchage. Afin de mieux comprendre le processus de fabrication, il sera présenté dans le paragraphe suivant: le mécanisme de fabrication suivi du processus proprement dit ou plutôt la normalisation de celui constaté à Sahambavy. Toutefois, tout au long de ce développement, les principes actifs du thé et les paramètres de fabrication seront mis en exergues.

I. MECANISMES DE FABRICATION

Certaines familles de composés de la feuille jouent un rôle très important dans la qualité du thé noir. Elles définissent, dans leur proportion respective, les notes de parfum, de goût, des sensations en bouche de la liqueur et même de son apparence. Seule une trace de ces composés est initialement présente dans les feuilles, la majorité se développe suite aux traitements et aux conditions de fabrication.

Afin de dégager les rôles joués par le processus de fabrication dans l'élaboration des caractères du thé noir, il est préférable de connaître la composition chimique tant de la matière première que du produit fini et la chimie et biochimie de la fabrication.

II. Composition de la feuille verte

Les feuilles fraîchement cueillies contiennent environ 75-80% d'eau. Le reste est constitué de matière sèche (MS): matières organiques et matières minérales. Le tableau qui suit montre la composition approximative de la matière sèche.

Tableau 10: Composition chimiques approximatives des jeunes feuilles [10, 19, 23]

Composants	Teneur (%)
Matières organiques :	
– Composés phénoliques	25-36
– Glucides	25
– Protéines	14-17
– Lignines	5-6
– Acides aminés	4-5
– Lipides	3-5
– Caféine	2-5
– Acides organiques	0.5-0.6
– Chlorophylles et caroténoïdes	0.5-0.6
– Théophylline	0.5
– Théobromine	0.2
– Substances volatiles	0.01-0.02
Matières minérales	3-6

I11. Composés organiques

I11.1. La paroi cellulaire

Les éléments de la paroi cellulaire représentent environ 45% de la matière sèche. Ils sont majoritairement des polysaccharides (celluloses 6.5%, hémicellulose 11.5% et substances pectiques 10.5%) ainsi que des protéines [10, 19].

I112. Autres composés organiques [10, 23]

A part les composants de la paroi cellulaire, la matière sèche renferme également d'autres familles de composé organique, notamment les polyphénols et les alcaloïdes.

a. Polyphénols

Dans le cas de thé, les principaux flavonoïdes rencontrés sont représentés par la famille des flavonols et des flavan-3-ols.

b. Alcaloïdes

Les alcaloïdes ou méthylxanthines, du groupe des purines, trouvés dans le thé sont : la caféine (2-5%), la théobromine (0.05-0.5%) et la théophylline (0.5%) (cf. Annexe 5). La caféine (théine) confère à la liqueur sa vivacité et sa propriété crémeuse qui résultent du complexe formé par la caféine et les polyphénols.

c. Composés volatiles et les anions organiques [10]

Les feuilles de thé contiennent aussi des composés volatiles aromatiques. Les études menées ces dernières années ont pu identifier plus de 600 composés dans la fraction volatile des feuilles et de la liqueur, pour ne citer entre autre que le linalol, le géraniol et l'héxanol. Les feuilles renferment également des anions organiques tels que les formiates, acétates et oxalates.

I12. Matières minérales

Environ 40 éléments minéraux sont présents en faible quantité, de l'ordre du nanogramme au milligramme, dans la feuille du théier. La teneur en ces éléments est reportée dans le tableau suivant.

Tableau 11: Concentration approximative en éléments minéraux du thé[10]

Eléments		Concentration
Macroéléments (mg/g)	K	16-23
	Ca	4.3-4.7
	Mg	2.07-2.30
	Al	0.80-0.92
	Mn	0.50-0.75
	Fe	0.09-0.18
Oligoéléments (µg/g)	Na	35-41
	Zn	30-37
	Cu	20-28
	Ni	6-10

Les feuilles de thé contiennent également des anions comme les fluorures, les chlorures et les sulfates.

I2. Chimie et biochimie de la fabrication du thé noir [10, 19, 28]

Le processus de fabrication du thé noir est un déchiquetage mécanique de l'intégrité cellulaire de la feuille verte. Cela facilite le malaxage des polyphénols retenus dans la vacuole avec les polyphénol-oxydases cytoplasmiques. Les réactions chimiques et biochimiques qui en découlent se traduisent par une consommation d'oxygènes atmosphériques, un dégagement de chaleur et la formation des pigments polyphénoliques solubles à l'eau chaude. Ces réactions sont très complexes, partiellement élucidées, mais fondamentales pour la qualité du thé noir. Ces composés confèrent au produit une apparence éclatante et une couleur profonde. En outre, la force et les sensations perçues en bouche deviennent intenses et pleines.

I21. Composés non volatiles

I211. Polyphénols des feuilles vertes [10, 19]

Les jeunes pousses de feuilles de théier sont extrêmement riches en composés phénoliques dont une large groupe est constituée des catéchines jusqu'à 30% de la MS. Il existe cependant, d'autres classes de phénols présentes à faible proportion qui n'ont aucune action significative dans la formation des pigments du thé noir. Le tableau suivant illustre la composition et la teneur approximative en composé phénolique du thé.

Tableau 12: Teneur en composé phénolique de la feuille de thé [19, 23, 28]

Composés	Eléments	Composition (% MS)
Flavanols	Epigallocatechine gallate	8-13
	Epigallocatechine	3-6
	Epicatechine gallate	3-6
	Gallocatechine	3-4
	Epicatechine	1-3
	Catéchine	1-2
Falavonols et leurs glycosides		3-4
Leucoanthocyanines		2-3
Acide phénoliques	Théogalline	2
	Autres	2

D'autres plantes synthétisent les flavanols, mais le *Camellia sinensis* est unique dans sa composition. Six composés sont présents dans de très forte concentration (>1% MS) :

catéchine (C), -gallocatéchine (GC), (-)-epicatéchine (EC), (-)-épigallocatéchine (EGC), (-)-épicatechin-3-gallate (ECG) et (-)-épigallocatéchin-3-gallate (EGCG) (cf. Annexe 5).

Le climat et les facteurs agronomiques affectent la teneur en flavanol des jeunes feuilles et la composition de la liqueur du thé noir. La composition des catéchines varie significativement avec l'âge de la feuille. Non seulement la concentration en polyphénol décline au fur et à mesure qu'on s'éloigne du bourgeon, mais également, la proportion d'un catéchine par rapport à un autre change aussi. Ces variations ont des effets sur le produit de la fermentation et la qualité du thé noir. Le tableau suivant montre la distribution de la teneur en polyphénols de la cueillette.

Tableau 13: Distribution approximative de la teneur en polyphénol de la récolte [19]

STRUCTURE	Teneur par rapport à la MS (%)
Bourgeon	35.8
1 ^e feuille	35.0
2 ^e feuille	27.9
3 ^e feuille	23.1
Tige	15.0

I212. Polyphénol-oxydase [19, 23]

Le polyphénol-oxydase est l'enzyme responsable de l'oxydation des flavanols. Les flavanols et leurs galloyls esters apparaissent comme les substrats naturels du polyphénol-oxydase du thé.

I213. Polyphénols du thé noir [10, 19, 23]

Le processus durant lequel la coloration rouge brun des composés phénoliques apparait est traditionnellement appelé fermentation. Dans ce sens strict, le terme est exact, quoique l'évolution du CO₂ résulte d'une réaction enzymatique d'initiation oxydative, plutôt qu'à une implication de microorganismes.

La coloration rouge brun du pigment qui se forme pendant la fermentation vient de l'oxydation des catéchines. La teneur totale en polyphénols de la liqueur est en corrélation avec l'intensité de la couleur. Les composés responsables de la coloration de la liqueur sont constitués essentiellement des théaflavines (TF) et des théarubigines (TR).

Lors de la phase d'oxydation, les catéchines, principalement l'ECG, l'EGC et EGCG, sont oxydés par le polyphénol-oxydase pour former différents composés dont les plus connus sont le TF et le TR. Ces derniers représentent 2 à 20 % de la matière sèche du thé noir. Le TF

confère à la liqueur une couleur brun jaunâtre et le TR brun rougeâtre. Cependant d'autres composés minoritaires donnent aussi une autre coloration au jus (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 14: Composés responsables de la coloration de la liqueur [23]

Composés	couleur
Théaflavines	Brun jaunâtre
Théarubigines	Brun rougeâtre
Flavonolet leurs glycosides	Jaune claire
Pheophorbide	Brunâtre
Pheophytine	Noirâtre
Carotènes	Jaune

a. Théaflavines

La formation du théaflavine et du théarubigine commence par un mécanisme commun, une oxydation du cycle B (cf. annexe 5) des flavan-3-ols en leur *o*-quinone correspondante suivant le mécanisme présenté dans la figure suivante.

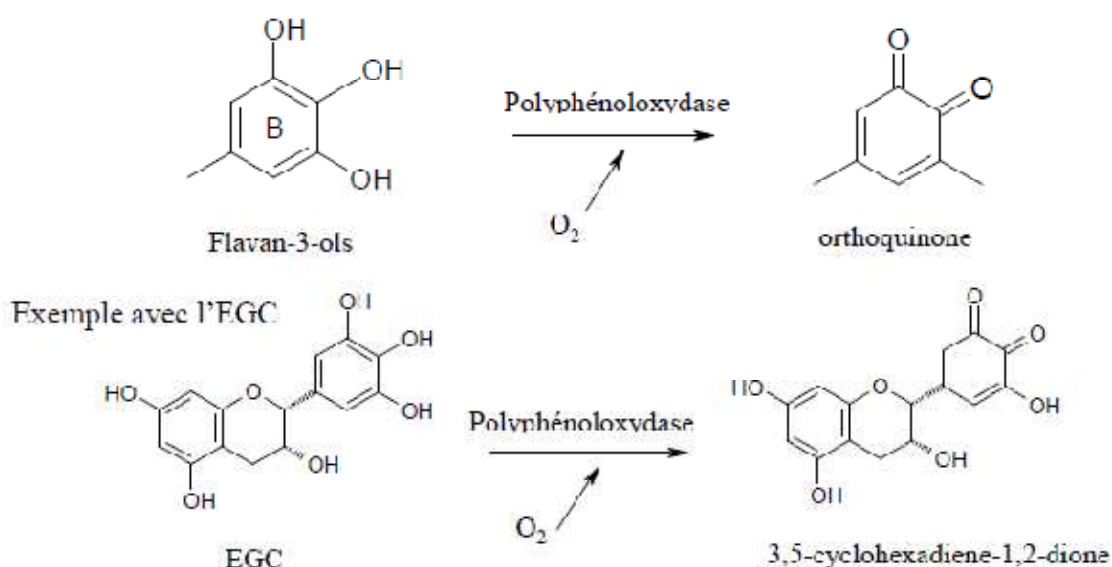


Figure 5: Première étape de l'oxydation des flavan-3-ols par la polyphénol-oxydase et exemple de l'EGC [10]

Par la suite, ces *o*-quinones peuvent réagir suivant trois voies différentes. La première conduit à la formation du TF par une réaction entre un dérivé quinone et un composé à une liaison insaturée non substituée. La réaction se produit entre un catéchine di et un tri-hydroxylé en cycle B.

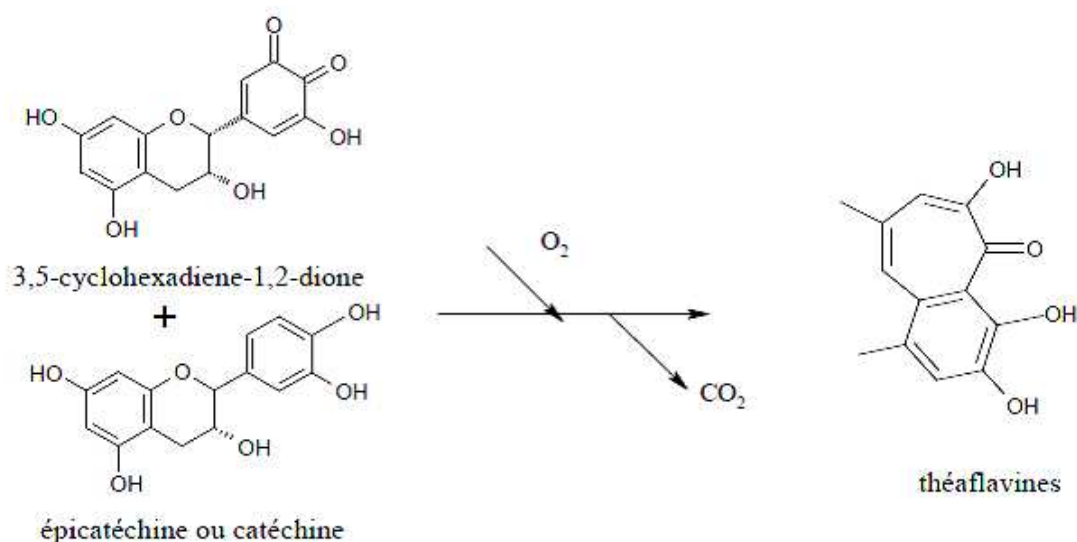


Figure 6: Mécanisme de passage de l'o-quinone aux théaflavines [10]

Basé sur ce mécanisme réactionnel, il apparaît que la majeure partie des flavanols, une fois oxydé en leur *o*-quinone respective, peuvent réagir dans une combinaison variée pour produire une série de benzotropolones dérivatives, résumée sur le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Synthèse de théaflavine par une paire de flavanols [19]

FLAVANOLS PARENTS		THEAFLAVINES
Dihydroxylés (simples catéchines)	Trihydroxylés	
(-)-épicatechine	(-)-épigallocatechine	Théaflavine
(-)-épicatechine	(+)-Gallocatechine	Isothéaflavine
(+)-catéchine	(+)-Gallocatechine	Neothéaflavine
(-)-épicatechine	(-)-Epigallocatechine gallate	Théaflavin-3-gallate
(-)-épicatechine gallate	(-)-Epigallocatechine	Théaflavin-3'-gallate
(-)-épicatechine gallate	(-)-Epigallocatechine gallate	Théaflavine-3,3'-digallate
(-)-épicatechine	Acide gallique	Acide épithéaflavique
(-)-épicatechine gallate	Acide gallique	Acid-3'-gallate épithéaflavique
(+)-catéchine	Acide gallique	Acide théaflavique
(+)-catéchine gallate	Acide gallique	Acid-3'-gallate théaflavique

Les acides théaflaviques existent en état de trace dans le thé noir. Ils proviennent de l'oxydation et condensation de l'acide gallique avec les catéchines simples (di-hydroxylés). Et le tableau ci-après illustre la composition du TF du thé noir.

Tableau 16: Composition approximative du théaflavine dans le thé noir [23]

THEAFLAVINES	Proportion (%)
Théaflavine	18
Théaflavin-3-gallate	18
Théaflavin-3'-gallate	20
Théaflavin-3,3'-digallate	40
Isothéaflavine et acides théflaviques	4

La seconde voie des dérivées d'*o*-quinones conduit à la formation des théasinensines, des molécules minoritaires.

b. Théarubigines

Dû à leur grande solubilité dans l'eau, les TR représentent 30-60% de la MS de la liqueur. Leur composition exacte et leur structure sont moins bien connues. Plusieurs auteurs présentent différentes propositions, mais aucun ne s'accorde sur une composition bien précise. L'idée qui fait presque l'unanimité est que le TR soit formé par :

- Polymère de proanthocyanidines
- Oxydation des catéchines ;
- Interaction catéchine-anthocyanidines.

Ces propositions ne sont que supposition, pas de preuve scientifique tangible ne les soutient. Néanmoins, le TR est constitué de plusieurs composés pigmentés, sa couleur orange tirant sur le marron serait due à des groupements chromophores générés par l'oxydation.

I214. Facteurs affectant la formation et la dégradation des théaflavines et théarubigines [19]

a. Oxydation couplée

Les catéchines sont des performants porteurs d'électrons et facilement oxydés, enzymatiquement, en leur *o*-quinone pour subir ensuite une rapide équilibre redox. Le déséquilibre relatif aux simples quinones et aux gallocatéchines quinones créé par ce processus, additionné d'une faible concentration en simple catéchine affecte sévèrement la formation du TF. Cette formation requiert une égale concentration en catéchine di et tri-hydroxylé.

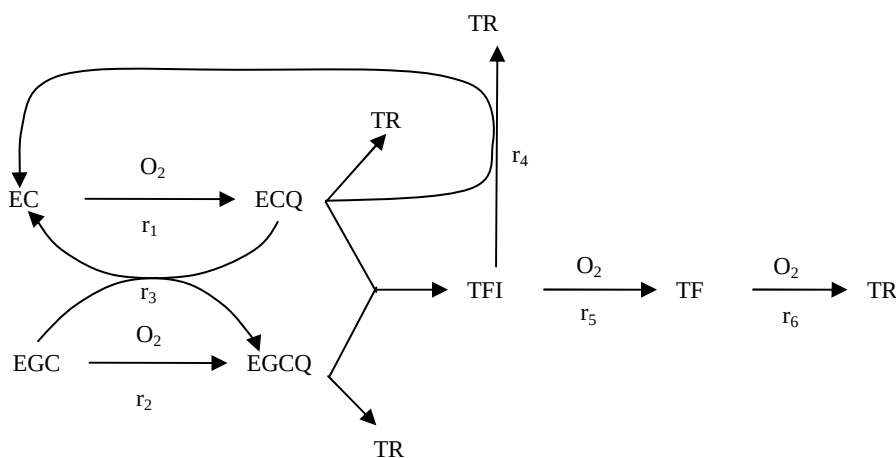


Figure 7: Schéma de la formation de théaflavine et théarubigine à partir des catéchines et rôle possible jouée par les simples catéchines dans l'oxydation couplée [19]

La concentration individuelle des catéchines, surtout di-hydroxylés, conditionne la formation des pigments suite à l'oxydation. Cet aspect de la réaction dépend des caractéristiques intrinsèques des feuilles.

b. Oxygène

Tant la formation des *o*-quinones et leur condensation en benzotropolones, que la dégradation oxydative du TF s'accompagne d'une nette consommation d'oxygène. Une faible disponibilité en oxygène peut inhiber cette oxydation, ainsi résulte une faible formation de pigments durant la fermentation. Pour que la synthèse du TF ait lieu, l'oxygène est nécessaire pour supporter formation des quinones. Sous une concentration limitant en oxygène, la formation de TF se trouve inhiber au frais de la production de catéchine quinone. Cette concurrence pour l'oxygène est particulièrement notable au début de la fermentation où la concentration en catéchine simple se trouve à son maximum et la rotation des enzymes est assurée par la disponibilité des substrats. A ce stade, la formation de TR principalement à partir des gallocatéchines quinones prédomine, quant aux catéchines simples c'est l'équilibre redox qui prime.

L'activité de l'enzyme affecte le taux d'oxydation des catéchines, afin de l'assurer la disponibilité en oxygène ne doit pas être limitant.

c. Température

La température de fermentation affecte grandement la composition en polyphénols pigmentés du thé noir de même que le rapport TF-TR. L'optimum de température pour la formation de ces polyphénols est à 30°C. Toutefois, la disponibilité en oxygène joue toujours un rôle important. En effet, une augmentation de la température favorise l'activité enzymatique, en conséquence, la consommation d'oxygène grimpe. Ainsi, sous une forte tension en oxygène, l'optimum à la formation du TF est de 10°C supérieur que sous une faible tension associée à une aération normale.

Au-dessus de 40°C, la fermentation est bloquée, malgré une forte activité enzymatique. A basse température, c'est l'équilibre redox (r_3) qui prédomine, l'évolution de la fermentation dépend alors de l'activité du polyphénol-oxydase. Aussi, des feuilles à faible teneur en polyphénol-oxydase peuvent produire du thé noir de qualité à haute température.



d. Composition en catéchine des feuilles vertes

La concentration initiale en catéchine est importante. Elle dépend de la variété du théier, du taux de croissance de la plante qui est affecté par les paramètres climatiques, du traitement en azote, du cycle de cueillette et du taillage. En plus, la récolte peut renfermer un large éventail d'âge de feuilles qui influence les conditions de fermentation. EGC et EGCG sont généralement présents à de forte proportion dans les feuilles vertes que les simples catéchines (cf. Tableau 13). La disponibilité des simples catéchines quinones pour la formation des TF dépend grandement de cette composition.

Notons cependant qu'une forte concentration EGC et EGCG inhibe l'activité du polyphénol-oxydase, et cela affectera la composition en TF et TR du thé noir.

I215. Effet de la manufacture sur la composition des pigments

Il est maintenant clair que la trituration des cellules et le processus de fermentation soient cruciaux dans l'établissement d'un environnement idéal à l'oxydation enzymatique des catéchines par le polyphénol-oxydase. A ce titre, l'environnement de la fabrication agit considérablement sur la chimie et la biochimie de la fermentation et finalement sur la qualité du thé noir.

a. Flétrissage [19]

A l'origine, le flétrissage a été fait pour réduire, par évaporation, la teneur en eau des feuilles afin de faciliter le malaxage des cellules lors du roulage. Pendant des années, on a cru que l'enlèvement d'eau, connu sous le terme de « flétrissage physique », constitue le seul effet du flétrissage. Il est connu à présent que des changements chimiques y prennent place, influençant la qualité du thé noir, d'où l'apparition de la notion de « flétrissage chimique ».

Généralement, le flétrissage chimique agit principalement sur les composés volatils du thé noir. Toutefois, une augmentation en caféine, en l'activité du polyphénol-oxydase et en acides organiques se produit également. Ces changements agissent sur la composition polyphénolique du thé noir. La caféine donne de la vivacité à la liqueur. En plus, elle complexe le TF et le TR pour donner une sensation veloutée à la liqueur. Un accroissement en acide organique abaisse le pH, idéal à la formation du TF qui requiert un milieu légèrement acide, un pH 5. L'augmentation de la teneur en polyphénol-oxydase ne peut que favoriser les réactions d'oxydation au cours de la fermentation, surtout la formation du TF.

Une amélioration de la perméabilité des membranes cellulaires apparaît également. Cela accroît les échanges membranaires et améliore ainsi la macération dans les processus suivants. La modification de la perméabilité des membranes ne s'apparente pas à un phénomène chimique. C'est toutefois un préalable à l'apparition des réactions chimiques qui contribuent à la qualité du thé noir.

Aucun de ces phénomènes, sauf la perméabilité membranaire, n'est lié à la perte en eau. L'utilité de l'enlèvement d'eau des feuilles est plus associée aux difficultés techniques à manipuler des feuilles fraîches qu'à des besoins liés aux changements chimiques. La perte en eau n'est pas une condition sine qua non à la réalisation du flétrissage chimique. Son accomplissement dépend uniquement du facteur temps et température. Ce flétrissage est achevé au bout de 16-18 heures sous une température inférieure à 32°C. Il peut être acquis même à forte humidité des feuilles [15].

b. Malaxage des cellules de feuilles [19]

La trituration des cellules survenant pendant le roulage favorise le mélange entre les catéchines et le polyphénol-oxydase. En outre, elle améliore la disponibilité de l'oxygène, nécessaire à l'oxydation des catéchines et à la formation des benzotropolones. La réduction de la taille des feuilles accroît la surface de contact avec l'air. Donc elle accélère la diffusion de l'oxygène et favorise la fermentation.

c. Fermentation [19,28]

Les conditions de macération et de fermentation, principalement la température et l'aération, déterminent l'allure à laquelle les réactions d'oxydation évoluent et la composition en polyphénols pigmentés également. Une longue fermentation découle généralement d'une faible aération, d'une maigre teneur initiale en enzyme ou les deux à la fois. Toutefois, elle rehausse la formation des composés volatils ou de leurs précurseurs.

Dans les thés ordinaires, obtenus par le procédé CTC et LTP combiné avec un fermenteur continu, où la couleur, la force, l'éclat et l'astringence constituent une importance capitale, la fermentation requiert généralement entre 60 et 120mn. A l'instar du développement du TF, ce composé atteint son maximum en concentration après 20-30mn de fermentation. Quoiqu'à ce stade la liqueur soit brillante, elle est extrêmement claire, manque de corps et de force, des caractères associées à la fraction TR. La force peut s'intensifier par un allongement du temps de fermentation, mais ce prolongement est rarement achevé sans



l'apparition du caractère doux de la liqueur, à éviter. Une longue fermentation laisse place à la dégradation oxydative du TF pour la formation du TR qui donne une saveur douce au thé.

La formation du TR par la voie de dégradation oxydative du TF nuit à la qualité du thé noir. Par contre celle obtenue par interaction catéchine-catéchine confère couleur et force à la liqueur. A ce titre, une bonne aération durant les 10 à 15 premières minutes de fermentation permet de maximiser la formation du TF, suivie d'une faible aération où l'oxydation naturelle réduit la disponibilité en oxygène. De ce fait, on bloque la dégradation oxydative du TF et favorise la formation du TR directement à partir des catéchines quinones. Sous ces conditions, une forte proportion de TR est produite à partir des simples catéchines quinones. Inverser la pratique, c'est-à-dire faible aération puis bonne aération, encourage la synthèse du TR à partir des GC. Mais la teneur en TF formé tardivement n'est pas aussi élevée qu'à la méthode précédente où les substrats sont encore en forte concentration.

Il est ainsi possible de manipuler la fermentation afin de produire des thés noirs à différente composition polyphénolique. Le contrôle de la température, l'humidité et l'aération étoffé par une connaissance de la composition en catéchine et des activités enzymatiques des feuilles aident à mieux comprendre la chimie de la fermentation et d'atteindre sa maîtrise.

d. Séchage [19, 23]

Le séchage a comme fonction d'abord d'arrêter les réactions biochimiques par dénaturation des enzymes. Puis, il réduit l'humidité des feuilles pour accroître la stabilité du thé sec. Et finalement, il rehausse les réactions chimiques responsables de la flaveur du thé noir. L'inconvénient du séchage réside au niveau du temps nécessaire au dhoool pour atteindre la température de dénaturation des enzymes. En effet, les réactions chimiques quadruplent, ou même plus, durant ce laps de temps, surtout celles susceptibles d'altérer la qualité du thé.

Il est important de bien achever le séchage, car à part les risques des moisissures, une transformation des TF en TR se produit en cours de stockage due à une activité résiduelle de polyphénol-oxydase.

I22. Composants volatils

L'appréciation des consommateurs dépend largement de la flaveur du thé sec produit. Le concept de flaveur est assez complexe mais on peut le subdiviser en goût et arôme. Les composants non-volatils déterminent le goût tandis que les volatils définissent l'arôme. On



dénombrer dans le thé près de 600 composés volatils classés en deux catégories: les produits primaires et les produits secondaires.

I221. Produits primaires [19]

Ils sont biosynthétisés par la plante et présents dans les feuilles fraîches. Ces composés appartiennent principalement à la famille des alcools (penten-1-ol, *n*-hexanol, Z-3-hexen-1-ol, E-2-hexen-1-ol, linalols et leurs oxydes, géraniol, benzylalcool, 2-phenylethanol et nerolidol). Leurs quantités changent après la cueillette et durant la fabrication.

I222. Produits secondaires [19]

Une grande partie des composés aromatiques du thé se forme durant le processus de fabrication. Ils dérivent essentiellement des carotènes, des acides aminés, des acides gras insaturés et d'autres lipides et finalement des glycosides terpéniques.

a. Produits dérivant des carotènes

Les feuilles fraîches renferment une quantité appréciable de carotène. Leur composition baisse avec l'évolution du processus de fabrication pour donner divers composés aromatiques. Pour ne citer entre autre, β -ionone qui résulte de la dégradation du β -carotène.

La formation de composés volatils à partir des carotènes survient, via réaction d'oxydation enzymatique, au cours du flétrissage, de la fermentation et des réactions pyrolytiques pendant le séchage. Ces réactions sont affectées par la teneur en catéchine, l'activité enzymatique, le degré de malaxage des cellules et la concentration en réactant, ces facteurs sont rehaussés par le flétrissage. Les composés volatils dérivant du carotène ont un effet majeur sur l'arôme du thé car ils sont produits dans de forte proportion.

b. Produits issus des acides aminés

Suite à la dégradation de protéines, catalysées par des peptidases, qui survient après la récolte, la teneur en acides aminés de la feuille s'accroît. Cependant cette teneur baisse au cours de la fermentation. La disparition des acides aminés s'accompagne d'une production d'aldéhydes. Par exemple, valine et leucine sont convertis respectivement en 2-méthylpropanal et 2-méthylbutanal. Le polyphénol-oxydase ou le peroxydase catalyse ces réactions en présence d'oxygène et des catéchines. La naissance des éléments volatils issus des acides aminés a lieu pendant l'étape de fermentation. Quoique certains aldéhydes sont réduits en leur alcool primaire durant le séchage.

c. Produits nés des acides gras

Les lipides constituent entre 4-9% MS, ils se composent essentiellement d'acides gras libres et d'esters d'acides gras. L'acide linoléique est le plus important de ces acides gras. La teneur en ces acides change pendant le processus de fabrication. Durant le flétrissage, les esters d'acides gras sont hydrolysés en acides gras libres.

Les acides gras insaturés sont dégradés pour former des composés aromatiques. D'abord, ces acides subissent une première étape de réaction aboutissant à des produits intermédiaires, aldéhydes et alcools. Et au cours de la macération des feuilles, les aldéhydes sont réduits en alcool sous l'action de l'alcool déshydrogénase. Par la suite, ces produits intermédiaires peuvent être dégradés en des acides organiques à faible poids moléculaire, mais pas nécessairement, sous les réactions pyrolytiques du séchage. Ainsi, l'acide linoléique conduit à la formation d'acide hexanoïque et d'acide E-2-hexanoïque.

d. Produits issus des glycosides terpéniques

Ces glycosides sont hydrolysés durant la manufacture en leur alcool respectif.

I223. Effet de la manufacture sur la composition de l'arôme du thé [19]

La plupart des éléments volatils de l'arôme se développent au cours de la fabrication. À ce titre, le mode de manufacture est très important dans leur composition. Le thé vert est moins riche en arôme que les thés fermentés, à cause de l'absence du flétrissage et de la fermentation dans son élaboration.

Les précurseurs de la majorité des composés aromatiques augmentent pendant le flétrissage. La formation des composés volatils est initiée et accélérée par la trituration des cellules, toutefois, la méthode pratiquée conditionne la composition finale de l'arôme. La manufacture orthodoxe fournit des thés d'excellente qualité aromatique que celle par CTC. Avec le procédé CTC, la fermentation est beaucoup plus rapide due à un haut niveau de malaxage des cellules. La faible teneur en certains éléments volatils dans ce procédé provient de l'inhibition de leur synthèse, causée par la violente oxydation des catéchines.

La disponibilité de l'oxygène est essentielle à la synthèse des éléments aromatiques durant la fermentation. Le séchage cause une réduction assez considérable de ces composés par volatilisation, malgré la formation de certains arômes. La composition de l'arôme du thé



sec varie aussi avec les grades, les grades de grand calibre en contiennent plus que les grades fins.

I3. Mécanisme de dégradation du thé au cours du stockage et le transport

Lors du stockage, les denrées alimentaires sont fréquemment sujettes à des phénomènes de dégradation. Les motifs de ces altérations sont multiples mais peuvent être regroupés en trois grandes catégories [2]:

- Activités biologiques internes (enzymes) et externes (micro-organismes) du produit ;
- Attaque de la part des rongeurs et insectes parasites ;
- Perte de quantité ou de qualité au cours de la manutention.

Mais dans le cas du thé sec, l'humidité est le principal précurseur de ces altérations. En effet, aucuns insectes ni rongeurs ne s'attaquent au thé sec. Le séchage s'assure de l'élimination de l'activité biologique.

I31. Humidité [2, 14, 6]

L'humidité du produit stocké intervient à plusieurs titres dans le processus d'altération. Deux cas peuvent être la cause de l'altération du thé sec : sous-séchage du thé ou son réhydratation. Dans le premier cas, quelques résidus de polyphénol-oxydase risquent d'altérer le thé sec conduisant à une perte en qualité sensorielle, l'activité biologique n'est pas totalement détruite par le séchage. L'humidité de sauvegarde du thé sec correspond à 4-5%, un sous-séchage implique une teneur en eau supérieure, d'où les réactions de dégradation. Le second cas se présente lorsque le thé reste trop longtemps à l'extérieur du silo, ou lors d'une défaillance des moyens de stockage laissant en contact le produit avec l'air extérieur.

I32. Température [2, 14, 6]

La température joue un rôle très important dans la conservation des produits car elle commande, non seulement la vitesse de dégradation du complexe thé-micro-organisme, mais également la vitesse de développement des micro-organismes. L'échauffement des produits est un phénomène qui s'auto-accélère, il convient donc de le limiter par entreposage à basse température.

II. NORMALISATION DE LA FABRICATION

II1. Matière première

Les feuilles du *Camellia sinensis* constituent la seule matière première de la fabrication du thé. Les récoltes sont aussi composées de fibres et de tiges, leurs proportions dépendent à la fois du standard de cueillette que des conditions climatiques.

Tableau 17: Composition approximative d'une cueillette fine et d'une cueillette grossière [19, 23]

	Cueillette fine	Cueillette grossière
Bourgeon	15 %	5 %
1 ^e feuille	30 %	8 %
2 ^e feuille	40 %	15 %
3 ^e feuille	-	21 %
4 ^e feuille	-	24 %
Tiges	15 %	27 %

La composition et la qualité de la feuille peuvent varier. Plus la cueillette s'éloigne du bourgeon, plus la proportion en fibres et en tiges s'accroît au détriment des deux premières feuilles (cf. Tableau ci-dessus). Le produit fini est le thé réparti à différent calibre et débarrassé des fibres et des tiges. Ces diverses fractions se vendent à différent prix. La cueillette fine donne plus de grade primaire, plus chère, que celle grossière.

II11. Récolte

II111. Généralité

A l'extrémité de chaque tige se forme un petit bourgeon qui devient rapidement une feuille. A la suite du bourgeon se trouvent d'autres feuilles, le long de la tige. La qualité de ces feuilles décroît en s'éloignant du bourgeon. En effet, les feuilles deviennent de plus en plus coriaces et fibreuses en vieillissant. La récolte correspond à un léger prélèvement répété, suivant un cycle, des jeunes pousses au-dessus de la table de cueillette.

La qualité de la récolte est déterminée par le nombre de feuilles cueillies avec le bourgeon. Plus on ajoute de feuille à la suite du bourgeon, moins la cueillette sera fine. Ainsi, il existe trois types de cueillette [8, 25]:

- La première dite « impériale » consiste à ne pincer que le bourgeon terminal et une feuille. Elle produit du thé de très haute qualité, malheureusement celle-ci a presque disparu ;

- La cueillette dite « fine » consiste à prélever le bourgeon terminal et les deux feuilles qui suivent. Actuellement, c'est la meilleure cueillette que l'on puisse rencontrer dans les plantations, et elle produit du thé d'excellente qualité ;
- La cueillette dite « moyenne, grossière ou classique » va, quant à elle, prendre le bourgeon et les 3, 4 voire 5 premières feuilles. Elle donne du thé de qualité inférieure aux précédents, néanmoins, elle permet au théier de mieux se développer.

Le choix du type de cueillette dépend de l'objectif recherché, c'est à dire la qualité ou le rendement. Le théier étant un arbre à feuilles persistantes, la cueillette peut être faite toute l'année, sauf dans les plantations d'altitudes, suivant un cycle de 7 à 15 jours. Elle peut être réalisée manuellement ou mécaniquement. Dans la majorité des cas, elle est encore faite à la main, la cueillette mécanique est très peu pratiquée. Dans les plantations d'altitude elle n'a lieu surtout que pendant la saison chaude et humide, la haute saison [8].

II12. Principe

On définit la qualité de la récolte selon le standard posé par la fabrique, cueillette impériale, fine ou grossière. Une bonne cueillette correspond à plus de 60 % de récolte recherchée et moins de 20% de refus [4]. Les refus rassemblent les tiges trop ligneuses, les feuilles coriaces, meurtries ou déchiquetées.

Les changements physico-chimiques prennent place dans les feuilles dès qu'elles se détachent de l'arbuste. L'opération d'usinage commence donc à partir de la cueillette. D'où l'importance des soins méticuleux apportés aux feuilles. Toutes manipulations physiques susceptibles d'endommager l'intégrité des feuilles doivent être faites avec précaution, si nécessaire, ou à éviter [15].

II13. Type de cueillette [3, 8, 15,19]

Un thé de qualité s'obtient, entre autre, avec de la matière première de bonne qualité. La qualité se définit ici comme étant le standard de cueillette et l'état des feuilles à son arrivée à l'usine. A ce titre, la finesse de la cueillette est essentielle. Cependant un compromis doit être fait entre haut rendement et bonne qualité. Mais encore, il faut tenir compte de l'impact du type de cueillette sur la plante. Il est impossible de faire un thé de qualité avec des feuilles provenant d'une cueillette grossière. Ainsi, nous allons choisir la cueillette fine dans notre travail de recherche. Elle permet de réaliser un thé de qualité sans pour autant perturber la



formation de la charpente du théier ni produire un assez faible rendement. Elle assure en outre l'obtention de la plus grande proportion de grade primaire.

II12. De la cueillette à l'Usine

A partir de la cueillette, un maintien méticuleux de l'intégrité des feuilles est primordial étant donné les changements physico-chimiques qui y prennent place progressivement [15, 19]. Ces modifications sont inévitables, la seule alternative qui reste est de réduire au minimum possible leur évolution.

Les changements majeurs affectent principalement la teneur en eau des feuilles. Une perte incontrôlée se répercute sur la qualité du flétrissage. En effet, la déshydratation excessive des feuilles entraîne un déséquilibre du flétrissage et affecte les conditions optimales d'usage [15]. L'évaporation d'eau en cause vient de l'exposition directe de la récolte au soleil, de leurs conditions de transport et de la lenteur du transfert à l'usine.

A la réception des feuilles à l'usine un échantillon est prélevé. L'échantillonnage renseigne principalement sur le respect du standard de récolte et les conditions de manutention des feuilles. La composition de bonnes feuilles indique le bon suivi du standard, tandis que la teneur en refus informe sur les conditions de traitement de la récolte. Ainsi, une forte proportion en refus (>20%) signifie que la récolte est soumise à un mauvais traitement. En dehors des manipulations post-récoltes, l'échantillonnage apprend également sur le cycle de la récolte (long ou court).

II2. Usinage proprement dite

L'usage du thé noir consiste fondamentalement en [19, 28]:

- Déshydratation partielle des feuilles (flétrissage) ;
- Réduction de la taille des feuilles (roulage) ;
- Développement de la qualité par exposition à l'air (fermentation) ;
- Enlèvement complet de l'humidité des feuilles (séchage) ;
- Triage par taille ou granule et enlèvement des fibres et des matières étrangères (triage).

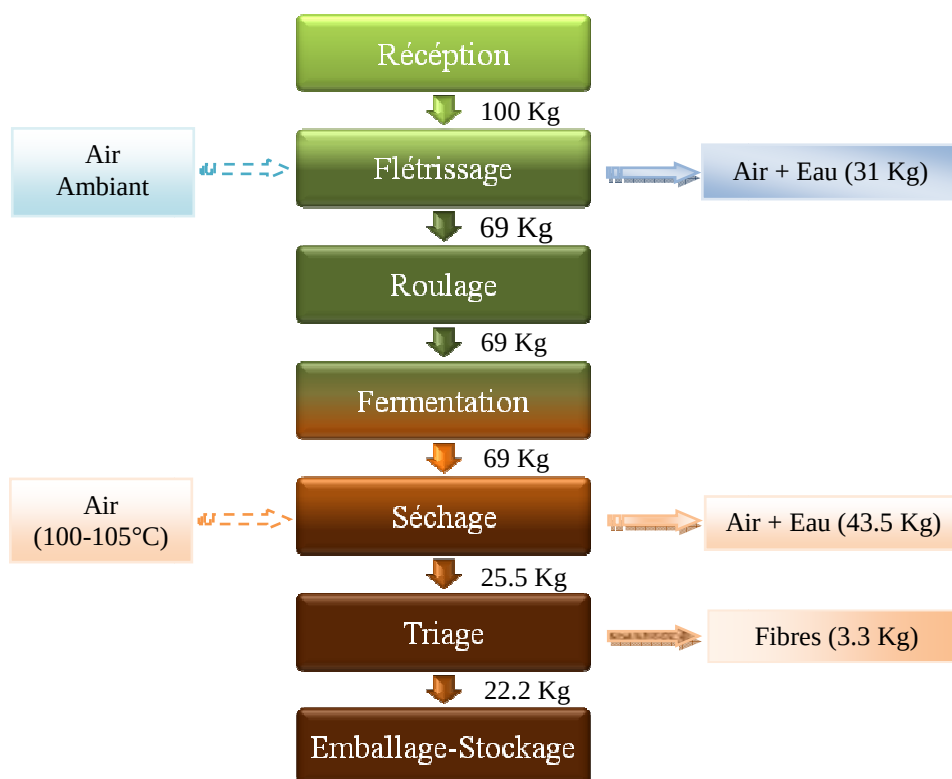


Figure 8: Diagramme de fabrication du thé noir

Ce diagramme illustre les différentes étapes par lesquelles les feuilles doivent passer pour donner le thé noir et l'évolution de leur couleur. De la réception au stockage, il s'écoule 18 à 27 heures. Le rendement moyen de fabrication varie autour de 22.5%. Il dépend à la fois de la cueillette que des conditions climatiques [9]. L'usinage du thé utilise une quantité importante d'air (2000 tonnes par tonne de thé sec) et d'énergie (chaleur et électricité) [19].

II21. Réception des feuilles vertes

La réception consiste essentiellement en un contrôle du flux des feuilles entrant à l'usine. En outre, on vérifie la qualité de la cueillette par un échantillonnage de 100 g de feuilles [4].

II22. Flétrissage

II221. Principe

Le flétrissage consiste en une déshydratation partielle des feuilles. L'étape prépare les feuilles, physiquement et biochimiquement, pour un roulage, une fermentation et un séchage efficaces. Dans la fabrication de thé, cette perte en eau est représentée par le « taux de flétrissage » qui correspond approximativement à la teneur en humidité finale des feuilles. Le taux de flétrissage adopté doit toujours convenir au procédé de roulage utilisé : CTC,

orthodoxe ou LTP. Dans le cas du procédé par CTC, il doit aller de 68 à 70%, soit une perte de 40 à 50% d'humidité des feuilles fraîches. L'élimination est réalisée par une ventilation à l'air à température ambiante ou chauffée, du lit de feuilles. L'opération de flétrissage est réalisée en moins de 24 heures, toutefois certaine fabrique va jusqu'à 32 heures [4, 8, 19].

Le flétrissage a pour objectif de rendre la récolte plus souple, une consistance idéale pour l'opération suivante, le roulage. Il s'agit là du « flétrissage physique ». Cette étape représente l'un des processus les plus importants de la fabrication, cependant, elle est quelquefois sous-estimée, sans doute à cause de sa simplicité en apparence [23].

Pendant le flétrissage, certaine quantité de matières sèches est perdue avec l'humidité. Cela vient de la perte de dioxyde de carbone causée par la respiration des récoltes. Cette perte représente 3-4% de la matière sèche. Ainsi le taux de flétrissage (teneur en eau finale de feuilles) est approximativement égal au rapport poids final sur poids initial [19].

II222. Equipement

La récolte est répandue sur une auge appelée bac de flétrissage. Ces bacs font corps chacun avec une conduite d'air munie, à l'une des extrémités, d'un ventilateur réversible et d'un radiateur. Le bac est recouvert, vers le $\frac{3}{4}$ de sa hauteur, par un treillis à café sur lequel les feuilles sont uniformément étalées (cf. Annexe 6). L'équipement du bac permet de souffler et d'aspirer, à intervalle régulière, un flux d'air à travers les feuilles. En plus les radiateurs permettent de chauffer l'air afin d'accroître sa capacité d'enlèvement d'eau en période à forte humidité atmosphérique : pluie, crachin ou brouillard matinal. L'inconvénient de ce type d'auge non recouvert est qu'on ne puisse chauffer l'air que dans un seul sens, au cours de l'aspiration [3, 19].

La mise en œuvre du flétrissage fait intervenir trois paramètres principaux : l'humidité, la température et le temps. La conduite de ce processus requiert donc l'utilisation d'un appareil de mesure : un hygromètre ou un thermo-hygromètre et pourquoi pas un chronomètre.

II223. Importance de l'air et paramètres de flétrissage

L'air joue principalement le rôle de véhicule transporteur de matière et de chaleur dans le domaine Agro-alimentaire. Dans le cas du flétrissage, l'air apporte aux feuilles de l'énergie nécessaire à la vaporisation de l'eau et transporte cette humidité vers l'extérieur, c'est en tout cas le principe. L'air agit par conséquent sur la température et l'humidité des feuilles [19, 33].



L'air renferme une certaine teneur en vapeur d'eau. A tout moment des échanges se produisent entre [2]:

- L'eau à l'état libre ;
- L'eau émise par les êtres vivants sous forme de vapeur ou de liquide ;
- L'eau des matériaux humides et celle de l'atmosphère.

Ces échanges sont toujours associés à la mise en jeu d'une quantité de chaleur égale ou supérieure à la chaleur latente de vaporisation [2, 33]. Le mécanisme de flétrissage prend ainsi en compte certaines caractéristiques de l'air, à savoir l'humidité (humidité relative) et la température (sèche et humide). De ce fait, les conditions météorologiques externes conduisent à considérer deux cas : une condition atmosphérique à laquelle l'humidité relative de l'air se rapproche de 100%, et une autre à laquelle l'humidité est un peu basse à 70%. Ces exemples correspondent à un flétrissage typique de 16 heures, où l'humidité initiale des feuilles est de 78% réduite à 70% à la fin du processus, dans une même condition de température [19].

Une humidité relative proche de 100%, l'air est saturé en vapeur d'eau, il ne peut plus absorber de l'humidité. Dans ce cas l'air doit être chauffé, effectivement la quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir l'air varie fortement avec la température. Lorsqu'on élève la température de l'air, son humidité relative s'abaisse alors sa capacité d'absorption d'eau augmente. En outre le chauffage de l'air lui offre la capacité de fournir l'énergie nécessaire à la vaporisation de l'humidité des feuilles [2, 19].

Un air à 70% d'humidité relative, pour ce second cas, l'air est apte à capter l'humidité des feuilles sans aucun apport de chaleur. Cependant il est nécessaire de calculer l'abaissement de température relative à la perte de la chaleur latente de vaporisation de l'eau qui se produira lorsque l'air aura fourni cette énergie à l'humidité des feuilles. Si on raisonne en termes de température, pour simplifier l'opération, la différence hygroscopique ou l'écart entre température sèche et température humide ne doit pas descendre sous 3°C. Dans le cas contraire un apport de chaleur est nécessaire. En général, un air entrant à moins de 75% d'humidité relative ne demande pratiquement pas d'apport de chaleur [19].

Il faut toutefois maintenir la température de l'air en dessous de 32°C. Autrement, le sur-chauffage de l'air conduit à un flétrissage trop rapide qui se traduit par un déficit de la qualité chimique [15].

II224. Conduite du flétrissage

La réalisation du flétrissage s'appuie sur la mesure des caractéristiques de l'air au début et tout au long du processus. La conduite du flétrissage dépend de ces caractéristiques. Ainsi, on va généraliser l'approche à un flétrissage minimum de 16 heures, et pour faciliter l'application, une humidité initiale des feuilles de 78% et le taux de flétrissage 70%. Les paramètres qui nous intéressent alors concernent l'humidité relative de l'air et la température (humide et sèche). Le tableau suivant montre les deux cas possible après appréciation de ces caractéristiques.

Tableau 18: Différente conduite du flétrissage suivant l'état de l'air

Caractéristique de l'air		Conduite du flétrissage
HR proche de 100%		Réchauffage progressif de l'air jusqu'à atteindre $HR \leq 70\%$
HR = 70%	$(T_S - T_H) < 3^\circ\text{C}$	Chauffage progressif de l'air pour avoir $(T_S - T_H) \geq 3^\circ\text{C}$
	$(T_S - T_H) \geq 3^\circ\text{C}$	Pas de chauffage d'air
HR < 70%		Aucun chauffage

Un point important du processus suscitant une attention particulière concerne l'uniformité du flétrissage. D'un point à l'autre du bac, le taux de flétrissage devrait être uniforme. Pour ce faire, la récolte sera éparpillée sur les bacs sur une épaisseur régulière d'environ 20cm. Pour un flétrissage plus efficace une quantité de 25-30Kg/m² de feuilles sera pratiquée, soit un tonnage de 0.8 à 1 par bac. Dans ces conditions l'usine peut recevoir jusqu'à 12t de feuilles vertes par jour. Mais quand la réception dépasse ce seuil, on peut aller jusqu'à 35Kg/m². Mais dans ce cas, à un certain moment les feuilles doivent être retournées si non le flétrissage ne sera pas uniforme l'effet *sandwich* apparaîtra. Toutefois cela demande beaucoup de mains d'œuvre, ce n'est pas intéressant du point de vue coût de production [18, 19].

Toujours dans le cadre de l'uniformisation du flétrissage, un aspect souvent négligé concerne la prise en masse de la récolte. Ce phénomène crée des mottes de feuilles qui résistent à la déshydratation, aucun ramollissement n'est obtenu au terme du flétrissage. Il provient de l'écrasement des feuilles lors de la cueillette et/ou de l'entassement des feuilles pendant le transport. Pour supprimer son effet sur le processus, on va bien éparpiller la récolte dans le bac avant le démarrage du flétrissage.

II23. Roulage

II231. Principe

Le processus de roulage consiste en une réduction de la taille des feuilles avec un degré de destruction et de malaxage de ses cellules, afin de permettre un mélange entre ces



contenus. En outre, il permet de créer plus de surface de contact avec l'air, utiles dans le stade de fermentation. En brisant les compartiments cellulaires, le roulage favorise la mise en contact des polyphénol-oxydases cytoplasmiques avec les flavanols vacuolaires [19, 28]. En plus, il façonne également l'aspect bouclé du thé noir. L'opération s'effectue en deux temps :

- Dans un premier temps, une réduction des feuilles, elle est réalisée par une machine déchiqueteuse, le rotorvane ;
- Dans un second temps, une combinaison d'action d'écrasement-déchirement-enroulement des feuilles, l'ensemble est réalisé par les machines CTC.

II232. Equipements de roulage

L'atelier de roulage se compose d'une combinaison de machine déchiqueteuse, un rotorvane, et d'un triplex CTC précédée d'un convoyeur tamiseur. Ce dernier est chargé d'enlever les matières étrangères et de réguler le débit de feuilles entrant dans le rotorvane.

a. Rotorvane

Une première réduction des feuilles est effectuée par le rotorvane, il s'agit d'un prétraitement avant le roulage proprement dit. Cette machine fonctionne avec le même principe qu'un hachoir à viande, elle consiste en un cylindre creux horizontal. Des dentures sont agencées à l'intérieure du cylindre, elles complètent l'action d'un vis sans fin prolongé d'ailettes tournant en son axe. A l'autre extrémité, une capsule bloque la sortie, générant une pression à l'intérieur de la machine (cf. Annexe 6).

Les feuilles sortent hachées du rotorvane. Cette texture n'est pas encore suffisante pour la fermentation. Le roulage se poursuit ensuite par les machines CTC.

b. CTC. Machines

La machine achève simultanément les trois actions du roulage : écrasement, déchiquetage et enroulement. Le malaxage optimal des cellules n'est atteint qu'après passage entre les rouleaux du triplex CTC.

La machine est constituée d'une paire de rouleaux recouverts de manchon de métal, segment du CTC, gravé de façon à présenter des rayures composées d'une multitude de minuscules couteaux. Ces deux cylindres tournent en sens inverse à des vitesses différentes (70 et 700 tours par minute) de manière à créer l'effet de déchiquetage et d'enroulement. Trois machines CTC sont placées en tandem à la suite du rotorvane. L'écart entre deux

rouleaux se resserre progressivement de la première à la troisième machine, dans le but de maintenir un minimum de travail par chaque paire de cylindres.

II233. Paramètres de roulage

a. Les rouleaux CTC [15, 23]

Il est très important, pour la bonne réalisation de la coupe par CTC, de ne jamais négliger le réglage et la maintenance de ces enrouleurs. Deux principales opérations requièrent une attention particulière, il s'agit du degré d'écartement des rouleaux et de l'aiguisage de leurs dentures. L'opération de « rapprochage » consiste à resserrer l'espace entre rouleaux. Elle est faite régulièrement, en effet, après quelques tonnes de feuilles, les rouleaux s'écartent.

Un aspect important concerne le niveau d'aiguisage des rouleaux. Les segments de l'enrouleur doivent toujours être tranchants pour avoir une meilleure coupe, sinon, le pourcentage de grade primaire sera réduit et la présentation manque d'éclat ou morne. Le degré de rapprochage des rouleaux agit aussi sur ce pourcentage. Plus encore, il assure la bonne réalisation du roulage. La fermentation sera d'autant plus accomplie et uniforme que les coupes soient fines.

b. Humidité des feuilles

Le choix du taux de flétrissage appliqué dépend du procédé de fabrication utilisé. A ce titre, le procédé par CTC requiert un taux de 68-70%, pour réaliser le degré de malaxage maximal des cellules des feuilles [23].

Un excès d'humidité génère d'abord plus de chaleur au niveau du rotorvane. Puis, les feuilles tendent surtout à être découpées, l'effet d'enroulement est difficilement réalisable. On perd l'aspect bouclé du produit fini qui présente une apparence presque en coquille, ou pire, ouverte. En outre, le travail d'écrasement des rouleaux est médiocre, ce qui conduit à une fermentation difficile. La fermentation demande beaucoup plus de temps que la normale. A l'opposé, le sur-flétrissage (<60%), les feuilles trop souples se prêtent mal à la torsion et au déchiquetage. Le résultat est à peu près la même que dans le premier cas au niveau de la fermentation, lente et incomplète. En plus, ces feuilles émoussent rapidement les dentures, et il en découle alors un aiguisage plus fréquent des rouleaux [15].

L'opération de coupe requiert le niveau d'humidité optimum des feuilles pour donner le maximum de grade primaire, et mener à bien le roulage

c. Contrôle de la température [18, 19, 23]

L'opération de roulage produit de l'énergie mécanique et chimique se traduisant par un dégagement de chaleur. L'énergie mécanique résulte de la friction créée au sein du rotorvane, et de l'action d'écrasement-déchiquetage au niveau des rouleaux. L'énergie chimique provient quant à elle d'un début d'oxydation suite à l'exposition de la surface des feuilles roulées à l'air. Le désavantage avec l'excès de chaleur, c'est qu'il nuit à l'éclat de la liqueur. Ainsi pour quantifier le travail des enrouleurs surtout, on se sert de l'augmentation de température.

Par sa conception, le rotorvane produit plus de chaleur se traduisant par une augmentation de température d'environ 10°F. La machine CTC favorise par contre, le contact entre feuilles broyées et air ambiant, et cela aide à éliminer une partie de la chaleur par évaporation. C'est l'un de ses avantages. Ainsi, le travail fourni par chaque machine est déterminé par l'élévation de température des feuilles après chaque passage. Pareillement, le CTC doit fournir au minimum 4°F par coupe, soit une augmentation de 12°F sur l'ensemble de ces machines, sans quoi les rouleaux ne procurent pas assez de travail. La température constitue, pour l'opération de coupe, le « tableau de bord ». La prise de mesure sera effectuée à intervalle régulière, toutes les 2 heures seraient appropriées.

II24. Fermentation**II241. Principe général [3, 4, 8]**

L'étape de fermentation est la plus importante dans la fabrication du thé noir. Elle se résume en la mise en contact prolongée des feuilles roulées, ou plus précisément des réactants de la fermentation avec l'oxygène de l'air. Elle a pour but de développer toutes les qualités du thé noir, c'est-à-dire :

- Affiner le goût qui devra être doux par opposition au goût amer du thé vert ;
- Donner une couleur brun-cuivrée au thé ;
- Développer l'arôme.

La sous-fermentation donne une saveur âcre, un arôme moins développé au jus et une persistance de l'odeur verte. Tandis qu'une sur-fermentation conduit à un produit sans saveur et une odeur pourrie, l'oxydation cédant place à une réelle fermentation. La fermentation commence dès le déchiquetage des feuilles dans le rotorvane. Elle se poursuit dans une

installation assurant son déroulement dans les conditions idéales de température et d'humidité précises.

II242. Fermenteur

L'équipement comprend une machine à fermenter, le fermenteur (cf. Annexe 6). Le fermenteur consiste en une série de plateau perforé formant un lit mobile à travers lequel l'air peut circuler. Le dhool est étalé sur les plateaux, en utilisant un épandeur et un dispositif de nivellement, afin d'avoir une épaisseur régulière, 20 à 25cm [19]. Les plateaux s'avancent lentement au-dessus de la machine, vers la sortie du fermenteur, et de l'air humide est envoyé à travers le lit. Par contre, ce procédé peut avoir un inconvénient : le flux d'air régulier n'est réalisable que lorsque le lit se trouve complètement couvert. Dans le cas contraire, l'air va chercher le chemin le plus facile, cela entrainera une variation de la qualité de la fermentation.

II243. Paramètres de fermentation

a. Aération (oxygène) [19]

En cours de fermentation, l'aération doit être bonne sans toutefois qu'il y ait un courant d'air, au risque de noircir le thé. Les feuilles contiennent de l'oxygène, pourtant, lorsque ce dernier est épuisé, la fermentation s'arrête s'il n'y a aucun apport, d'où l'importance d'un lit à couche mince et d'une aération régulière. Le ravitaillement d'air frais améliore la disponibilité en oxygène, et l'oxydation continue. Néanmoins, si la couche épaisse est traitée convenablement avec un apport d'air frais, la fermentation continue.

L'aération sert aussi à réguler la température de fermentation. En effet, les réactions d'oxydation s'accompagnent d'une production de chaleur. Une bonne aération permet alors d'évacuer ce dégagement d'énergie et de réduire la hausse de température.

b. Humidité ambiante [15, 23]

La réaction d'oxydation qui se produit au cours de l'étape de fermentation a besoin d'une condition d'humidité ambiante bien précise, 85 à 95%. L'optimale se trouve à 90%. Dans le but d'éviter le dessèchement des feuilles, un dispositif d'humidification permet de rétablir l'humidité de la fermentation.

c. Température de fermentation

Durant la fermentation, la température de la masse de feuilles tend à s'accroître. Les réactions chimiques et biochimiques dégagent de l'énergie calorifique. L'étape doit faire

l'objet d'un contrôle strict de la température. Autrement, la qualité du produit risque de souffrir à cause des réactions secondaires, indésirables, qui vont se produire très rapidement suite à une forte augmentation de la température. En général, les réactions chimiques tendent à doubler leur vitesse toutes les 10°C. Cette accélération de la vitesse conduit, cependant, à un surplus d'énergie chimique produite dans un intervalle de temps donné. Et cela va créer une réaction en chaîne, et le contrôle sera perdu [19].

La température de fermentation doit être maintenue la plus basse possible, 23 à 28°C, afin de développer au maximum la vivacité, l'éclat et la force de l'infusion [3].

II244. Réalisation de la fermentation

Dans ce volet, nous allons nous concentrer un peu plus sur la maîtrise de la température de fermentation et de la manipulation des feuilles avec les moyens existants. Nous ne disposons pas d'un équipement permettant d'intervenir sur la disponibilité de l'oxygène ni sur l'humidité relative. Par contre, nous pouvons jouer sur le facteur temps. Toutefois, il serait un atout supplémentaire de pouvoir agir aussi sur l'aération des dhools.

Pour jouer sur la température et la disponibilité de l'oxygène, nous avons orienté notre étude sur l'épaisseur de la couche de dhool. En effet, les écrits suggèrent une épaisseur allant de 15 à 25cm, mais avec un équipement dont le système d'aération fonctionne correctement [3]. Dans notre cas, nous avons opté pour une couche d'environ 10cm, car la température est une fonction croissante de l'épaisseur. Plus on réduit la couche plus la hausse de température baisse. En outre, une couche relativement mince favorisera assez bien un contact dhool-air et permettra une régulation de la température. C'est l'épaisseur limite en dessous de laquelle le débit de dhool qui entre dans le séchoir FBD est trop faible risquant de griller le thé [18]. Ce mode opératoire est réalisable si et seulement si le débit de feuille traité ne dépasse pas 1100Kg/h correspondant à la capacité maximale de ce séchoir de 400Kg/h de thé sec. La température de fermentation est relevée à intervalle régulière, toutes les 2 heures, sur trois points du fermenteur (entrée, milieu et à la sortie) afin de suivre son évolution.

II25. Séchage

II251. Principe et paramètre

Le séchage intervient juste après la fermentation. Il a pour but de stopper l'évolution de la réaction de fermentation, au moment désiré, et d'achever la déshydratation totale des feuilles. Le dhool entre dans le séchoir à une teneur en eau d'environ 68-70% et en sort à une



humidité de 2.5-3.5% [19, 28]. Un taux d'humidité de 4-5% correspond à l'humidité de sauvegarde du thé sec [23]. Le thé est un produit fortement hygroscopique. Etant donné qu'il n'entre pas directement dans un silo après séchage, le thé s'expose à l'humidité ambiante de la salle pendant le triage et se réhydrate. On prend alors cette marge à la sortie du séchoir pour prévenir ce phénomène de réabsorption d'eau.

L'opération se résume en un traitement à haute température des feuilles fermentées pendant 15 à 20mn. Le thé est séché par exposition des feuilles humides à un courant d'air chaud, 200 à 225°F. Il s'agit d'un séchoir à lit fluidisé. Le thé se déplace en flottant sur un courant d'air ascendant. Certain arôme caractéristique du thé s'y développe. Le séchage sert à la fois à mettre en valeur et à conserver les caractères acquis en fermentation. Mais encore, la haute température stimule le développement de certains composés aromatiques du thé noir. A cet effet, un suivi strict de la température et du taux d'humidité du thé sec est primordial. La chaleur nécessaire au séchage est fournie par une chaudière à bois et véhiculée par de la vapeur d'eau vers le séchoir et d'autres unités [7,19].

Ces paramètres, temps et humidité, mentionnés ci-dessus correspondent à un thé entrant à environ 68-70% d'humidité (taux de flétrissage). Évidemment un thé plus humide demandera plus de temps et inversement pour un moins humide. Le thé brûlé (<2.5%) perd en qualité. Tandis que trop humide (>4%), il se détériore facilement en conservation. Les résultats sont tous néfastes sur la qualité du produit. A la sortie du séchoir, le thé prend une apparence noirâtre, lui valant l'appellation de thé noir.

II252. Mise en œuvre

Le principal effort dans la réalisation du séchage réside dans le bon suivi de la température au niveau des points clés du séchoir et la détermination de l'humidité du thé sec. Dans l'état de l'installation de séchage à Sahambavy, on ne peut agir sur la durée qui est déjà prédéfinie à environ 20 minutes. Le séchoir FBD est un peu délicat, seul un spécialiste peut s'évertuer à modifier le temps de séchage. Le tableau suivant montre donc les températures au niveau des quatre points stratégiques. Les variations de la température seront surveillées de près afin de limiter le dégât s'il survient et d'intervenir immédiatement. L'enregistrement peut concerner les relevés tous les 2 heures. La teneur en eau du thé sec est déterminée toutes les 30 minutes à l'aide d'un appareil de test d'humidité (cf. Annexe 6).

Tableau 19: Températures au niveau du séchoir [18]

Thermomètres	Valeurs idéales (°F)
1-WEI	210-225
2-WEE	185-195
3-DEI	210-225
4-DEE	185-195

II26. Triage

II261. Principe

Sorti du séchoir, le thé est constitué d'un mélange de particules de tailles différentes, de tige et de fibre. La proportion en ces dernières dépend du standard de récolte et du climat. Le triage consiste à séparer ces différentes fractions, afin de ne retenir que le thé réparti en grades. L'opération s'apparente donc à un nettoyage du produit pour donner une meilleure présentation.

Après le séchage, le thé est d'abord refroidi, puis trié par granules appelées grades, suivant la dimension de la particule. Il est en outre débarrassé des fibres et des matières étrangères qu'il contient. Ces opérations sont effectuées par des trieuses munies de tamis et des extracteurs de fibres. Ces extracteurs se composent d'une série de rouleaux recouverts de matière plastique et chauffés par des ampoules électriques. Le chauffage des cylindres favorise l'attraction des fibres du thé par différence de charge d'électricité statique. Quoique sur une région à faible humidité atmosphérique, cet apport de chaleur n'est pas nécessaire, car la rotation des rouleaux suffit à créer l'effet magnétique. Plusieurs défibreuses sont intercalées sur une même trieuse afin d'améliorer la présentation finale du thé [7, 15, 19].

Le thé est classé en deux catégories : les feuilles brisées et les feuilles entières. Le procédé par CTC donne des thés classés parmi les feuilles brisées et produit du thé noir de qualité « fannings, dust et broken ». Ainsi le triage donne les différents grades du tableau ci-dessous [24].

Tableau 20: Principaux grades CTC

Catégories	Grades primaires	Grades secondaires
Broken : grosses particules en forme de boule	BP1 (Broken Pekoe One)	BP (Broken Pekoe); BMF (Broken Mixed Fannings).
Fannings : petits fragments plats, allongés	PF (Pekoe Fannings); PF1 (Pekoe Fannings one)	F (Fannings)
Dust : sous forme de poussière	PD (PekoeDust) ; Dust 1	Dust



Dans la classification des thés brisés, ces appellations n'ont d'autre signification que la désignation des particules de dimensions différentes. Rappelons quand même que l'obtention d'un pourcentage élevé en grade primaire, supérieur à 90%, dépend à la fois de la finesse de la cueillette que de la qualité d'aiguisage des enrouleurs CTC.

Au cours du triage, le thé qui est fortement hygroscopique se réhumidifie un peu, jusqu'à atteindre le taux de 4-5% assurant sa conservation. A ce titre, une attention particulière doit être tenue à l'égard de l'humidité relative régnant dans la salle, non seulement pour le caractère hygroscopique du thé sec, mais aussi pour la performance électrostatique des défibreuses. Une humidité élevée réduit la capacité d'enlèvement de fibre par les rouleaux. Le triage idéal suivra immédiatement le processus de séchage et doit être achevé le jour d'usinage. Il faut éviter les longues expositions à l'humidité ambiante. Plus le thé sec reste hors silos, plus les risques avec l'humidité s'accroissent [15].

Les différents grades sont stockés dans des silos à part attendant leur mise en emballage.

II262. Essais techniques

Les principales anomalies accusant le triage sont imputées à l'humidité. De ce fait, les essais se rapportent à réduire l'exposition du thé sec à l'atmosphère externe du silo. Ainsi, le thé usiné sera trié et stocké dans les silos le jour même de fabrication. Puis, on prendra l'humidité des feuilles tout au long du processus de triage.

Quant au problème de fibre relié à la capacité de défibrage des rouleaux, l'isolement total de la salle de triage de celle de flétrissage n'est que partiellement réalisable à cause des mouvements de va et vient entre les deux salles. Mais nous allons limiter au minimum ces mouvements.

II27. Emballage et stockage

II271. Emballage

Les fabrications journalières d'un même grade ne sont pas strictement identiques. Aussi il faut homogénéiser sur de grandes bâches le contenu d'un silo avant l'emballage du thé.

Pendant plusieurs années, l'industrie du thé utilisait des caisses en bois pour l'expédition sur le marché mondial. Il était connu qu'une certaine détérioration survenait pendant le transit, accompagnée par une absorption d'humidité. La perte de valeur du thé en



transit résulte d'une combinaison possible entre une défaillance dans le processus et l'emballage inadéquat, particulièrement à l'égard de l'absorption d'humidité. L'humidité idéale est de moins de 5% dans un emballage imperméable, pour le transport et les places de ventes [19]. Le thé craint l'humidité, ainsi, le choix du type d'emballage repose sur son imperméabilité à l'humidité. A ce titre, du papier carton doublé d'une feuille d'aluminium et de polyéthylène est la combinaison la plus couramment employée. Bénéficier d'une préservation de la qualité peut aussi être acquis en empêchant l'oxygène de se mettre en contact avec le thé durant le stockage et le transport en créant un vide dans l'emballage ou en la remplissant de gaz.

II272. Stockage

Le thé trié doit être stocké dans des silos réservés pour chaque grade. Cela afin d'éviter les mélanges accidentels et protéger contre l'humidité. Tout comme l'emballage, l'Usine doit opter pour des matériaux imperméables à l'humidité externe. Le choix se porte généralement sur l'utilisation des silos métalliques mais quelques fois aussi en bois.

Plusieurs types de réactions post-fermentaires peuvent survenir causant une détérioration de la qualité. L'ampleur de ces réactions dépend du niveau d'humidité. L'humidité convenable correspond à 4% dans un silo complètement étanche. Le thé est un produit extrêmement périssable, son stockage prolongé à l'usine endommage sa qualité. [15].

II3. Hygiène de fabrication [3, 15, 23]

Le thé est un produit alimentaire. Il doit à ce titre être manipulé avec les plus grands soins à tous les stades de la fabrication. Il peut en outre être très rapidement souillé. Il faut notamment éviter d'éparpiller les feuilles sur le sol de l'aire de réception et lors du remplissage et du déchargement du bac de flétrissage. Il est en plus sujet à des infections bactériennes surtout au cours de l'opération de roulage et de fermentation. Ces infections proviennent du mauvais nettoyage des machines en fin de fabrication. Elles détériorent le parfum. Ainsi les machines dans la salle de roulage et de fermentation doivent être lavées à l'eau tous les jours pour éviter toute contamination bactérienne.

Les poussières créées par l'opération de triage doivent être évacuées. Une stricte hygiène corporelle du personnel est exigée.



Conclusion partielle II

Des changements physico-chimiques surviennent au cours de l'usinage. Les modifications chimiques majeures ont surtout lieu pendant l'étape de flétrissage, de fermentation et de séchage. Ces évolutions internes des feuilles développent et affinent les caractères du thé noir. Les catéchines et certaines familles de composés volatiles sont les principaux réactants, sous l'intervention des enzymes internes des feuilles. Les paramètres : humidité, température et temps interviennent principalement dans la réalisation de ces réactions. Toutefois l'étape de fermentation reste la plus importante et la plus délicate de la fabrication du thé noir. Mais le flétrissage est le plus ardu à mettre en œuvre. L'aspect sensoriel du produit fini découle tout aussi de la fabrication que des caractères chimiques des feuilles fraîches.

La manufacture du thé noir se déroule sur six étapes dont la tâche la plus délicate se résume à la manipulation des feuilles. Un produit de qualité résulte d'une matière première de premier choix. Ainsi, la fabrique doit définir son standard de cueillette en fonction de ses objectifs. Le processus de flétrissage accueille en premier les feuilles à l'Usine. D'une apparence facile à réaliser, il donne lieu à deux types d'évolution :

- un changement physique,
- un changement chimique et biochimique internes des feuilles.

L'ensemble de ces phénomènes prend 16-24 heures. L'opération est suivie d'une réduction-malaxage des feuilles, dite roulage. Ce dernier assure la réussite de la fermentation et de l'aspect attrayant du produit fini. Le processus de fermentation fait suite à l'opération de roulage. Il développe les caractéristiques du thé noir par une série de réaction d'oxydation des catéchines et aussi d'autres composés organiques des feuilles. Afin d'arrêter ces réactions, le dhool est soumis à un traitement thermique réduisant son humidité à 3%, cette dessiccation favorise la conservation du produit. Pour donner un aspect attrayant et présentable, le thé sec passe par l'étape de triage. Enfin, le thé noir est stocké dans des silos avant l'emballage et l'expédition.

Le thé est un produit extrêmement périssable, que ce soit à l'état de feuilles fraîches ou à l'état de thé sec. Garder les caractères obtenus après usinage relève tout aussi du défi que de les développer.

PARTIE III. ETUDE QUALITE

Les conditions atmosphériques agissent sur le déroulement de la fabrication tant au niveau de la matière première, du flétrissage qu'au niveau de la fermentation. Etant donné la variabilité des facteurs climatiques, nous avons jugé approprié de réaliser notre étude sur une période de neuf mois allant du mois de Décembre au mois de Juillet, et de Septembre. L'objectif est de généraliser l'approche sur la fabrication dans n'importe quelles conditions climatiques (chaude-humide, froide-humide, froide-sèche et chaude-sèche).

Cette partie évoquera, donc, les résultats de notre étude de normalisation et leur interprétation. Cependant, la réussite ou non de notre démarche doit être soutenue par des preuves scientifiques tangibles et fiables. D'où la nécessité d'une étude qualité dans le second paragraphe. Cette partie traitera aussi les discussions et quelques recommandations seront avancées. Et on terminera par une analyse des coûts supplémentaires liés aux travaux d'amélioration afin d'évaluer sa rentabilité.

I. RESULTATS

Les résultats présentés ci-après résultent de plusieurs mois d'études et d'essais. Seules les expérimentations concluantes ont été retenues comme procédés de fabrication.

II. Récolte

Le tableau suivant représente la composition de récolte de quelques essais.

Tableau 21: Composition de la récolte pour essai (cf. Annexe 7)

Date	CUEILLETTE							Somme
	p+2	p+3	p+4 et plus	Refus				
				Feuilles simples	Ecrasées	Dures	Total	
30/03/2009	79,37	6,35	1,59	6,35	6,35	0,00	12,70	100,00
31/03/2009	84,85	3,03	0,00	4,55	7,58	0,00	12,12	100,00
06/04/2009	89,23	3,08	0,00	0,00	7,69	0,00	7,69	100,00
07/04/2009	82,19	4,11	1,37	6,85	5,48	0,00	12,33	100,00
13/04/2009	71,01	13,04	0,00	7,25	8,70	0,00	15,94	100,00
14/04/2009	77,94	10,29	0,00	5,88	5,88	0,00	11,76	100,00
20/04/2009	73,44	14,06	0,00	7,81	4,69	0,00	12,50	100,00
27/04/2009	80,26	13,16	0,00	2,63	3,95	0,00	6,58	100,00
08/09/2009	82,35	7,35	0,00	2,94	7,35	0,00	10,29	100,00
Moyenne	80,07	8,28	0,33	4,92	6,41	0,00	11,32	

Notre analyse s'est portée surtout sur les traitements post-récoltes. Ainsi on a obtenu un taux moyen de récolte en bonnes feuilles de 80% et un refus de 11,32%. Malgré la

présence, même très faible, de p+3 et de p+4, la qualité de récolte est largement supérieure au minimum, 60% et un refus nettement inférieur à 20%.

Le maintien du bon état de la récolte est une opération difficile à mettre œuvre surtout lorsque les feuilles sont humides suite à un brouillard matinal, un crachin ou une pluie, d'où la faible amélioration réalisée quant à la proportion des feuilles écrasées. En effet, les feuilles fortement humides sont très cassantes et fragiles. Lorsqu'elles s'assèchent, elles s'assouplissent et tolèrent presque les manipulations. On ne peut éliminer totalement l'écrasement des feuilles et la présence de feuilles simples car la compression entre les mains des cueilleurs et les secousses durant le transport favorisent l'apparition de ces anomalies. Par contre, une grande amélioration fût réalisée sur la teneur en feuilles dures.

12. Flétrissage

Le tableau ci-dessous montre le résultat sur le flétrissage de la manufacture dont l'échantillon sera soumis à l'analyse monadique.

Tableau 22: Résultat du flétrissage

Bac	Quantité (Kg)	Durée	Heure de prise	HR (%)	T (°C)		Ventilation		Taux (%)
					T _S	T _H	Aspiration	Expiration	
1	518	20h 30	09h 30	56,7	17,2	12,1	09h 30	11h 00	69%
			13h 30	60	17,9	13,3	13h 30		
							Arrêt à 14h 30		
3	580	23h 00	09h 35	59	17	12,3	09h 30	11h 00	68%
			13h 35	60,3	17,6	13	13h 30		
							Arrêt à 16h 00		
5	532	23h 30	09h 40	58,5	16,6	11,9	09h 30	11h 00	71%
			13h 30	52,8	20,2	14,2	13h 30		
							Arrêt à 16h 40		

Le taux de flétrissage est dans les normes exigées pour la manufacture par CTC, 68-70%. Ces taux sont réalisés avec un temps de flétrissage de 20h 30 à 23h 30. A aucun moment du processus nous n'avons eu recours à un chauffage de l'air. En effet, l'humidité relative de l'air est restée largement en dessous de 70%. Au contraire, la déshydratation fût si rapide qu'on a arrêté les ventilateurs après seulement 4heures de flétrissage. En temps normal, la quantité par bac devrait dépasser les 800Kg (25Kg/m²), mais en basse saison, la production est si faible qu'il faut attendre longtemps pour obtenir cette quantité. Alors, afin de ne pas détruire la récolte, elle est traitée dès que la quantité dépasse les 500Kg (cf. Annexe 7).

Quand l'humidité relative de l'air baisse, sa capacité d'enlèvement d'eau augmente et le temps de flétrissage s'accélère. De ce fait, pour maintenir la durée minimale, on stoppe la ventilation. Même si cette dernière s'arrête, la déshydratation continue toujours mais de façon naturelle. Il faut bien surveiller les feuilles pour savoir à quel moment arrêter la ventilation. Jusqu'à ce jour, aucun instrument n'est disponible afin de juger l'avancement du flétrissage. La connaissance empirique prédomine toujours.

D'après les observations, la conduite du flétrissage dépend non seulement des conditions climatiques mais aussi de l'état physiologique du théier. Il y a les plantations de première année, de deuxième et de troisième année. Cette classification se définit par l'âge de la parcelle par rapport au dernier taillage. La première correspond à la récolte de l'année qui suit le taillage et ainsi de suite. Elle produit la récolte « typing ». Ce type de récolte est un peu difficile à flétrir. En effet, sa teneur en eau dépasse les 80% [23]. L'évolution du flétrissage se juge principalement sur la vue et le toucher mais la récolte « typing » se ramollisse vite en apparence, alors que le taux désiré n'est pas encore atteint. Là encore, la connaissance empirique intervient. Il faut réitérer plusieurs fois l'expérience accompagnée d'une observation de très près des changements pour cerner le flétrissage.

13. Roulage

Tout au long de nos essais, il était rare de réaliser le travail minimal pour l'ensemble du triplex CTC. Il y a souvent une machine qui ne fournit pas assez. De plus, l'état des machines ne permet pas d'avoir un réglage précis à degré près. En moyenne un rapprochement toutes les 1 ou 2 semaines est nécessaire afin de maintenir l'optimum du roulage. Sauf dans le cas où un débris de matière solide passe accidentellement entre les rouleaux, on procède immédiatement au rapprochement. La température prise au niveau des trois machines CTC est représentée dans le tableau suivant.

Tableau 23: Augmentation de température de roulage

Heures	Température ambiante (°F)	Augmentation de température (°F)			
		Rotorvane	CTC		
			R1	R2	R3
07h 15	75,2	10,5	3,5	5,5	3
09h 15	77,18	7,5	4,75	4,75	3,5
11h 15	80,06	9	4	4	3
Moyenne		9	4,08	4,75	3,17

Les trois machines CTC fournissent suffisamment de travail. Elles génèrent une augmentation de température de 4°F, le minimum nécessaire. Ces élévations de température

attestent le bon écartement des paires d'enrouleurs. Cependant, elles ne reflètent en rien l'état d'aiguisage des segments. La qualité d'aiguisage s'observe à l'apparence du thé sec produit et au pourcentage de grade primaire. Jusqu'à ce jour, les enrouleurs n'ont pas été rendus tranchants. Cela était réalisable si l'équipement d'aiguisage de rouleaux était opérationnel. Ainsi, l'achèvement du roulage n'est que partiellement acquis. Nous ne pouvons prétendre avoir réalisé un roulage de qualité. Mais ce que nous avons accompli nous permet de mener à terme la fermentation, car les dentures tranchants agissent surtout sur l'apparence finale du thé et non pas sur la fermentation.

Le changement journalier du gain de température au sein d'une même paire de rouleaux provient de la variation du débit de feuilles traitées, de la température ambiante et de l'humidité relative de la salle d'usinage.

I4. Fermentation

Au cours de la fermentation, la température a été suivie de près tout comme l'apparence des feuilles fermentées (couleur, uniformité). Le tableau suivant illustre la progression de la température de fermentation ainsi que les observations effectuées.

Tableau 24: Relevé de température de fermentation et observations

Heure	Température (°C)				Observations
	Ambiante	1	2	3	
09h 05	24	26,2	27	29,4	- Feuilles de couleur brun-cuivré et uniforme ; - Feuilles de couleur bien brun-cuivré et uniforme, lors de la deuxième prise de température ; - Couleur brun-cuivré et uniforme, tirant légèrement au noirâtre lors du dernier prise de température.
11h 05	25,1	26,6	28,3	30,8	
13h 05	26,7	28,1	29,2	30,8	

La température évolue dans les conditions normales nécessaires à la fermentation, $29 \pm 2^\circ\text{C}$, sans dépasser la température maximale ni descendre en dessous de la minimale. L'optimum aux réactions d'oxydation qui correspond à 30°C est atteint à partir du deuxième point, c'est-à-dire vers le milieu du fermenteur.

La couleur finale des feuilles, brun cuivrée, correspond à l'apparence recherchée. Excepté la présence d'une légère couleur noirâtre à la surface du dhool, la fermentation semble être réussie. Elle a été faite dans de bonnes conditions. La coloration noirâtre vient du courant d'air qui effleure la surface du dhool en fermentation.

15. Séchage

Les travaux au niveau du séchage concernent surtout le suivi du respect des températures et de l'humidité du thé sec produit. Aucune modification n'a été entreprise à ce stade de la fabrication. Ainsi, les températures relevées au séchage sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau 25: Température de séchage et humidité thé sec

Heure	Température (°F)				Humidité du thé sec (%)
	WEI	WEE	DEI	DEE	
09h 30	240	-	195	185	2,9
11h 30	240	-	200	189	2,5
13h 03	210	-	170	167	3

Le thermomètre WEE n'est pas très fiable. Par conséquent aucun relevé n'a été enregistré à ce niveau. La température WEI est un peu élevée, 240°F, tandis que celle enregistrée en DEI est en dessous de la normale. Toutefois, l'humidité du thé sec produit correspond à l'idéal.

Une grande partie des conduites de vapeur est dénudée, aucun isolant pour limiter les pertes de chaleur, et une partie de la vapeur est utilisée par un autre séchoir pour le séchage des feuilles vertes. Ceux-ci entraînent une perte importante d'énergie se traduisant, outre la perte d'argent, par une diminution de la chaleur conduite par la vapeur. Ainsi, afin de maintenir l'humidité du thé sec entre 2.5-3%, on doit augmenter la température WEI. Généralement WEI et DEI sont relativement égales. Mais ici, il y a une différence d'environ 40°F, un des effets de la perte de chaleur dans les conduites.

16. Triage

Notre étude s'est surtout concentrée sur la réalisation du triage au jour le jour afin de réduire la réhydratation. Le tableau suivant illustre les variations de l'humidité du thé dans la salle de triage.

Tableau 26: Humidité thé sec en salle de triage (%)

Sortie séchoir	En attente triage				Silo			
	Prise 1	Prise 2	Prise 3	Moyenne	Prise 1	Prise 2	Prise 3	Moyenne
3	3.1	3.0	3.2	3.1	4,2	4	3,6	3.9

Le thé sort du séchoir à une humidité moyenne de 3% et entre en silo à une teneur en eau de 3.9%. Il ne présente pas de risque d'altération en cours de stockage. Son taux d'humidité reste largement en dessous de 5% qui est l'humidité de sauvegarde du thé sec.



II. ASSURANCE QUALITE

La qualité se définit comme la propriété d'un produit, bien ou service à satisfaire aux exigences des utilisateurs, selon l'ISO 8402 [32]. Les utilisateurs vont être au centre de toute activité. La qualité globale d'un produit comprend :

- Qualité nutritionnelle ;
- Qualité hygiénique ;
- Qualité organoleptique ;
- Qualité commerciale.

L'assurance qualité atteste la maîtrise de la qualité. C'est-à-dire qu'elle garantit le bon fonctionnement et l'efficacité du système de management de la qualité mise en œuvre par l'Entreprise. A cet effet, notre étude s'est concentrée principalement sur les trois premières composantes de la qualité globale. L'absence de laboratoire capable de réaliser une analyse quantitative en principes actifs du produit, ne nous permet pas de procéder à la vérification de la qualité nutritionnelle. Pourtant l'aspect nutritionnel d'un aliment est très important. C'est la base même de la qualité organoleptique. La qualité nutritionnelle forme les caractères du thé.

III. Analyse microbiologique [34]

En tant que produit alimentaire, le thé doit présenter une sécurité sanitaire préservant ses consommateurs des dangers d'intoxication ou d'infection. C'est-à-dire que les agents indicateurs de contamination ne doivent pas dépasser un certain seuil. La qualité hygiénique est un composant essentiel de la qualité globale d'un aliment. Les produits alimentaires renferment une certaine quantité de microbes qui peuvent être des germes banaux ou pathogènes. L'analyse microbiologique sert, à ce titre, de garant de cette qualité pour assurer la parfaite innocuité du produit alimentaire vis-à-vis de la santé publique.

De ce fait, nous avons soumis quelques échantillons de notre thé noir à une analyse microbiologique auprès d'un laboratoire de l'Agence de Contrôle de la Sécurité Sanitaire et de la Qualité des Denrées Alimentaires à Tsaralalana Antananarivo. Le tableau ci-dessous montre le résultat de l'analyse.

Tableau 27: Caractères microbiologiques

	Résultats	Critères
NAM à 30°C	$1,2 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^5$ UFC/g
Staphylocoque coagulase +	<1	$1,0 \cdot 10^3$ UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	<1	10 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	<1	$1,0 \cdot 10^3$ UFC/g
<i>Clostridium perfringens</i>	<1	$1,0 \cdot 10^2$ UFC/g
<i>Salmonella sp.</i>	Absence	Absence/25g

D'après ce résultat le produit est satisfaisant par leurs caractères microbiologiques. L'échantillon est propre et sain à la consommation, selon la conclusion du Laboratoire d'analyse (cf. annexe 8).

Après le séchage, le thé ne contient que très peu de microbes grâce au traitement thermique qui les détruit. Et il y a très peu de risque de contamination durant le triage. En revanche, leur nombre s'accroît avec l'humidité durant le stockage. Dans l'usine, la contamination vient du plancher, des feuilles oxydées et de l'air [23]. Étant donné que la disposition des ateliers d'usinage suit bien le principe de la marche en avant, écartant la possibilité d'une contamination croisée, nous avons pu éliminer les risques provenant des deux premiers facteurs. En outre, notre échantillon a été conservé à une humidité d'environ 3.9% (cf. tableau 27), largement en dessous de l'humidité de sauvegarde, d'où le résultat satisfaisant de l'analyse microbiologique.

II2. Analyse sensorielle [30]

L'analyse sensorielle est un ensemble de méthode permettant d'évaluer la qualité organoleptique d'un produit. La qualité sensorielle entre aussi dans la qualité globale du produit fini. L'objectif est d'évaluer l'acceptabilité du produit par le consommateur en le soumettant à leur jugement. Pour se faire, nous avons opté pour une épreuve monadique. Le test consiste à soumettre le produit aux conditions spécifiques de préparation d'une famille consommatrice pendant quelques jours et à recueillir leur appréciation.

II21. Typologie des juges

Pour l'interprétation des résultats, quelques informations sur les juges sont nécessaires, par conséquent nous les avons catégorisés selon :

- L'âge ;
- Le sexe ;
- La fréquence de consommation du thé noir.

Et dans le cadre du simple renseignement du type informationnel, nous avons aussi demandé : leur catégorie socioprofessionnelle, leur habitude de consommation, etc.... (cf. Annexe 9)

Ainsi, 58% des juges sont composés d'hommes et 42% de femmes. 11% des juges ont moins de 18 ans, 53% entre 18 et 30 ans et 36% se trouve dans la catégorie des plus de 30 ans (cf. Figure 9). Nous avons essayé de recréer une bonne représentativité des consommateurs, dont peu de jeune de moins de 18 ans.

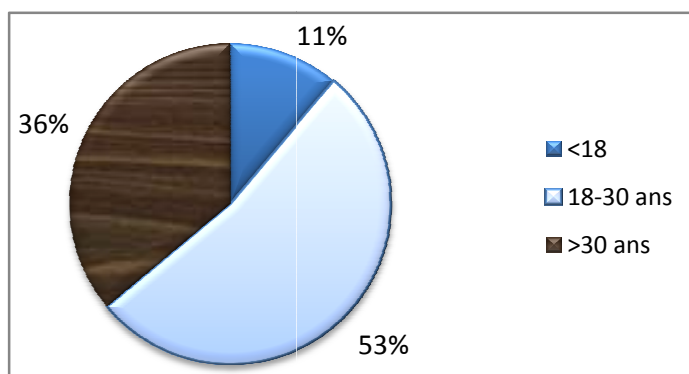


Figure 9: Répartition des juges en fonctions de l'âge

Une des limites à la réalisation d'une analyse sensorielle du thé noir est la rareté, pour ne pas dire l'absence, de connaisseurs de ce produit à Madagascar. Presque la majorité des malgaches boivent de la tisane, or le thé contient toute une symphonie de caractère (parfum, arôme et goût) qui se livre peu à peu à son consommateur avec l'habitude et le temps. Ainsi, pour un résultat plus fiable nous avons considéré tout particulièrement la fréquence de consommation.

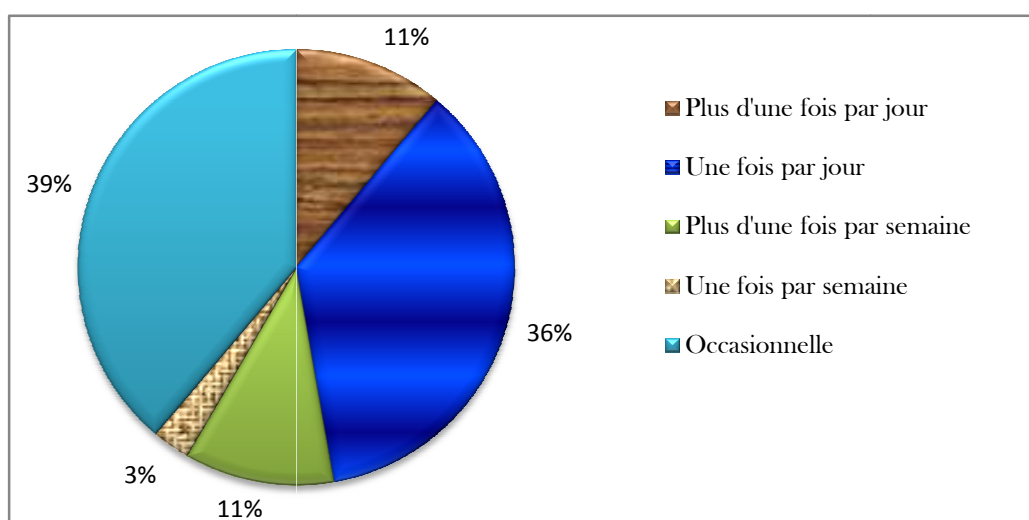


Figure 10: Répartition des juges selon la fréquence de consommation

D'après cette graphique, près de 55% des juges boivent du thé noir plus d'une fois par semaine et 42% presque occasionnellement. Les habitués composent 44% des juges, on peut dire qu'ils connaissent un peu plus le thé noir. 78% des juges consomment habituellement du Thé Sahambavy et 19% du thé importé. Ce qui signifie aussi que la majorité des juges connaissent bien le produit et certains sont capables de le comparer à marques étrangères.

II22. Résultats du test monadique

L'analyse a été surtout faite dans le but d'évaluer l'acceptabilité du produit dans l'habitude des consommateurs. Le diagramme suivant résume la réponse des juges.

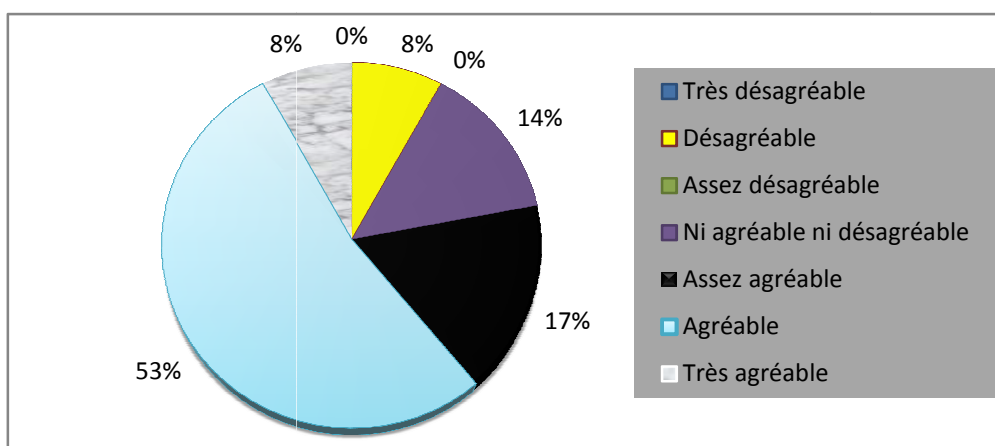


Figure 11: Résultat du test d'acceptabilité

Ainsi d'après ce diagramme, près de 78% des juges ont donné une appréciation positive du produit, dont 8% l'ont trouvé très agréable, 53% agréable et 17% assez agréable.

III. DISCUSSION ET RECOMMANDATION

L'idée véhiculée dans ce paragraphe, c'est de proposer une démarche qui convient le mieux à notre objectif, construire la qualité par étape. Et finalement il en sortira un cahier de charge servant de guide ou de référence pour la fabrication.

Dans la conduite de la fabrication, nous allons tenir compte de deux principaux phénomènes : les changements physiques et les changements chimiques-biochimiques. Ces considérations se résument surtout aux paramètres de fabrication. Les modifications apportées ci-après tentent donc de satisfaire les caprices de ces deux évolutions de la manufacture afin d'établir l'optimum de fabrication. Les recommandations concernent la cueillette, les traitements post-récoltes ainsi que l'usinage proprement dit. Nous allons aussi introduire de nouvelle notion, non considérée encore à Sahambavy pourtant d'une importance capitale, et mettre en valeur les étapes importantes. Les principales recommandations se basent surtout

sur les soins apportés aux feuilles pour garder les améliorations qui peuvent se perdre facilement par inadvertance. Elles touchent chaque étape du processus. Les plus importants efforts affectent le flétrissage, le roulage et la fermentation.

III1. Matière première

La qualité de la matière première résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs : le clone, les conditions de culture, les conditions climatiques, le standard de récolte et les traitements post-récolte. On ne peut pas encore intervenir sur le clone, les conditions climatiques, mais il est possible d'agir au niveau des conditions de culture. Cependant, notre étude s'est limitée au standard de récolte et aux traitements post-récolte.

III11. Standard de récolte

En tenant compte de la composition en principes actifs, du rendement de fabrication et de la qualité du thé noir inhérente de ces deux facteurs, une cueillette fine est pour l'instant la mieux adaptée à la fabrication de thé à Sahambavy. Ce type de cueillette est en ce moment celui qui permet de produire le meilleur thé noir. On ne peut en outre aller jusqu'à la cueillette impériale en raison de son très faible rendement. Elle garantit en plus l'obtention d'une forte proportion de grade primaire qui est plus cher sur le marché [15].

La réalisation de la cueillette fine exige un triage strict de la récolte afin de maintenir un pourcentage de bonnes feuilles supérieures à 60%. Dans beaucoup de manufacture, la récolte d'une majorité (75 à 80%) de p+2 est la norme souvent imposée par l'usinier [23, 25]. Sa mise en place demande toutefois un certain tact de la part des responsables pour ne pas décourager les cueilleurs dont l'assiduité est très fragile ces derniers temps.

III12. Soins de la récolte

Une notion très importante pour la fabrication du thé concerne les soins méticuleux que devraient recevoir les feuilles. La négligence de la manutention tant au cours de l'entreposage de la récolte que durant son transport nuit à la qualité du thé noir. Ainsi, il est essentiel de mettre en place une mode de traitement post-récolte afin de garantir l'excellent état des feuilles (cf. Annexe 11). L'ensemble des opérations se résume à :

- Rassembler et stocker la récolte sous un abri bien aéré ;
- Ne jamais écraser ni entasser la récolte ;
- Transporter les feuilles dans des paniers et jamais en vrac ;
- Transférer rapidement la récolte vers l'Usine.

III2. Usinage du thé noir

A aucun stade de la fabrication, l'attention aux soins des feuilles ne devrait être négligée. Il ne faut cependant pas négliger le rôle des instruments de mesure dans la réalisation des processus de fabrication.

III21. Flétrissage

Deux principaux phénomènes, tout aussi important l'un que l'autre, prennent place au cours de cette étape. Ainsi, la considération seule du flétrissage physique ne suffit plus, nous aimerons introduire à ce titre, dans l'équation, la notion de flétrissage dit « chimique ». Ce dernier possède aussi sa propre condition optimale de réalisation. Par conséquent, le flétrissage devrait être réalisé dans une durée minimum de 16 heures sans dépasser les 24 heures. Il est recommandé de traiter les feuilles en dessous de 32°C. Le flétrissage physique est essentiel surtout pour la maniabilité des feuilles dans l'opération suivante. Aussi, le procédé par CTC requiert un taux de flétrissage allant de 68 à 70%. La moyenne en ce taux n'est pas la finalité, c'est plutôt le flétrissage uniforme. Une feuille sous-flétrie en mélange avec de la sur-flétrie peuvent donner une moyenne dans cette fourchette. Et pourtant elles vont donner du thé de qualité médiocre. Il est donc conseillé de veiller à ce que les feuilles soient uniformément réparties dans les bacs et bien désentassées.

Dans un souci d'économie, de maintien de la qualité et de suivi de la fabrication, ou d'une amélioration ultérieure, la conduite du flétrissage devrait s'accompagner d'un équipement adéquat pour mesurer les paramètres importants du processus. Chaque décision doit être soutenue par un argument à grandeur mesurable et quantifiable. L'énergie coûte chère, qu'elle soit électrique ou thermique. Il est recommandé de l'utiliser à bon escient. C'est-à-dire, n'utiliser par exemple la vapeur que si elle est vraiment nécessaire. L'étape de flétrissage est la plus importante en termes de temps. Elle requiert, en outre, un suivi strict. Effectivement l'état des feuilles évolue selon les conditions climatiques. La mener à bien est impossible sans l'appui d'un équipement de mesure qui constitue la base même de toute standardisation et de normalisation. En même temps, il faut savoir anticiper les changements à la fois du climat que des feuilles afin de rendre la manufacture apte à recevoir les opérations d'usinage au moment voulu. Ce processus requiert donc une bonne capacité intuitive de la part de l'Agent de flétrissage.

Il est fortement déconseillé d'envoyer des feuilles sous-flétries à l'atelier de roulage au risque de nuire à la qualité de roulage. Seules les feuilles bien flétries seront usinées. Même à



ce stade de la fabrication, un soin méticuleux devrait être accordé aux feuilles. Tout maniement brutal peut toujours les endommager. Le mieux serait de réduire au minimum possible leur manipulation.

III22. Roulage

Trois facteurs importants régissent le déroulement du roulage, à savoir l'humidité de la manufacture, la température (écart entre une paire de rouleaux), et l'aiguisage des rouleaux. Comme mentionnée précédemment, l'utilité de la déshydratation partielle au cours du flétrissage est liée à la difficulté technique à usiner les feuilles. Cela touche principalement le roulage. En ce sens, il ne faut jamais envoyer à l'atelier de roulage une feuille sous-flétrie. L'idéale serait de traiter avec un taux de 68-70%.

La température constitue un facteur très important dans la mise en œuvre de l'opération de roulage, elle y représente le travail fourni par les machines. Cependant elle ne doit pas être trop élevée au risque de nuire à l'éclat du thé sec. L'évolution de ce paramètre devrait être suivie de près tout en la maintenant en dessous de 90°F (32°C) [23]. Un rapprochage est nécessaire dès que la production de chaleur par coupe, au niveau des machines CTC, descend sous le seuil de 4°F. La température devrait donc être mesurée régulièrement au niveau de l'opération de roulage, au minimum trois fois par fabrication. Plus précisément, l'évolution de la température après chaque coupe devrait faire l'objet d'un suivi strict accompagné d'un enregistrement. Il est même préférable d'enregistrer les dates de rapprochage et d'aiguisage des enrouleurs CTC.

Quant à l'aiguisage, il est conseillé de le faire en général toutes les 50 tonnes de feuilles flétries usinées (environ 65 heures pour un triplex 21'' à 775Kg/h). Toutefois, le mieux serait de suivre les trois indications suivantes [23]:

- ✚ Toutes les 60-80 heures, si la coupe est difficile et les feuilles coriaces ;
- ✚ Toutes les 80-100 heures, dans les conditions de coupe normale et les feuilles moyennement coriaces ;
- ✚ Toutes les 130-140 heures, lorsque les feuilles sont très tendres.

III23. Fermentation

Avec l'équipement existant, quelques modifications seraient nécessaires afin de créer les conditions optimales de fermentation. Cela commence par le maintien de la couche de dhool à environ 10cm d'épaisseur sur tout le fermenteur afin d'améliorer l'aération et de



réduire la forte production de chaleur. Ceci est une solution provisoire pour l'état constaté, mais le plus approprié serait de réparer les deux ventilateurs latéraux. Puis il faudrait suivre les variations de la température de fermentation et la maintenir en dessous de 30°C. Manipuler les feuilles en fermentation n'est pas très bénéfique pour la qualité de roulage obtenue. Une forte manipulation détruit la texture des feuilles roulées, il faudrait la réduire au minimum mais le mieux serait de l'éviter.

L'état de l'équipement de fermentation à Sahambavy limite à différent point la mise en place d'une maîtrise totale de l'oxydation. Pourtant la fermentation est l'étape la plus cruciale de la fabrication. Pouvoir jouer sur ses paramètres permettrait au Teamaker¹ de manipuler la qualité du thé noir.

III24. Séchage

Dans le séchage du thé, il est impossible de maîtriser et de suivre le processus et la qualité du produit sans la fiabilité des quatre thermomètres [18]. L'obtention du taux d'humidité dans le Tableau n°27 relève de l'habitude, d'une longue observation et suivi du processus. Dans ce cas, le risque de nuire à la qualité du thé est important. Réaliser une humidité 2.5-3%, alors que la température WEI très élevée et celle DEI assez basse signifie un fort traitement thermique en début de séchage pour palier la faible température DEI. Cela conduit à une perte considérable des principes aromatiques du thé noir. En effet la volatilité des composés aromatiques est une fonction croissante de la température. Dans les Industries Agricoles et Alimentaires, on cherche toujours à traiter les produits à une faible température possible, allant même jusqu'à opérer sous vide, à cause des inconvénients de la haute température. C'est d'ailleurs l'un des avantages du séchoir à plateaux qui existe aussi à Sahambavy mais utilisé à d'autre fin. Il permet de produire du thé noir de grande qualité aromatique avec un traitement thermique un peu plus bas que le FBD [3].

Le fort traitement de température donne en plus un thé cimenté, c'est-à-dire un thé dont la surface externe est surchauffée mais l'intérieur n'a pas perdu tout son humidité, généralement dû à une dessiccation rapide [1]. Ce caractère du thé sec n'est pas très apprécié, il donne un arôme et un goût vert à la liqueur.

Pour l'Unité de fabrication de Sahambavy, les paramètres de séchage susceptibles de changer sont la température et l'humidité du thé sec. A ce titre, ces deux facteurs doivent être contrôlés par une lecture régulière de la température et un test fréquent de l'humidité, étant

¹**Teamaker** : un spécialiste du thé chargé de la fabrication



donné que l'Usine produit 300-400Kg/h de thé sec. Par conséquence il faudrait des matériels de mesure fiable. Ainsi, il est conseillé d'étalonner les deux thermomètres WEI et DEI et de remplacer WEE. Vu les pertes excessives de chaleur dans les conduites à vapeurs d'eau, nous proposons d'abord de recouvrir d'isolants les conduites de vapeur, en utilisant de la fibre de verre.

L'intervalle de 30mn pour tester l'humidité du thé sec convient parfaitement afin de réduire les méfaits des deux paramètres susmentionnés en cas de dérive. Le contrôle de la température n'est pas prédéfini, cependant il est recommandé de ne pas dépasser 15mn.

III25. Triage et stockage

Le principal facteur d'altération du thé sec est l'humidité, vu son caractère hygroscopique. L'humidité locale et du thé sec affectent tant l'efficacité de l'atelier de triage que le maintien de la qualité du produit. Ainsi, pour réduire l'effet de ce facteur :

- Le thé sec devrait être trié au jour le jour et stocké dans les silos le jour même de sa fabrication ;
- Il est conseillé de réduire l'échange avec la salle de fabrication fortement chargée d'humidité ;
- Aucun thé ne devrait être entreposé à l'extérieur du silo ;
- Le thé ne devrait jamais toucher le plancher.

Après le séchage, il faut laisser se rafraichir quelques instants le thé avant de l'envoyer à la défibreuse. Une manipulation du thé directement sorti du séchoir peut nuire à la qualité en conférant au jus une apparence morne. Même à ce stade, il est préférable de ne pas trop manier le thé au risque d'endommager le goût [7, 15].

En dépit d'un emballage adéquat, la qualité du thé se dégrade avec le temps et le prix avec [15]. Ainsi il est plus judicieux d'envoyer le produit sur le marché le plus tôt possible pour profiter du meilleur prix. D'autant plus que l'Exploitation de Sahambavy se trouve loin de Mombassa, le transport vers le marché aux enchères consomme déjà assez de temps.

III3. Formation du personnel

Le thé est un produit extrêmement périssable à l'état de feuilles fraîches et à l'état de thé sec. Garder les caractères obtenus après usinage relève tout aussi du défi que de les développer. Chaque étape de la fabrication est interdépendante, de ce fait les efforts doivent être synchronisées, une défaillance au niveau d'une seule étape nuit à l'ensemble. Les



travaux de normalisation de la fabrication en vue de l'amélioration de la qualité du thé sec exigent un suivi, un contrôle strict et l'introduction d'une nouvelle méthode de travail. Même leurs réalisations à l'échelle expérimentale est un travail relativement ardu. Ainsi, l'adaptation au niveau industriel de la normalisation demande un investissement en moyen humain, matériels et financiers. Ce paragraphe développera les exigences en moyen humain.

L'analyse de l'organisation existante a permis de dégager que cette dernière n'est pas adaptée à notre stratégie de normalisations. L'adaptation de cette stratégie au niveau industriel nécessite la mise en place d'une organisation bien structurée selon les exigences des tâches à accomplir afin d'asseoir la maîtrise de la qualité par étape. Faire de la qualité exige rigueur dans les travaux. Et c'est le plus important investissement, pas en terme de coût mais de travail ou d'effort. On va ainsi établir un système structuré qui se chargera de construire et de préserver la qualité du produit. Une formation du personnel constitue le point de départ de l'élaboration de ce système, à la suite de quoi, un employé se chargera d'une étape précise du processus (cf. Annexe 11). La formation renseigne surtout sur :

- Le principe de la fabrication en résumé ;
- Ce que l'on attend de l'opérateur de fabrication ;
- Les travaux de surveillance et du respect de la qualité de fabrication avec enregistrement des paramètres de fabrication (température, humidité, temps, ..).

III4. Cahier de fabrication

A la connaissance des paramètres de maîtrise des processus et afin de garder une trace de la fabrication, un cahier de fabrication a été élaboré. Ce cahier permet à la fois de suivre la production et de l'interpréter mais aussi facilite la traçabilité du produit. Il renferme, donc, en plus des paramètres de fabrication, des informations sur son déroulement : date, heure, quantité traitée (flux entrant et sortant) et aussi des observations particulières. (cf. Annexe 11)

IV. CHARGE SUPPLEMENTAIRE

L'amélioration de la qualité a un coût qui peut être classé en deux types [33]:

- Investissement : il rassemble les dépenses liées à la remise à niveau des matériels ou achat de nouveau matériel et les frais de l'étude ;
- Fonctionnement du système : il est constitué des charges liées au personnel supplémentaires.

Le coût de la qualité dépend de l'objectif. Dans une première étape, on s'adapte aux équipements existants, c'est-à-dire qu'aucun investissement important n'a été fait. C'est principalement dans ce sens que notre étude s'est orientée. Mais cela n'empêche pas d'avoir une vision à long terme afin de pousser un peu plus les améliorations pour un meilleur objectif. Ce qui constitue l'étape suivante de l'amélioration.

A défaut de certaines données jugées confidentielles, nous n'avons pas pu réaliser une étude économique plus approfondie. Nous nous sommes arrêtés à l'analyse du surcoût lié directement aux changements à opérer.

IV1. Investissement

Dans le cadre de l'amélioration, nous avons suggéré l'achat d'un thermo-hygromètre (cf. Annexe 6) pour la mesure de l'humidité et de température de l'air principalement au stade de flétrissage, de roulage, de fermentation et de triage-stockage. Vue l'importance de ces deux paramètres, il est nécessaire de les connaître. Dans le sens de la remise en état des équipements, la Direction a aussi décidé de s'investir dans le remplacement de certaines pièces des machineries de thé. Ainsi le coût total de l'investissement s'élève à Ar 11 933 648 (cf. tableau 28).

Tableau 28: Investissements

Matériels	Montant (en Ar)	Durée de vie	Amortissement (en Ar)
Thermo-hygromètre	2 493 148,15	5	498 629,63
Tamis trieuse	1 593 101,76	2	796 550,88
Tapis convoyeur en PVC	7 399 702,00	3	2 466 567,33
Tapis convoyeur défibreuse	447 696,48	3	149 232,16
TOTAL	11 933 648,39	-	3 910 980,00

IV2. Fonctionnement du système

A la suite de la formation du personnel et de la mise en place d'un nouveau système d'organisation, quelques ouvriers ont évolué vers une autre catégorie professionnelle, ce qui engendre un surplus dans la charge liée au personnel. Aussi le coût du personnel affecté à l'amélioration de la qualité atteint Ar 525 100, un peu plus de détail est présenté dans le tableau qui suit (cf. Annexe 10).

Tableau 29: Surplus en charge du personnel

Personnel	Classification		Nombre	Salaire annuelle		
	Ancienne	Nouvelle		Avant	Après	Différence
Second de l'Agent de flétrissage	M2	OS2	1	877 920,00	1 044 960,00	167 040,00
Chargé du R.F.S	M1	OS2	1	873 600,00	1 044 960,00	171 360,00
Second	M1	OS2	1	873 600,00	1 044 960,00	171 360,00
Somme				2 625 120,00	3 134 880,00	509 760,00
Charge sociale				78 753,60	94 046,40	15 292,80
Totale				2 703 873,60	3 228 926,40	525 052,80

IV3. Coût de la qualité

Les dépenses citées ci-dessus concernent la première étape de l'amélioration de la qualité. De ce fait en terme de charge fixe, l'application de cette stratégie d'amélioration crée un surcoût d'Ar 4 436 033, ceux-ci afin d'évoluer vers le « Medium » (cf. Tableau 2). En effet, une partie de la stratégie d'amélioration a été déjà mise en place, cela a donné un résultat assez encourageant au niveau du prix du thé, au dernier envoi de la saison 2008-2009 le prix moyen était de \$1.82 (Sale 31, 11 Août 2009) et récemment, la première expédition de la saison 2009-2010, la moyenne atteignait \$2.18 (Sale 44). Ce surcoût génère un surplus d'Ar 547 200 000 dans le chiffre d'affaires, soit une augmentation de 57.14% si on se base sur la réalisation de 380t de thé sec. Remarquons toutefois que la capacité de l'Exploitation théicole de Sahambavy est de 400-500t de thé sec.

Tableau 30: Effet de l'amélioration sur le chiffre d'affaire

	Prix unitaire (\$)	Exportation (Kg)	Prix total	
			\$	Ar
Après	2,2	380 000	836 000	1 504 800 000
Avant	1,4	380 000	532 000	957 600 000
Evolution	0,8	380 000	304 000	547 200 000

Conclusion partielle III

Les essais de normalisation de la fabrication ont donné un résultat assez concluant. La méthode de suivi et de traitement des récoltes ont permis de réaliser un pourcentage de bonne récolte de 80% et un refus de 11.2%. L'emploi d'un équipement adéquat nous a assuré un taux de flétrissage dans les normes, 69%. Malgré les dentures non aiguisées, le roulage fût également une réussite avec une production moyenne de température de 12°F dans le Triplex



CTC. Et la fermentation a eu lieu sous une condition de température allant de 26 à 30.8°C. Le thé sec produit sort du séchoir à une humidité moyenne de 2.8% et entre en silo à 3.9%.

Le produit est sain à la consommation d'après les analyses microbiologiques. Et le test d'acceptabilité auprès des consommateurs ont permis de sortir que le produit est majoritairement perçu comme agréable, et certain juge le trouve même très agréable (8%).

L'analyse de la fabrication constatée a permis de dégager les efforts d'améliorations et les recommandations correspondantes. Les travaux se résument surtout sur la manipulation des feuilles et le respect des paramètres de fabrication. Même si certains paramètres requièrent l'emploi d'un équipement de mesure perfectionné et fiable, d'autres nécessitent toujours l'intervention des sens de l'opérateur. Chaque étape de la fabrication est interdépendante, ainsi l'effort doit être coordonné afin de construire la qualité. La qualité a cependant un coût, elle crée en terme de charge fixe un surcoût d'Ar 4 436 033 pour générer un surplus d'Ar 547 200 000 dans le chiffre d'affaires de la Société.



CONCLUSION GENERALE

La qualité d'un produit alimentaire se construit avec le produit lui-même. Cependant dans le cas de la fabrique de thé noir à Sahambavy, la défaillance se situe au niveau de chaque stade du processus. La région correspond pourtant à l'écologie du théier. L'usinage n'ajoute rien à la qualité intrinsèque des jeunes pousses de feuilles, il ne peut que la mettre en valeur s'il est bien fait.

La manufacture du thé noir fait intervenir deux types d'évolution : un changement physique et un changement chimique-biochimique. Le premier correspond à la déshydratation et au tamisage. Les feuilles sont le théâtre d'une intense modification biochimique et chimique pendant la fabrication dont les composés organiques tels que les catéchines, les acides organiques, les alcools et les esters en sont les acteurs principaux. Il en découle une amélioration de la qualité organoleptique du produit fini. La lumière sur ces modifications physico-chimiques et biochimiques a permis de mettre en exergue les principaux paramètres de maîtrise de la fabrication. A savoir la température, l'humidité et le temps. Leur ordre d'importance varie d'une étape à l'autre. Chaque stade du processus constitue un point critique de la fabrication, la fermentation demeure toutefois la plus importante et le flétrissage apparait comme la plus difficile à mettre en œuvre.

Nous avons mis en place un système de contrôle et de promotion de la qualité pour éviter la dérive de la production. C'est-à-dire une norme en cascade à chaque stade de la fabrication. Nous avons donc élaboré la qualité parallèlement au produit. La fabrication du thé noir dépend d'une multitude de petites attentions presque négligeables mais dont l'ensemble fait la qualité. Afin de parfaire l'effort d'amélioration, un programme d'investissement a été proposé, dont le moyen humain et une partie des moyens matériels ont déjà été réalisés. L'étude qualité sur les résultats a donné des réponses presque satisfaisantes sur les normes par étape, sur les analyses microbiologiques et sur les tests d'acceptation des consommateurs.

Le problème de conservation constitue depuis toujours un obstacle dans le maintien de la qualité du thé sec. Ceci limite la portée géographique du marché. Les pays éloignés restent toujours handicapés par la baisse de qualité en transit. Il serait très intéressant de se pencher sur la question afin d'améliorer la préservation de la qualité du thé.



RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

1. AFNOR ; (1990) ; Contrôle de la qualité des produits : café, thé, cacao ; Recueil des normes françaises ; 2^e édition ; 210p.
2. C.E.E.M.A.T. ; (1974) ; Manuel de conservation des produits agricoles tropicaux et en particulier de céréales ; Techniques rurales en Afrique ; Jacques et Demontrond ; 355p.
3. FLEMAL, J. ; (1986) ; La culture du thé au Burundi ; 128-136
4. GIRARDIN, M. ; (1977) ; Le Thé ; 26p.
5. GUINARD, A. ; (1962) ; Possibilité de production de thé à Madagascar Tome I et II ; Bureau pour le Développement de la Production Agricole ; Saint-Germain ; Paris.
6. HAYAMA, J. ; (1989) ; Le stockage des produits agricoles tropicaux ; Agrodok 3L ; CTA ; 2-26.
7. HUBERT, P. ; (1970) ; Le théier ; BDPA Madagascar ; 26p.
8. Le Palais des Thés ; (2002) ; Guide du Théophile ; 128p.
9. MINISTERE DE LA COOPERATION ET DU DEVELOPPEMENT ; (1991) ; Mémento de l'Agronome ; 4^e édition ; Collection technique rurale Africaine ; 1005-1012.
10. MOSSION, A. ; (2007) ; Etude de la composition minérale et organique de liqueurs de thé et de leur caractéristiques organoleptiques : influence des paramètres physico-chimiques de l'eau ; Thèse de doctorat en Science des Agroressources ; Institut Nationale Polytechnique de Toulouse.
11. RAKOTONDRAIBE, J. ; (1970) ; L'avenir du thé dans le Pays Betsileo ; Option Agriculture ; Ecole Nationale Supérieure Agronomiques ; Université de Madagascar.
12. RAKOTONIRINA, P. ; (1981) ; Etude des conditions de viabilité d'une Industrie de transformation : cas de l'Industrie théicole de Sahambavy et de son approvisionnement par la production paysannale ; Mémoire de fin d'étude ; Département Agro-économico-sociale ; Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences Agronomiques ; Université de Madagascar.
13. RASANDRY, J. C. ; (1980) ; Approche technico-économique de la théiculture paysannale dans la région de Sahambavy ; Mémoire de fin d'étude ; Département Agriculture, Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences

Agronomiques ; Université de Madagascar.

14. ROUX, J. L. ; (1994) ; Conserver les aliments ; TEC-DOC ; 407-459.
15. SCOB, D. ; A. ; Guide sur la fabrication du thé ; 15p.
16. TEA BROKERS EAST AFRICA LIMITED; (2009); Tea market report: sale 07; Mombasa Kenya; du 16-17 Février 2009.
17. UPDR/Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche ; (2003) ; Monographie de la région Haute Matsiatra Fianarantsoa.
18. VENTERS, D. S. et NJOROG, B. ; (2003) ; Société d'Investissement et d'Exploitation Agricole à Madagascar ; Compte rendu final ; Combok Limited.
19. WILSON, K. C. et CLIFORD, M. N.; (1992); Tea: Cultivation to consumption; Chapman & Hall; 1st edition; Great Britain; 770p.

Webographie

20. ANONYME ; A. ; Le théier ; [En ligne] ; Amélioration des plantes ; cité le 15/02/09 sur <http://www.fytr.ud>
21. ANONYME ; A. ; Teachemistry ; [En ligne] ; cité le 13/05/09 sur <http://www.emt-india.net>
22. ANONYME ; (2005) ; Le thé dans l'histoire et les légendes, le thé et la santé ; [En ligne] ; cité le 12/12/08 sur <http://www.miroir.com>
23. ANONYME ; (2008) ; Climat and soil, harvest, raw material, withering, maceration, drying, sorting, tea chemistry, oxidation, color, achievement, hygiene ; [En ligne] ; Tea Research Association ; India ; cité le 03/04/09 sur <http://www.tocklai.net>
24. ANONYME ; (2008) ; Historique, description, écologie, culture, technologie, marché, prix ; [En ligne] ; Thé ; Information de marché dans le secteur des produits de base ; CNUCED ; cité le 26/03/09 sur <http://www.unctad.org>
25. ANONYME ; (2008) ; Théier (*Camellia sinensis*) : les techniques d'exploitation-cueillette-normes de cueillette ; [En ligne] ; Les plantes cultivées en régions chaudes ; AFD ; cité le 12/08/09 sur <http://www.afd.be>
26. FAO ; (2008) ; Situation actuelle et perspective à moyen terme, [En ligne] ; 18^e session

Comité des produits ; Groupe Intergouvernemental sur le thé ; Hangzhou Chine ; du 14-16 Mai 2008 ; cité le 31/08/09 sur <http://www.fao.org>

27. SIONNEAU, P. ; (2008) ; Les vertus incroyables du thé ; [En ligne] ; Produits de santé naturels ; cité le 12/12/08 sur <http://www.passeportsante.net>
28. WRIGHT, L. P. ; (2005) ; Biochemical analysis for identification of quality in black tea (*Camellia sinensis*); [En ligne] ; Philosophiae Doctor (Biochemistry) degree ; Department of Biochemistry ; Faculty of Natural and Agricultural Sciences ; University of Pretoria ; South Africa ; cité le 13/05/09 sur <http://www.upetd.up>

Support de cours

29. RAMAROSON, J. B. ; (2007) ; Emballage et conditionnement des denrées alimentaires ; cours 4^e Année ; Département I.A.A. ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Madagascar.
30. RANDRIATIANA, R. ;(2007) ; Analyse sensorielle ; cours 4^e Année ; Département I.A.A. ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Madagascar.
31. RAONIZAFINIMANANA, B. ; (2007) ; Français technique, cours 4^e Année ; Département I.A.A. ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Madagascar.
32. RASOARAHONA, J. ; (2008) ; Gestion de la qualité ; cours 5^e Année ; Département I.A.A. ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Madagascar.
33. RASOARAHONA, J. ; (2008) ; GIA II ; cours 5^e Année ; Département I.A.A. ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Madagascar.
34. RAZAFINDRAJONA, J. M. ; (2007) ; Analyse microbiologique des aliments ; cours 4^e Année ; Département I.A.A. ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Madagascar.

ANNEXES

Annexe 1: Production et commerce mondiale du thé**Tableau 31:** Production mondiale de thé, 2001-2006 (1000 tonnes) [26]

Pays	2001-2003	2003	2004		2005		2006	
		Production	Production	Progression (%)	Production	Progression (%)	Production	Progression (%)
Chine	605,7	631	854	35,3	956,3	12,0	1047,4	9,5
Inde	848,2	859,5	895,9	4,2	919,4	2,6	945,3	2,8
Kenya	293,4	295,9	328,8	11,1	332,7	1,2	313	-5,9
Sri Lanka	303,9	304,8	309,1	1,4	317,2	2,6	312	-1,6
Turquie	149,3	155	205	32,3	205,6	0,3	200,1	-2,7
Indonésie	169,6	163	139	-14,7	165,9	19,4	187,9	13,3
Viet Nam	83,7	88,6	93,9	6,0	104	10,8	133	27,9
Japon	87	87	100,7	15,7	100	-0,7	91,8	-8,2
Autres	440,6	450,8	443,7	-1,6	425,2	-4,2	414,7	-2,5
Mondiale	2981,4	3035,6	3370,1	11,0	3526,3	4,9	3645,2	3,6

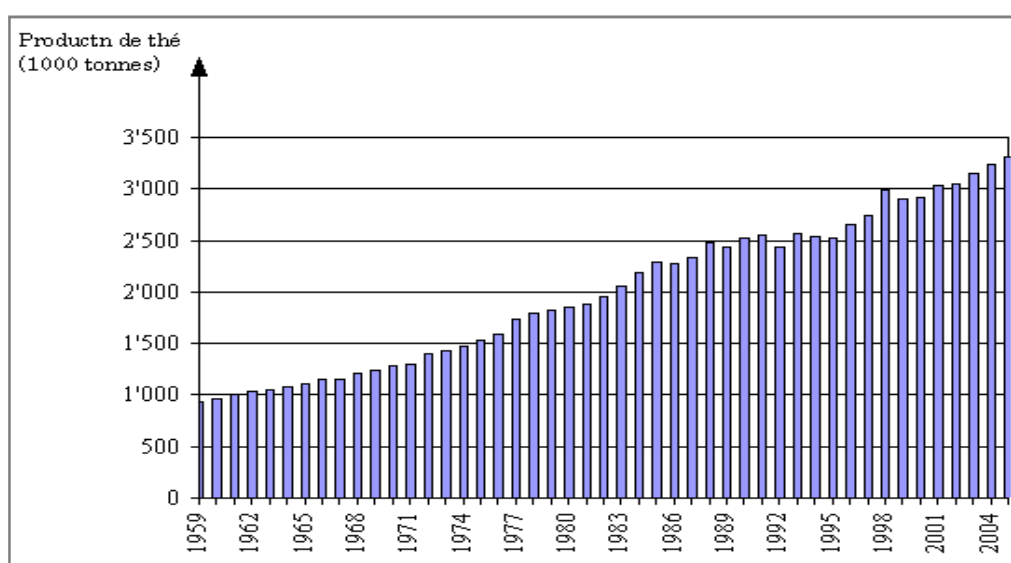
**Figure 12:** Evolution de l'offre mondiale en thé (1959-2005) [24]

Tableau 32: Production mondiale détaillé de thé 2001-2006 (1000 tonnes) [26]

		2001-2003	2003	2004	2005	2006
MONDE		2981,4	3035,6	3370,1	3526,3	3645,2
Afrique		470	478,3	510,9	506,1	487,4
	Burundi	7,7	7,5	7,5	7	6,3
	Kenya	293,4	295,9	328,8	332,7	313
	Malawi	40,2	41,7	50,1	46,9	45
	Ouganda	34,5	36,5	37	37,7	36,7
	Tanzanie	27,2	29,5	30,7	30,4	31,4
	Rwanda	16,1	15,6	15,6	16,5	17,6
	Zimbabwe	22,3	22	18,7	14,9	15,7
	Autres pays	28,5	29,6	22,5	20,1	21,6
Amérique latine		85,5	85,3	82,4	88,8	92,9
	Argentine	67,1	67,3	73	73	76,3
	Brésil	8,1	8,3	8,3	8,3	8,4
	Autres pays	10,3	9,7	5,1	7,5	8,2
Proche-Orient		204,8	213,1	245	233,4	222,4
	Iran	55,5	58,1	40	27,8	22,3
	Turquie	149,3	155	205	205,6	200,1
Extrême-Orient		2109,3	2148,1	2408,9	2573,1	2725,3
	Bangladesh	55,8	57	55,6	56	53,4
	Chine	605,7	631	854	956,3	1047,4
	Inde	848,2	859,5	895,9	919,4	945,3
	Indonésie	169,6	163	139	165,9	187,9
	Sri Lanka	303,9	304,8	309,1	317,2	312
	Viet Nam	83,7	88,6	93,9	104	133
	Autres pays	42,6	44,2	61,4	54,3	46,3
Océanie		10,1	9,3	9,3	9,4	9,5
Japon		87	87	100,7	100	91,8
CEI		14,6	14,5	12,9	15,4	15,8

Tableau 33: Exportation mondiale de thé de 2001-2006(1000 tonnes) [26]

Région	Pays	2001-2003	2003	2004	2005	2006
Afrique		413	419,7	442,8	445,5	408,4
	Kenya	267,9	270,7	294,2	310,4	272
	Malawi	39,4	42	46,6	43	42
	Ouganda	31,9	34,1	29,7	33,1	32,7
	Tanzanie	21,7	20,4	24,2	23,3	24,1
	Rwanda	11,5	11,5	11,5	11,7	13,3
	Zimbabwe	17,3	17,1	14,9	8,5	11,4
	Autres pays	23,5	23,9	21,8	15,6	12,8
Extrême-Orient		866,9	870,5	886,2	999,6	1048,2
	Bangladesh	12,9	12,2	12,2	9	4,8
	Chine	211,4	219	193,1	286,6	286,6
	Taiwan	2,6	2,7	2,4	1,7	2
	Inde	1985,8	175,5	197,7	191,9	218,7
	Indonésie	96	88,2	98,6	102,3	95,3
	Sri Lanka	291,8	298,3	290,8	298,8	314,9
	Viet Nam	52,1	56,8	73,4	85,4	105,6
	Autres pays	14,2	17,8	18,2	24	20,2
Amérique latine		63	64,2	71,7	71	76,9
	Argentine	57,6	58,8	66,4	66,4	72
	Brésil	4,1	4,2	4,2	3,6	3,4
	Autres pays	1,3	1,2	1,1	1	1,5
CEI		8,9	8,5	8,3	11,2	11,2
Océanie		8,8	7,2	7,4	6,1	6,3
MONDE		1360,6	1370,1	1416,6	1533,4	1551

Tableau 34: Prix composite FAO (US \$/Kg)[26]

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
2000	1,84	1,85	1,79	1,79	1,76	1,71	1,88	1,78	1,88	1,81	1,76	1,71	1,80
2001	1,82	1,72	1,64	1,55	1,49	1,46	1,55	1,54	1,51	1,45	1,50	1,48	1,56
2002	1,48	1,49	1,52	1,46	1,43	1,44	1,44	1,48	1,53	1,54	1,50	1,46	1,48
2003	1,59	1,48	1,47	1,45	1,44	1,45	1,58	1,49	1,51	1,56	1,52	1,65	1,52
2004	1,56	1,61	1,64	1,65	1,61	1,56	1,64	1,64	1,77	1,76	1,74	1,73	1,66
2005	1,63	1,59	1,72	1,64	1,58	1,57	1,62	1,65	1,67	1,67	1,64	1,66	1,64
2006	1,68	1,89	1,84	1,85	1,85	1,90	1,92	1,88	1,87	1,80	1,74	1,77	1,83
2007	1,78	1,78	1,85	1,84	1,81	1,88	1,91	2,01	2,11	2,15	2,10	2,17	1,95

Tableau 35: Prix moyen aux enchères de Mombassa (US \$/Kg) [16]

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
1998	2,55	2,81	2,23	1,96	1,56	1,56	1,68	1,7	1,75	1,74	1,59	1,62	1,90
1999	1,74	1,77	1,89	1,86	1,7	1,68	1,68	1,66	1,97	1,98	1,81	1,83	1,80
2000	1,88	2,11	2,03	2,03	2	1,61	2,11	2,1	2,11	1,83	1,98	1,92	1,98
2001	1,87	1,73	1,67	1,43	1,46	1,42	1,54	1,48	1,39	1,38	1,4	1,43	1,52
2002	1,46	1,5	1,54	1,48	1,39	1,45	1,48	1,49	1,57	1,54	1,48	1,47	1,49
2003	1,51	1,43	1,51	1,5	1,51	1,5	1,55	1,55	1,59	1,67	1,62	1,59	1,54
2004	1,63	1,65	1,59	1,54	1,51	1,51	1,53	1,57	1,63	1,51	1,45	1,49	1,55
2005	1,51	1,48	1,48	1,47	1,41	1,39	1,46	1,5	1,52	1,54	1,47	1,51	1,48
2006	1,68	2,33	1,94	1,99	2,09	2,12	2,15	2,09	1,87	1,74	1,75	1,72	1,96
2007	1,7	1,5	1,63	1,6	1,55	1,66	1,64	1,61	1,76	1,72	1,71	1,75	1,65
2008	2,14	2,34	2,12	2,18	2,14	2,3	2,4	2,6	2,58	2,22	1,7	1,77	2,21

Tableau 36: Evolution prix du thé noir Juillet 2007- Juin 2009, Société Sidexam (US \$/Kg)

ANNEES	MOIS	Grade I					Grade II		Moyenne
		DUST1	PD	PF 1	PF	BP 1	DUST	F 1	
2007	Juillet	1,20	1,27	1,26			-	-	1,24
	Août	-	-	1,39	1,05	1,00	-	0,89	1,08
	Novembre	2,45	2,01	1,55	1,35	1,17	-	1,15	1,61
	Décembre	2,47	2,10	1,45	1,35	1,17	2,16	1,15	1,69
2008	Janvier	2,00	2,00	1,43	1,31	1,15	-	1,30	1,53
	Février	2,28	2,05	1,64	1,49	1,12	1,80	1,40	1,68
	Mars	1,79	1,82	1,61	1,48	1,13	1,70	1,34	1,55
	Avril	2,15	2,11	1,96	1,99		1,69	1,61	1,91
	Juin	1,88	1,85	1,82	1,94		1,65	1,64	1,80
	Octobre	2,06	2,06	1,60	1,41	1,22	1,79	1,18	1,62
	Novembre	2,06	2,08	1,64	1,41		2,08	1,18	1,74
	Décembre	1,75	1,40	1,45	1,37	1,10	1,70	1,20	1,42
2009	Janvier	1,48	1,84	1,57	1,58	1,29	-	1,34	1,51
	Février	1,30	1,61	1,43	1,87	1,50	1,65	1,65	1,57
	Mars	2,07	1,90	1,74	1,51	1,25	-	1,29	1,63
	Avril	1,61	1,88	1,82	1,50	1,31	1,48	1,30	1,56
	Juin	2,05	-	2,22	1,79		1,44	1,65	1,83
Moyenne général		1,99	1,90	1,61	1,53	1,24	1,72	1,32	1,61

Annexe 2: Rapport de grade**Tableau 37:** Rapport de grade Société SDEXAM (COMBROK LIMITED, 2008-2009)

DATE	OBSERVATIONS	
17/07/08	Feuilles	PF1 noirâtre avec feuilles ouvertes et tiges coupées PD moins noirs, feuilles ouvertes mais un peu plus grand par rapport à la normale Dust1 bien faite mais légèrement supérieure au standard Grades secondaires de qualité satisfaisante
	Infusions	Mornes, ouvertes
	Liqueurs	manque d'éclat, force satisfaisant
26/09/08	Feuilles	PF1 ouvert, fibreux et non homogène PD et Dust1 avec quelque trace de feuilles ouvertes et de fibres ; Dust1 un peu poussiéreux PF et les grades secondaires satisfaisants
	Infusions	Eclatante mais présentent des feuilles ouvertes
	Liqueurs	PF brillant mais un peu rude PD brillant, coloré mais rude aussi ; Autres grades colorés et avec corps, avec force mais rude
05/02/09	Feuilles	BP1 incorrect, ouvert et non enroulé ; PF1 propre ; PD propre et noir ; Dust1 légèrement fibreux ; Dust1 inv. 035 propre, noir, soigné ; Grade secondaires généralement satisfaisantes
	Infusions	Assez brillantes mais présentent quelques feuilles ouvertes
	Liqueurs	BP1 brillant mais tendent à être brûlé ; PF1 brillant, bien coloré, avec force ; PD coloré avec corps et force ; Dust1 brillant, coloré, forte mais tend à être brûlé
24/04/09	Feuilles	BP1 ouvert ; PF1 noirâtre, avec des traces de feuilles ouvertes ; PD marron, un peu fibreux ; Dust1 noir, assez propre pour son grade
	Infusions	Brillantes mais BP1 et PF présentent de feuilles ouvertes
	Liqueurs	BP1 un peu brillant, assez de force et de vivacité, mais inv. 081 et 085 sont âgés ; PF1 un peu brillant, inv. 086 pleine de vivacité, inv. 091 coloré et fort, inv.080 gâté ; PD brillant, bien coloré et fort ; Dust1 coloré avec plus de force ; PF très brillant, fort
08/05/09	Feuilles	PF1 noirâtre avec feuilles ouvertes et des tiges, mal faite ; PD et Dust1 assez bien usinées mais moins noirs avec des traces de feuilles ouvertes et de tige ; Grades secondaires satisfaisants
	Infusions	Moins brillantes
	Liqueurs	Moins brillantes, force satisfaisante, mais manque de corps

Annexe 3: Production**Tableau 38:** Production de feuilles vertes de 1999-2008 (en Kg)

MOIS	PRODUCTION										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Moyenne
Janvier	286896	322696	351318	380691	388461	367792	263264	199242	255275	190203	300584
Février	235833	290630	290255	307695	311121	218865	245371	142689	258997	189919	249138
Mars	292606	330352	309552	347672	358714	236644	243958	184903	263602	191938	275994
Avril	181297	225310	201499	271508	235272	144884	163020	129003	240868	138718	193138
Mai	108610	141844	111656	130136	168432	70110	109580	76778	124695	79130	112097
Juin	45399	36922	35265	30824	73160	28304	44649	45292	36910	24699	40142
Juillet	10387	19735	19021	27585	58501	4499	9782	21550	788	17074	18892
Août	13557	2877	18370	31051	37293	23121	11074	47006	14709	17075	21613
Septembre	40424	103739	58069	65500	86337	62435	57605	63060	28055	75395	64062
Octobre	134426	175094	163112	159699	251008	135329	163790	144241	108116	118263	155308
Novembre	215268	206829	134793	195853	180986	163906	123410	188178	119207	78439	160687
Décembre	259716	332167	195587	289260	350723	192482	133913	266854	179368	233158	243323
TOTAL	1824419	2188195	1888497	2237474	2500008	1648371	1569416	1508796	1630590	1354011	1834978

Tableau 39: Production en thé noir de 1999-2008 (en Kg)

MOIS	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Janvier	63 267	70 449	76 027	86 229	79 959	79 544	58 018	44 513	54 108	40 505
Février	51 142	63 491	64 734	66 327	67 721	48 956	54 296	32 073	57 960	41 849
Mars	63 742	67 704	69 977	78 882	78 892	51 899	53 938	42 508	61 164	41 130
Avril	39 380	50 588	44 540	57 578	54 048	31 091	36 362	30 756	54 267	31 193
Mai	24 616	32 780	28 463	31 324	40 326	15 238	24 484	17 692	28 751	18 592
Juin	11 396	9 109	8 561	8 298	17 510	6 333	9 951	18 314	9 920	5 633
1er Semestre (Kg)	253 543	294 121	292 302	328 638	338 456	233 061	237 049	185 856	266 170	178 902
Juillet	2 456	4 792	4 970	7 596	14 497	1 088	2 218	-	-	3 895
Août	3 212	643	4 607	8 464	11 239	3 846	2 577	9 940	3 521	3 858
Septembre	10 495	25 795	14 297	15 928	17 978	15 461	12 568	15 848	6 679	17 724
Octobre	32 625	43 848	42 337	40 136	63 737	31 218	37 036	33 559	25 154	28 625
Novembre	51 959	48 667	32 610	45 558	48 900	36 059	29 540	46 071	27 772	12 866
Décembre	60 222	72 355	49 833	64 812	73 655	44 092	30 358	62 168	44 572	49 924
2eme semestre (Kg)	160 969	196 100	148 654	182 494	230 006	131 764	114 297	167 586	107 698	116 892
Total Annuel (Kg)	414 512	490 221	440 956	511 132	568 462	364 825	351 346	353 442	373 868	295 794

Tableau 40: Production par grade saison 2007-2008 (en Kg)

	Grade primaire (80%)					Grade secondaire (20%)		
	DUST 1	PD	PF1	PF	BP1	DUST	F1	BMF
Juillet	0	0	0	0	0	0	0	0
Août	242	579	1 300	522	380	37	283	178
Septembre	326	1 084	2 298	838	1 101	110	613	309
Octobre	1 662	3 637	8 520	4 488	2 920	397	2 092	1 438
Novembre	3 061	4 856	9 516	3 077	1 617	462	2 953	2 230
Décembre	4 229	7 522	14 737	5 672	2 936	811	5 198	3 467
Janvier	3 896	6 479	13 120	4 069	4 063	947	4 620	3 311
Février	3 343	6 443	13 153	5 351	3 673	1 086	5 215	3 585
Mars	3 221	6 799	12 648	4 976	3 686	1 045	5 502	3 253
Avril	2 365	5 049	10 001	3 632	2 764	749	3 806	2 827
Mai	1 605	2 917	5 858	2 195	1 607	632	2 124	1 654
Juin	588	1 037	1 552	708	358	242	686	462
TOTAL	24 296	46 402	92 703	35 528	25 105	6 518	33 092	22 714

Annexe 4: Fabrication de thé à SahambavyRéception de feuilles

Tableau 41: Echantillonnage réception feuilles vertes

Dates	CUEILLETTE							Somme
	p+2	p+3	p+4 et plus	Refus				
				Feuilles simples	Ecrasées	Dures	Total	
24/11/2008	45	12	2	4	9	2	15	74
03/12/2008	44	4	0	3	5	1	9	57
11/12/2008	35	15	1	2	10	0	12	63
17/12/2008	25	20	0	5	7	0	12	57
06/01/2009	39	14	0	5	6	2	13	66
14/01/2009	46	11	3	4	4	1	9	69
21/01/2009	47	9	0	5	5	0	10	66
03/04/2009	29	20	5	2	5	3	10	64
17/04/2009	33	22	3	8	5	0	13	71
15/05/2009	50	12	0	9	4	0	13	75
21/05/2009	46	17	0	3	9	0	12	75
09/07/2009	25	15	1	9	5	9	23	64
15/07/2009	31	26	0	4	7	3	14	71
Moyenne	38	15	1	5	6	2	13	

Tableau 42: Répartition de la récolte (en %)

Date	CUEILLETTE							Somme
	p+2	p+3	p+4 et plus	Refus				
				Feuilles simples	Ecrasées	Dures	Total	
24/11/2008	60,81	16,22	2,70	5,41	12,16	2,70	20,27	100,00
03/12/2008	77,19	7,02	0,00	5,26	8,77	1,75	15,79	100,00
11/12/2008	55,56	23,81	1,59	3,17	15,87	0,00	19,05	100,00
17/12/2008	43,86	35,09	0,00	8,77	12,28	0,00	21,05	100,00
06/01/2009	59,09	21,21	0,00	7,58	9,09	3,03	19,70	100,00
14/01/2009	66,67	15,94	4,35	5,80	5,80	1,45	13,04	100,00
21/01/2009	71,21	13,64	0,00	7,58	7,58	0,00	15,15	100,00
03/04/2009	45,31	31,25	7,81	3,13	7,81	4,69	15,63	100,00
17/04/2009	46,48	30,99	4,23	11,27	7,04	0,00	18,31	100,00
15/05/2009	66,67	16,00	0,00	12,00	5,33	0,00	17,33	100,00
21/05/2009	61,33	22,67	0,00	4,00	12,00	0,00	16,00	100,00
09/07/2009	39,06	23,44	1,56	14,06	7,81	14,06	35,94	100,00
15/07/2009	43,66	36,62	0,00	5,63	9,86	4,23	19,72	100,00
Moyenne	56,68	22,61	1,71	7,20	9,34	2,45	19,00	

Usinage proprement dit

Tableau 43: Etat du flétrissage

DATE	BAC (n°)	QUANTITE (Kg)	FLETRISSAGE			CAISSE (Kg)		Taux de flétrissage (%)
			Début	Fin	Durée (h)	Début	Fin	
24/11/2008	1	716	9h 50	07h 00	21	22,43	15	67
	2	708	11h 55	07h 20	19	22,12	18	81
	3	543	12h 00	07h 50	20	16,96	13,5	80
Moyenne					20	-		76
26/11/2008	1	744	10h 05	07h 05	21	23,25	16,5	71
	6	526	14h 30	11h 05	21	16,43	10	61
	7	470	14h 40	11h 30	21	14,71	10	68
	8	500	15h 00	12h 00	21	15,37	9	59
Moyenne					21	-		64.7
03/01/2009	1	1021	09h 45	07h 45	22	32	23	71
	2	1035	11h 10	09h 00	22	32	22	69
	4	1046	11h 35	10h 30	23	32	23,5	73
Moyenne					22			71
05/02/2009	1	672	10h 10	07h 00	21	21	15	71
	2	768	11h 40	07h 40	20	24	20	83
	7	640	15h 00	12h 00	22	20	17	80
Moyenne					21	-		78
27/04/209	2	608	14h 30	07h 30	15	19	12	63
	4	512	15h 20	08h 30	15	16	12	75
	5	512	15h 30	09h 15	16	16	14	87
Moyenne					15.5			75
14/05/09	7	499	11h 05	08h 30	21.5	16	7	44
	9	434	14h 55	09h 45	20	14	8	57

	11	402	16h 30	10h 45	19	13	6	46
Moyenne					20			49
19/06/09	1	393	13h 10	07h 05	18	13	9	69
	2	272	15h 00	07h 20	16.5	9	6	66
	3	280	15h 05	07h 40	16.5	10	7	70
Moyenne					17			68.3

Tableau 44: Prélèvement de température de roulage

DATE	Heure	T° Amb (°C)	T° Rotorvane (°K)			CTC. machines					
			Entrée	Sortie	Ecart	Rouleau 1		Rouleau 2		Rouleau 3	
						Sortie	Ecart	Sortie	Ecart	Sortie	Ecart
25/11/2008	08h 30	21,6	71	80,5	9,5	82	1,5	83,5	1,5	85	1,5
	09h 00	22,7	73	82	9	84,5	2,5	85,5	1	85	-0,5
27/11/2008	07h 10	22,8	72	79,5	7,5	83	3,5	85	2	85	0
	11h 20	25	75	82,5	7,5	84	1,5	89	5	89	0
23/12/2008	05h 23	18	67	78	11	81	3	82	1	83	1
	10h 10	23	73	82	9	87	5	87,5	0,5	86,5	-1
15/01/2009	07h 20	20	69,5	78,5	9	82	3,5	87,5	5,5	86	-1,5
	08h 15	22	71	81	10	84	3	89	5	86	-3
06/02/2009	07h 20	21	65	78	13	80	2	80	0	83	3
	10h 30	23	72	82	10	85	3	84	-1	86	2

Tableau 45: Température de fermentation

DATE	Durée fermentation	Heure	Température (°C)				
			Ambiante	Entrée	Milieu	Sortie	Moyenne
26/11/2008	80	9h 20	25	27	29	30	28,7
	110	10h 00	25	26,5	28,5	31	28,7
		11h 10	25	28	30	30	29,3
03/12/2008	100	8h 40	24	26	30	33	29,7
		10h 45	26	26	29	34	29,7
		13h 40	27	29	33	34	32,0
28/01/2009	80	10h 20	27	28	31	34	31,0
		11h 00	29	29	32	35	32,0
		13h 40	29	30	33	34	32,3

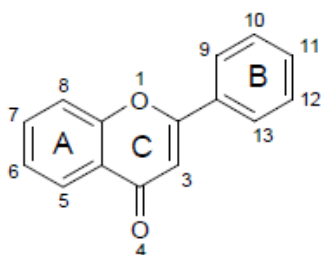
Tableau 46: Humidité du thé sec en triage (en %)

Dates	En attente triage			En silo		
	Prise 1	Prise 2	Prise 3	Prise 1	Prise 2	Prise 3
20/11/2008	5,7	6	5,5	6,9	6,7	6,5
27/11/2008	5,8	5,5	6	6,7	6,4	6,8
04/12/2008	6,5	6,6	6,2	7	7,1	7,3
11/12/2008	5,5	6,1	5,8	6,4	6	6,8
15/01/2009	5	4,8	4,5	5,5	6	5,7
30/03/2009	6,3	6,4	5,8	7,2	7	7,4

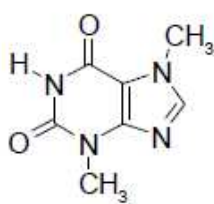
Tableau 47: Capacité de production constatée

Date	Flétrissage		Roulage			Sortie séchoir	
	Quantité (Kg)	Taux (%)	Quantité (Kg)	Durée (h)	Débit (Kg/h)	Thé sec (Kg)	Débit (Kg/h)
24/11/2008	718	67	481	20	1443	183	549
	708	81	573	30	1147	181	361
26/11/2008	526	61	321	10	1925	134	805
	471	68	320	20	961	120	360
16/12/2008	864	63	544	30	1089	220	441
	1024	66	676	30	1352	261	522
Moyenne	719	68	486	23	1320	183	506

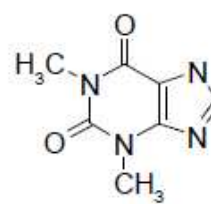
Annexe 5: Formules chimiques

**Figure 13:** Structure des flavones [10]

caféine



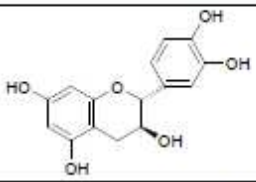
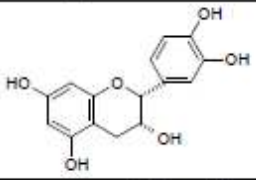
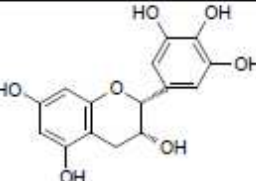
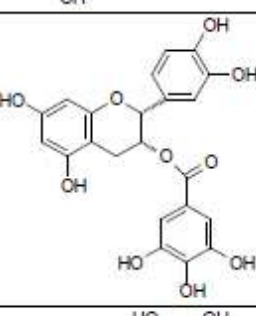
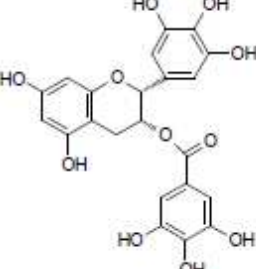
théobromine



théophylline

Figure 14: Structure des alcaloïdes du thé [10]

Tableau 48: Catéchines du thé [10]

Nom	Abréviation	Formule développée
Catéchine	C	
Épicatéchine	EC	
Épigallocatechine	EGC	
Épicatéchine gallate	ECG	
Épigallocatechine gallate	EGCG	

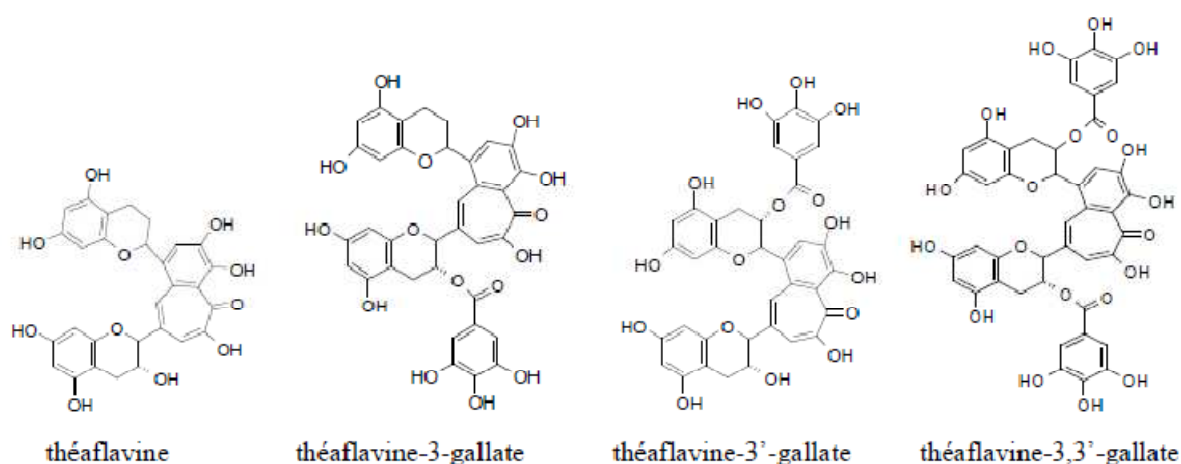


Figure 15: Théaflavines [19]

Annexe 6: Equipements de fabrication de thé noir

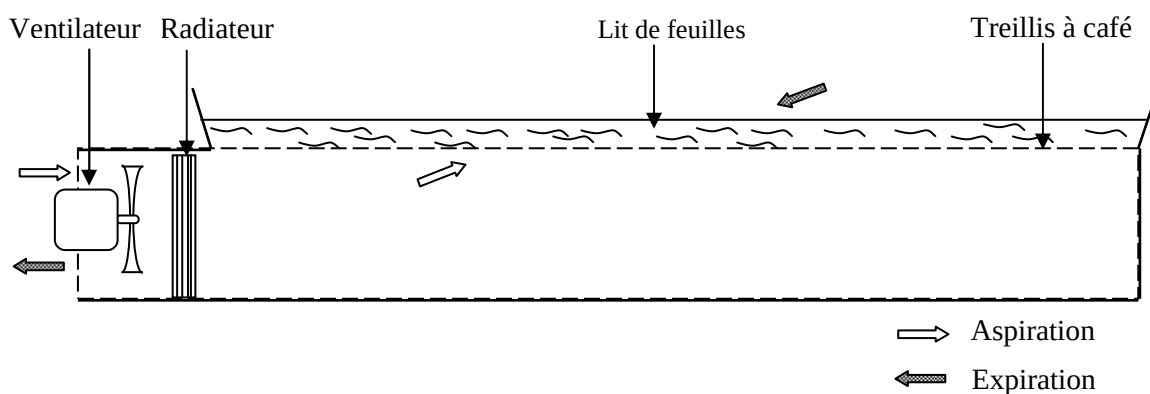


Figure 16: Bac de flétrissage

Tableau 49: Caractéristiques de l'équipement de flétrissage

Dimension	Chargement (Kg/m ²)	Capacité (Kg)	Nombre	Capacité totale (Kg)
32m ² (16×2)	25 - 35	800 - 1 120	12	9 600 - 13 440
58.4m ² (16×3.65)	20	1 168	2	2 336

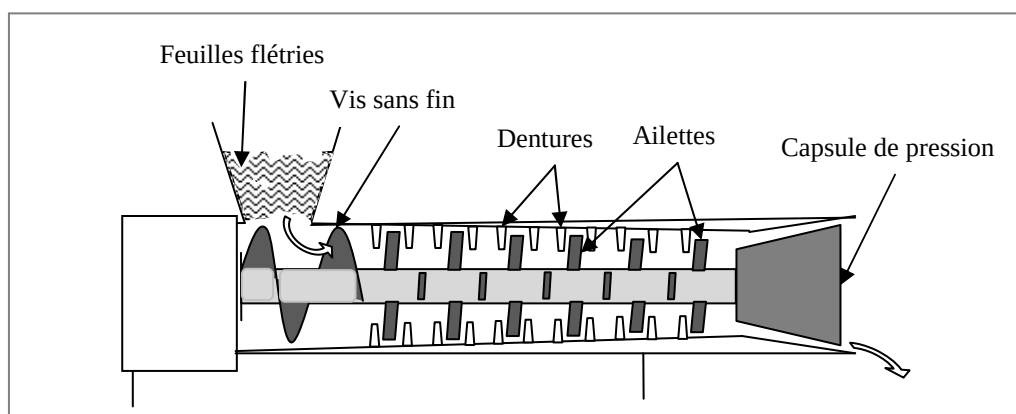


Figure 17: Rotorvane

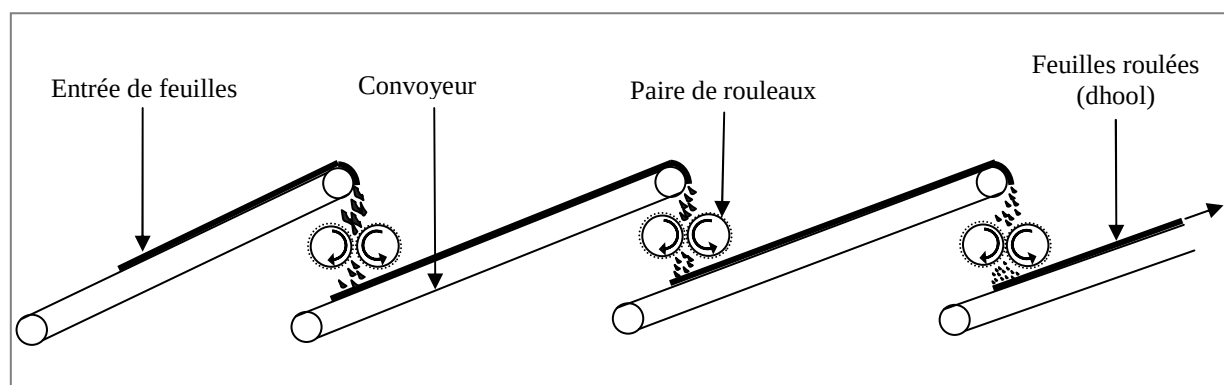


Figure 18: Principe du roulage par CTC

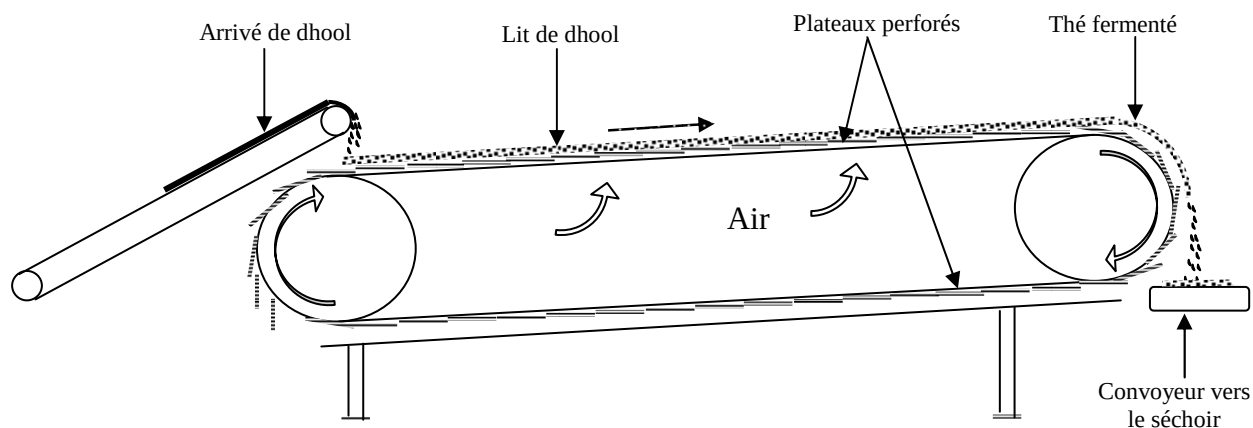


Figure 19: Fermenteur

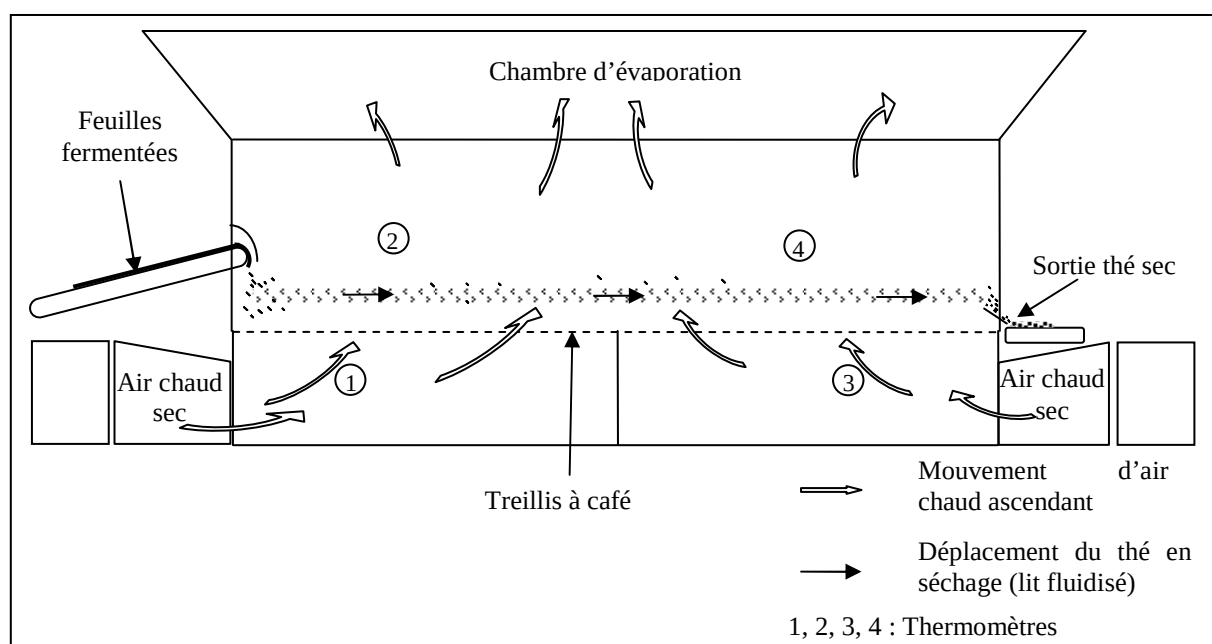


Figure 20: Séchoir FBD

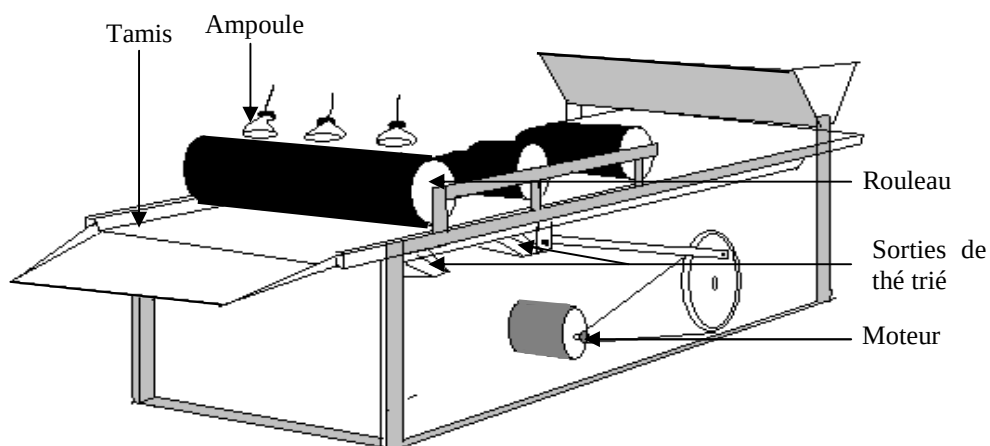


Figure 21: Trieuse défibreuse



Figure 22: Thermo-hygromètre (cliché : auteur, 2009)



Figure 23: Appareil à tester l'humidité (cliché : auteur, 2009)



Figure 24: Midleton (cliché : auteur, 2009)



Figure 25 : Pucca trieur (cliché : auteur, 2009)



Figure 26: Rouleau défibreur (cliché: auteur, 2009)



Figure 27: Trieuse défibreuse (cliché: auteur, 2009)

Annexe 7: Résultats**Tableau 50:** Echantillonnage essai récolte

Date	CUEILLETTE							Somme
	B+2F	B+3F	B+4F et plus	Refus				
				Feuilles simples	Ecrasées	Dures	Total	
30/03/2009	50	4	1	4	4	0	8	63
31/03/2009	56	2	0	3	5	0	8	66
06/04/2009	58	2	0	0	5	0	5	65
07/04/2009	60	3	1	5	4	0	9	73
13/04/2009	49	9	0	5	6	0	11	69
14/04/2009	53	7	0	4	4	0	8	68
20/04/2009	47	9	0	5	3	0	8	64
27/04/2009	61	10	0	2	3	0	5	76
28/04/2009	56	5	0	2	5	0	7	68
Moyenne	54	6	0	3	4	0	8	

Tableau 51: Conduite de flétrissage

Bac	Quantité (Kg)	Flétrissage (h)			Heure de prise	HR (%)	T (°C)		Ventilation		Chauffage		Caisse (Kg)		Taux (%)
		Début	Fin	Durée			T _S	T _H	Aspiration	Expiration	Marche	Arrêt	Entrée	Sortie	
1	518	09h 30	07h 00	20h 30	09h 30	56,7	17,2	12,1	09h 30	11h 00	-	-	16	11	69%
					13h 30	60	17,9	13,3	13h 30		-	-			
									Arrêt à 14h 30		-	-			
3	580	09h 30	08h 30	23h 00	09h 35	59	17	12,3	09h 30	11h 00	-	-	19	13	68%
					13h 35	60,3	17,6	13	13h 30		-	-			
									Arrêt à 16h 00		-	-			
5	532	09h 30	09h 00	23h 30	09h 40	58,5	16,6	11,9	09h 30	11h 00	-	-	17	12	71%
					13h 30	52,8	20,2	14,2	13h 30		-	-			
									Arrêt à 16h 40		-	-			

Tableau 52: Température au niveau du roulage

Heures	Température (°F)									
	Ambiante	Rotorvane			CTC					
		Entrée	Sortie	Augmentation	R1	Augmentation	R2	Augmentation	R3	Augmentation
07h 15	75,2	70	80,5	10,5	84	3,5	89,5	5,5	92,5	3
09h 15	77,18	75,5	83	7,5	87,75	4,75	92,5	4,75	96	3,5
11h 15	80,06	75	84	9	88	4	92	4	95	3

Tableau 53: Relevé des paramètres de séchage

Heure	Température (°F)				Pression chaudière (bar)	Humidité thé sec (%)
	WEI	WEE	DEI	DEE		
09h 30	240	-	195	185	7,5	2,9
11h 30	240	-	205	194	7,5	2,5
13h 30	210	-	170	167	7	3

Annexe 8: Résultat de l'analyse microbiologique

REPUBLIKAN'I MADAGASIKARA
Tanindrazana-Fahafahana-Fandrosoana

VICE PRIMATURE
CHARGÉE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

SECRETARIAT GENERAL

AGENCE DE CONTRÔLE DE LA SÉCURITÉ
SANITAIRE ET DE LA QUALITÉ DES DENRÉES
ALIMENTAIRES

ANDRIAMIARINJAKA Mamy

BULLETIN D'ANALYSE N°2742/09

DENOMINATION ET IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON

Echantillon de **Thé noir en poudre**, adressé par ANDRIAMIARINJAKA Mamy, enregistré au laboratoire sous le N°2742/09 du 30/11/09.

DESCRIPTION ET CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES

Echantillon de produit solide, de couleur noir, de saveur et d'odeur normales caractéristiques, mis dans un sachet en plastique puis dans un emballage en papier non conforme, portant écriture « THE NOIR – Sahambavy », pesant environ 50g, sans informations ni indications sur le produit.

CARACTÈRES MICROBIOLOGIQUES

	Résultats	Critères
NAM à 30°C	1,2. 10 ²	1,0. 10 ⁵ UFC/g
Staphylocoque coagulase +	< 1	1,0. 10 ³ UFC/g
Escherichia coli	< 1	10 UFC/g
Bacillus cereus	< 1	1,0. 10 ³ UFC/g
Clostridium perfringens	< 1	1,0. 10 ² UFC/g
Salmonella sp.	Absence	Absence/ 25 g

INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

Echantillons de produits satisfaisants par leurs caractères microbiologiques.
Echantillons de produits propres et sains à la consommation humaine.

Communiqué le : 02 DEC 2009

Le Chef de laboratoire


RAMANUNJISON
Edouard

Le Chef de Service d'Analyse
et de Surveillance des Aliments


Docteur RASOLOFOMALALA Denis
Médecin Diplômé d'Etat



Annexe 9: Questionnaires d'analyse sensorielle

Typologie du juge

Nom et prénom :

Age : ☐ <18 ans ☐ 18-30 ans ☐ > 30 ans

Sexe : ☐ Masculin ☐ Féminin

Situation actuelle :

- Etudiant : ☐ Scolaire ; ☐ Universitaire
- Employé : ☐ De bureau ; ☐ De laboratoire ; ☐ Recherche et Enseignement ;
☐ Transport ; ☐ Autres

Type de thé consommé : ☐ Noir – ☐ Vert

Marque de thé préféré :

Parfum : ☐ Nature, ☐ Vanille, ☐ Menthe, ☐ Bergamote, ☐ Autres

Fréquence de consommation du produit :

- ☐ Plus d'une fois par jour
- ☐ Une fois par jour
- ☐ Plus d'une fois par semaine
- ☐ Une fois par semaine
- ☐ Occasionnelle

Habitude de consommation :

- ☐ Matin – ☐ Midi – ☐ Soir*
- ☐ Pendant repas - ☐ Après repas – ☐ Hors repas*



Test monadique

Vous avez reçu un échantillon de thé noir. Goutez-le et cochez la case correspondant à vos appréciations.

- ☐ 1 Très désagréable
- ☐ 2 Désagréable
- ☐ 3 Assez désagréable
- ☐ 4 Ni désagréable ni agréable
- ☐ 5 Assez agréable
- ☐ 6 Agréable
- ☐ 7 Très agréable

Remarques éventuelles sur le produit

--

Annexe 10: Coût de la qualité**Charge du personnel****Tableau 54: Salaire du personnel**

Personnel	Classification		Nombre	Salaire				
	Avant	Après		Mensuelle		Annuelle		Ecart
				Avant	Après	Avant	Après	
Chargé du flétrissage								
Second	M2	OS2	1	73 160	87 080	877 920	1 044 960	167 040
Chargé du R.F.S	M1	OS2	1	72 800	87 080	873 600	1 044 960	171 360
Second	M1	OS2	1	72 800	87 080	873 600	1 044 960	171 360
			Somme	218 760	261 240	2 625 120	3 134 880	509 760

Tableau 55: Charge sociale

Désignation	Avant	Après	Différence
CNAPS	26 251,20	31 348,80	5 097,60
Osief	52 502,40	62 697,60	10 195,20
Total	78 753,60	94 046,40	15 292,80



Annexe 11: Manuel de fabrication (programme de formation)

1. Introduction

Au cours de la fabrication, un soin méticuleux est apporté aux feuilles. Le maintien de l'excellent état de ces dernières est primordial tout au long de la chaîne. L'obtention de la qualité est le résultat d'une surveillance sans faille à toutes les étapes du procédé.

Cette formation vise avant tout à fournir aux Agents les manières de manipuler les feuilles, de les considérer, d'en prendre soin. Et le plus important, leur faire comprendre que le travail de routine n'existe pas dans une Usine de thé, chaque situation est différente. Cependant il est à mentionner qu'ils seront initiés pour la manipulation des feuilles et ne touchent pas les questions techniques et mécaniques.

2. Réception

Pour le thé, les changements surviennent immédiatement après la cueillette. On peut dire que le mécanisme de fabrication prenne place dès la récolte. De ce faite, des précautions doivent être prises afin de mieux maîtriser ces changements.

a. Objectifs

- ✓ Transférer le plus rapidement possible le thé vers les bacs ;
- ✓ Maintenir la bonne qualité des feuilles ;
- ✓ Respect des matériels de travail, en particulier les paniers.

b. Modes opératoires

- ✓ Constituer une équipe de réception des feuilles, toujours disponible pour cette tâche ;
- ✓ Tous les personnels de la réception, ainsi que les matériels (crochets, bacs), doivent être prêts à l'arrivée des feuilles de la plantation.
- ✓ Transférer immédiatement les feuilles, dès leur arrivée, vers les bacs ;
- ✓ Ne pas écraser ni entasser les feuilles pendant le pesage,
- ✓ Ramasser les feuilles éparpillées sur le sol, et faire attention de ne pas les piétiner ;

c. Enregistrement des données

L'agent chargé de flétrissage doit enregistrer, en premier lieu, le flux de feuilles entrant à l'usine et toutes les informations leurs concernant. Il retient donc les renseignements



sur le transfert des feuilles du champ vers l'usine (à la réception) puis leur passage de la réception vers les bacs de flétrissage. Les données suivantes sont donc nécessaires :

Du champ à l'Usine :

- Heure d'arrivée camion ;
- Numéro du camion et nom du Chauffeur ;
- Lieu de cueillette : Plantation Industrielle (Parcelle) ou Plantation Villageoise ;
- Nombre de cueilleurs (permanents et ordinaires) ;
- Cueillette pour thé noire ou pour thé vert ;
- Poids des feuilles au champ et à l'usine ;
- Quantité totale de feuilles entrant à l'usine ;

De la réception au bac

- Quantité de feuilles par bac ;
- Poids de feuilles dans la caisse (1m²) ;
- Début de ventilation.

Il ne faudrait cependant jamais oublier que l'un des efforts d'amélioration consiste à transférer le plus rapidement possible les feuilles vers les bacs. Cette poste requiert donc la dextérité de l'Agent dans son travail.

3. Flétrissage

Le flétrissage semble, en apparence, l'étape la plus facile. On a tendance à croire qu'il suffit d'éparpiller les feuilles sur les bacs, de mettre en marche les ventilateurs et enfin de ramasser les feuilles à l'heure du roulage. Au contraire, c'est la plus difficile à mettre en œuvre et à réaliser. Car il est soumis aux caprices du climat et à l'état des feuilles. L'Agent doit savoir anticiper ces deux variables à l'aide des moyens existants (thermo-hygromètre, vapeur, quantité de feuilles, etc.).

a. Objectifs

- ✓ Standardiser le taux de flétrissage dans n'importe quelles conditions climatiques, en un mot, parvenir à réaliser 68 à 70% de taux de flétrissage.
- ✓ Uniformiser l'état de flétrissage ;
- ✓ Réaliser le bon taux dans un délai déterminé, entre 16 et 24 heures ;
- ✓ Maintenir la bonne qualité des feuilles.



b. Importance

3 paramètres très importants interviennent au cours du flétrissage, à savoir : la température, l'humidité (atmosphérique et des feuilles) et le temps. Ils sont interdépendants et dirigent l'agent de flétrissage dans sa décision sur la méthode à suivre pendant le processus.

La bonne pratique du flétrissage conditionne la réussite des opérations en aval. L'échec du flétrissage peut se présenter sous deux aspects : le sous-flétrissage et le sur-flétrissage. Dans les deux cas les résultats sur l'aptitude des feuilles à recevoir les traitements en aval sont médiocre. En outre, cela nuit à la qualité organoleptique du thé sec.

Le sous-flétrissage conduit à :

- ✓ Une difficulté à tordre les feuilles pendant le processus de roulage. Les feuilles tendent à être morcelées, impossible de façonner l'aspect enroulé du thé ;
- ✓ Une fermentation inégale : elle entraîne un goût âpre, un arôme verte dans le jus et un parfum d'herbe au niveau de l'infusion ;
- ✓ Un thé morne. Les feuilles trop humides provoquent une forte production de chaleur au niveau du rotorvane. Une forte élévation de température pendant le roulage nuit à l'éclat du thé sec.
- ✓ Une perte d'efficacité du séchoir. Effectivement l'excès d'humidité surcharge le séchoir, ce qui conduit à un surplus d'énergie pour le séchage et un arrêt fréquent de la fabrication.

Les opérations de roulage nécessitent le taux de flétrissage optimale des feuilles ;

c. Modes opératoires

- ✓ Une fois sur les bacs, il faudra bien éparpiller les feuilles sur une couche d'épaisseur régulier ;
- ✓ Bien désentasser les feuilles afin d'obtenir un flétrissage uniforme ;
- ✓ Ne pas écraser ni entasser les feuilles que ce soit dans les bacs ou sur le sol ;
- ✓ Peser les feuilles à mettre dans la caisse en bois (1m²) : la connaissance du poids initial de feuilles dans 1m², au début et à la fin du flétrissage, permet d'estimer, avec une plus grande précision, la perte en eau, c'est-à-dire le taux de flétrissage ;
- ✓ Mettre en marche le ventilateur ;
- ✓ Suivre de près l'évolution du flétrissage : du commencement à la fin du processus, l'état des feuilles conditionnent toujours la suite des opérations ;



- ✓ Réaliser le flétrissage dans un intervalle de temps compris entre 16 et 24 heures : étant donné qu'on n'a plus accès à la vapeur au-delà de 18h, il faudra bien repérer le bon état des feuilles avant d'arrêter la ventilation ;
- ✓ Peser le contenu de la caisse au terme du flétrissage.

d. Données à enregistrer

Le processus doit laisser des renseignements à grandeur mesurable afin de le contrôler et de permettre les corrections futures. Le Chargé du flétrissage doit retenir :

- ✓ Numéro du bac ;
- ✓ Quantité de feuilles par bac ;
- ✓ Ventilation : début- fin, aspiration-expiration ;
- ✓ Caractéristiques de l'air : température (sec et humide) et humidité relative ;
- ✓ Vapeur : mise en marche et arrêt ;
- ✓ Quantité de feuilles (masse en kilo) dans la caisse avant et après le flétrissage ;
- ✓ Taux de flétrissage ;
- ✓ Observations sur le processus.

Pour la mesure des caractéristiques de l'air, c'est le responsable de fabrication qui s'en chargera.

4. Roulage

a. Objectifs

L'objectif du roulage c'est de déclencher la fermentation et d'avoir une bonne présentation du thé, c'est-à-dire obtenir un thé bien roulé avec d'excellente aspect.

b. Importances

Il existe quatre facteurs à prendre en compte quant on parle du roulage, à savoir :

- ✓ L'humidité des feuilles ;
- ✓ La température de roulage ;
- ✓ Le degré d'approchage des rouleaux ;
- ✓ Le niveau d'aiguisage des rouleaux.

L'humidité des feuilles a, en premier lieu, un effet direct sur le pourcentage de grade primaire. En second lieu, elle influence grandement la qualité du roulage. Il est important de n'envoyer à l'atelier de roulage que les feuilles au taux de flétrissage idéal (68-70%). Et en



dernier lieu, l'excès d'humidité génère une forte production de chaleur au niveau du rotorvane.

Il est nécessaire de contrôler aussi la température au niveau de cette étape. En effet, elle renseigne sur :

- ✓ La température de roulage : une température trop élevée nuit à l'apparence du thé ;
- ✓ Le travail fourni par chaque machine (rotorvane et les C.T.C).

Le rapprochement des rouleaux détermine le pourcentage des grades. En outre, il affecte la qualité du roulage, car les rouleaux trop écartés ne fournissent pas assez de travail de coupe, d'enroulement et de déchiquetage. Et en plus, un bon roulage facilite l'opération de fermentation.

Quant à la qualité de l'aiguisage, elle agit sur le pourcentage de grade primaire. Les rouleaux bien aiguisés aident à obtenir de bon roulage et d'excellente présentation du thé sec.

L'étape de roulage participe à la naissance des caractères qui font la qualité du thé noir. C'est le précurseur de ses caractères car :

- ✓ Elle favorise et facilite la fermentation ;
- ✓ Elle aide à la formation et à la conservation du parfum et de l'arôme du thé ;
- ✓ Elle donne un meilleur aspect au thé sec.

c. Modes opératoires

Pour mener à bien l'étape de roulage, l'Agent doit :

- ✓ Contrôler le débit de feuilles entrant dans le rotorvane et le maintenir à un niveau constant afin d'éviter une surcharge à ce niveau et une forte production de chaleur ;
- ✓ Suivre l'évolution de la température de roulage et effectuer un enregistrement toutes les 2 heures ;
- ✓ Assurer l'hygiène de la fabrication (nettoyage et lavage des machines) ;
- ✓ Surveiller de près le processus en raison de la vétusté des machines et prévenir immédiatement le responsable de fabrication dès qu'un problème technique se présente.



5. Fermentation

La fermentation constitue l'étape la plus importante dans la manufacture du thé noir. On peut dire que c'est le centre même de la fabrication. Toutes les opérations, que ce soit en amont ou en aval, sont faites pour cette étape. Les traitements en amont sont réalisés afin de créer les conditions favorables au déclenchement et à l'accomplissement de la fermentation. Quant aux opérations post-fermentaires, elles sont principalement faites dans le but de mettre en valeur et de conserver les caractères développées au cours de la fermentation.

a. Objectifs

Notre objectif est :

- ✓ Créer une condition de fermentation à une température ne dépassant pas 30°C ;
- ✓ Obtenir une feuille de couleur rouge cuivrée ;
- ✓ Avoir une fermentation uniforme.

En un mot mener à bien cette étape.

b. Importances

Le niveau de fermentation détermine toute la qualité du thé sec.

Un thé sous-fermenté conduit à :

- ✓ Un goût âpre et vert ;
- ✓ Un thé peu aromatique ;
- ✓ Un jus vert et terne

Le thé sur-fermenté donne un jus noirâtre et une altération du goût.

c. Mode opératoire

Afin de mener à bien la fermentation, l'Agent responsable doit s'assurer de :

- ✓ Régler le débit de feuilles vertes qui entre afin d'éviter l'excès de dhool à l'entrée du fermenteur ;
- ✓ Eviter de trop manipuler les feuilles en fermentation ;
- ✓ Régler l'épaisseur de feuilles entre de 10 et 15cm, mais pas trop mince ;
- ✓ Maintenir la température de fermentation sous 30°C en réduisant l'épaisseur de dhool si nécessaire ;
- ✓ Suivre l'évolution de la couleur des feuilles ;
- ✓ Enregistrer la température de fermentation toutes les deux heures ;



- ✓ Veiller à l'hygiène de la fermentation.

d. Enregistrement de donnée

Pour le contrôle du processus, il est nécessaire de noter certains paramètres de la fermentation :

- ✓ Le temps : le début et la fin du processus ;
- ✓ La température : il s'agit de la température des feuilles en fermentation. On la mesure à l'aide d'un thermomètre digital, au niveau de trois points : à l'entrée, au milieu et au bout du fermenteur. Il y a aussi la température ambiante de la salle, mesurée à l'aide du thermo-hygromètre ;
- ✓ Noter les observations sur l'évolution de la fermentation, surtout la couleur du dhool et son homogénéité.

6. Séchage

Le séchage sert principalement à conserver les caractères développés en cours de la fermentation. En outre, il permet de les faire sortir, surtout le parfum et de faciliter la conservation du thé.

a. Objectifs

Pour s'assurer d'une bonne conservation, le thé sec devrait sortir du séchoir avec une teneur en eau comprise entre 2.5 et 3.5%. Toutefois, il faut éviter un séchage trop rapide à haute température entraînant une déshydratation superficielle du thé. Cela engendre du thé cémenté.

b. Importances

L'humidité constitue l'unique facteur de dégradation du thé sec. En réalité, elle déclenche le processus d'altération en créant des conditions favorables au développement des moisissures. Le changement qui s'en suit nuit beaucoup aux qualités du thé. Pour écarter ce risque, il est important de maintenir le taux d'humidité du thé entre 2.5 et 3.5%.

Certains caractères du thé comme le parfum se développent au cours du séchage. Un sur-séchage risque de le détruire en le submergeant de l'odeur de cuite. Tandis qu'un sous-séchage rend la conservation difficile, voire même impossible.

c. Mode opératoire

- ✓ Surveiller les variations des températures de séchage :
 - o WEI : entre 210 et 225°F ;



- o WEE : 185 – 195°F ;
 - o DEI : 210 – 225°F ;
 - o DEE : 185 – 195°F.
- ✓ Noter les températures toutes les deux heures ;
 - ✓ Contrôler le débit de feuille entrant dans le séchoir en fonction de la température de séchage (WEE) ;
 - ✓ Mesurer le taux d'humidité du thé sec toutes les 30'.

d. Enregistrement de donnée

Pour le suivi du processus, l'Agent est tenu de noter :

- ✓ Le début et la fin du séchage ;
- ✓ Les températures de séchage (WEI, WEE, DEI, DEE);
- ✓ La pression de vapeur à la chaudière ;
- ✓ Le taux d'humidité du thé sec ;
- ✓ La quantité journalière de thé sec sortant du séchoir ;
- ✓ Les observations sur le séchage ;

7. Fiches d'enregistrement

FLETRISSAGE

DATE : ... / ... / ...

[illegible]

Quantité feuille verte : _____

Le Responsable de Fabrication



FERMENTATION Semaine du : / / au / / .

Date	Heure	T° Fermenteur (°C)				Observations
		Ambiante	Point 1	Point 2	Point 3	

Le Responsable de Fabrication

Annexe 12: Données climatiques**Tableau 56 : Température, 2000-2005 (en °C)**

MOIS	2000			2001			2002			2003			2004			2005		
	Max.	Min.	Moy	Max.	Min.	Moy	Max.	Min.	Moy	Max.	Min.	Moy	Max.	Min.	Moy	Max.	Min.	Moy
JANVIER	26,4	16,9	21,7	25,5	17,4	21,5	27,0	15,7	21,4	26,8	17,7	22,3	26,9	17,1	22,0	28,2	17,19	22,7
FEVRIER	24,0	16,0	20,0	27,2	17,3	22,3	26,6	16,8	21,7	26,5	16,5	21,5	27,0	17,1	22,1	28,3	17,6	23,0
M A R S	24,1	15,5	19,8	26,3	16,2	21,3	25,6	16,9	21,3	25,6	16,6	21,1	24,8	15,8	20,3	27,1	16,5	21,8
AVRIL	25,7	14,5	20,1	24,8	14,4	19,6	23,6	14,5	19,1	25,1	14,0	19,6	24,6	14,3	19,5	26	14,4	20,2
M A I	23,9	12,7	18,3	22,4	12,0	17,2	22,0	12,4	17,2	23,8	13,9	18,9	21,0	11,4	16,2	22,4	13	17,7
JUIN	19,8	10,1	15,0	19,5	9,7	14,6	19,0	10,5	14,8	21,1	9,6	15,4	18,9	9,5	14,2	21,9	10,4	16,2
JUILLET	18,6	9,9	14,3	16,6	8,7	12,7	21,3	9,7	15,5	18,7	9,2	14,0	20,8	7,3	14,1	19,4	8,7	14,1
AOUT	19,7	9,5	14,6	21,0	9,3	15,2	18,9	8,6	13,8	20,0	9,0	14,5	22,0	8,3	15,2	21,5	8,7	15,1
SEPTEMBRE	22,2	9,7	16,0	24,1	10,2	17,2	22,8	10,4	16,6	21,9	10,4	16,2	23,4	4,5	14,0	22,7	10,4	16,6
OCTOBRE	24,8	12,6	18,7	24,4	12,6	18,5	24,9	12,8	18,9	26,5	13,3	19,9	24,0	14,2	19,1	25,3	12,7	19,0
NOVEMBRE	24,5	14,9	19,7	26,6	14,2	20,4	26,7	15,7	21,2	26,7	13,8	20,3	25,6	15,23	20,4	27,5	14,5	21,0
DECEMBRE	26,4	16,7	21,6	28,9	16,0	22,5	26,6	14,8	20,7	27,6	16,1	21,9	27,2	16,4	21,8	27,6	17,3	22,5
MOYENNE	23,3	13,2	18,3	23,9	13,2	18,6	23,8	13,2	18,5	24,2	13,3	18,8	23,9	12,6	18,2	24,8	13,4	19,1

Tableau 57: Précipitation, 2000-2005

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		Moyenne	
MOIS	Nb. J	Total(mm)	Nbr. Jr	Total	Nb. J	Total(mm)	Nb. J	Total(mm)	Nb. J	Total(mm)	Nb. J	Total(mm)	Nb. J	Total(mm)
JANVIER	11	137,3	23	390,3	16	342,6	24	473,6	18	223,4	16	274,2	18	306,9
FEVRIER	22	492,2	15	249,9	16	190,4	21	162,8	18	249,6	15	188,5	17,8	255,6
M A R S	14	331,0	19	155,2	24	216,2	21	153,6	16	226,8	19	124,1	18,8	201,2
AVRIL	5	22,0	8	38,9	14	89,4	10	35	13	85,0	8	95,3	9,7	60,9
M A I	5	38,4	11	39,7	7	37,7	9	58,2	11	49,1	13	67,7	9,3	48,5
JUIN	9	42,6	8	28,8	11	72,2	9	67,4	14	82,3	4	13,5	9,2	51,1
JUILLET	13	104,4	9	44,9	3	13,9	15	64,8	8	28,8	10	62,4	9,7	53,2
AOUT	8	44,7	9	58,9	12	54,8	5	20,3	2	12,6	4	14,1	6,7	34,2
SEPTEMBRE	3	25,2	1	8,3	3	19,6	9	42,7	7	42,9	5	39,7	4,7	29,7
OCTOBRE	6	45,1	7	38,4	5	15,8	8	2,7	7	94,0	6	42,4	6,5	39,7
NOVEMBRE	12	145,8	5	31,2	10	117,4	12	109,8	8	112,8	8	49,5	9,2	94,4
DECEMBRE	15	144,5	16	208,1	20	320,0	18	261,4	17	222,4	23	256,2	18,2	235,4
TOTAL	123	1573,2	131	1292,6	141	1490,0	161	1452,3	139	1429,7	131	1227,6	137,7	1410,9

AUTEUR

MamyAriniaina ANDRIAMIARINJAKA
Bloc 40 porte D, CU Ambohipo Antananarivo
032 40 376 22/ 034 05 376 22



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Industries Agricoles et Alimentaires

Thème : « Contribution à l'amélioration et standardisation de la qualité du thé noir »

Cas de la Société Sidexam Sahambavy

FAMINTINANA

Avyamin'nyfikambanan'nytoetraanatynyakorasynyntontolonyfamokarananyhatsaran'ny dite.Fivoaranaroa no mitrangamandritranyfanamboarananydite: fizikasysimika-biosimika. Manampyamin'nyfifehezananyfamokorananyfahafantarananyzava-mitrangamandritraizany. Arak'izanydiavokatramahafa-poara-kalitao no voavolavolaavyamin'nyfanarahananyfepetra-pamokarana. Izanydiavoaporofon'nyfandinihanaara-kalitaosynyfanadihadianateoanivon'nympanjifa.

Mitakyfamatsianaara-pahalalana, ara-piataovanaaryara-bola
nyfanatanterahanaamin'nysehatraindostrialyioezakafanatsaranaio.

Tenymanan-danja: Ravina, dite, kalitao, fanalazoana, fanotrehana, hamandoana, marimpana, fotoana.

RESUME

La qualité du thé noir découle d'une combinaison des caractéristiques intrinsèques de la matière première et des conditions de production. Sa manufacture fait intervenir deux évolutions : physique et chimique-biochimique. La compréhension des mécanismes de fabrication facilite l'établissement de sa maîtrise. Ainsi, un produit de qualité plus que satisfaisant a été élaboré suite à une normalisation du processus aux paramètres de fabrication. L'étude qualité confirme la conformité du produit et son acceptabilité au près des consommateurs.

L'adaptation à l'échelle industrielle de l'amélioration requiert un investissement en moyen humain, matériel et financier.

Mots clés : Feuilles, thé noir, qualité, flétrissage, fermentation, humidité, température, temps.

ABSTRACT

The black tea quality results a combination of intrinsic characteristics of raw materials and the production condition. Its manufacture intervene two evolutions: physical and chemical-biochemical. The understanding of the manufacturing process is making easy the master of this one. Thus, a product with higher level than satisfactory as processed followed up to a standardization of the process of manufacturing parameters. The quality study confirms the conformity of the product and acceptability of consumer.

The adaptation on a level with the industrial scale of the renewal requests an investment on human, material and financial resources.

Key words: Leaves, black tea, quality, withering, fermentation, moisture, temperature, time.