

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

BIOTECHNOLOGIE AGROALIMENTAIRE et BIOSECURITE ALIMENTAIRE

Option : BIOSECURITE ALIMENTAIRE

Par

KAMONOU Dominique-Armel Kouadio

THEME:

Année Académique

2021-2022

Numéro d'ordre :

... /2022...

Impact de différents supports de fermentation sur les paramètres physico-chimique et microbiologique des fèves de cacao (*Theobroma cacao* L.) dans la région du Haut Sassandra (Côte d'Ivoire)

Date de soutenance : 26/09/2022

Jury :

- M. ANGAMAN Djédoux Maxime,** Maître de Conférences, UJLoG, **Président**
- M. COULIBALY Ibourahema,** Maître de Conférences, UJLoG, **Directeur Scientifique**
- M. KOUASSI Kra Athanase,** Maître-Assistant, UJLoG, **Encadreur**
- M. GNANWA Mankambou Jacques** Maître-Assistant, UJLoG, **Examineur**

DEDICACE

Je dédie l'ensemble de ce travail à :

- ✓ Mon Père KAMONOU Kouassi :
- ✓ Ma Mère N'dri Mahya Nathalie.

Pour les énormes sacrifices que vous avez consentis. Ce travail n'est qu'un modeste témoignage de votre amour et de ma reconnaissance.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail, plus particulièrement :

Madame TIDOU Abiba Sanogo Épouse KONE, Professeur Titulaire d'Ecotoxicologie et Présidente de l'Université Jean Lorougnon GUEDE, pour m'avoir accepté et pour le travail abattu au sein de l'Institution qu'elle dirige ;

Monsieur KONE Tidiani, Professeur Titulaire hydrobiologie et Vice-président de l'Université Jean Lorougnon GUÉDÉ, chargé de la Pédagogie, de la vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique pour son engagement au service de l'Université, pour son humilité et pour les efforts en vue de la bonne marche de l'Institution ;

Monsieur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire de Génétique et Vice-président chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures de l'Université Jean Lorougnon GUÉDÉ, pour son implication au bien-être des étudiants.

Madame TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences de phytopathologie et Directrice de l'UFR Agroforesterie, pour avoir autorisé mon inscription dans son UFR ;

Monsieur KOUASSI Kouassi Clément, Maître de Conférences de Microbiologie et Sécurité Alimentaire et Vice-directeur de l'UFR Agroforesterie pour sa disponibilité et ses conseils ;

Monsieur ANGAMAN Djédoux Maxime, Maître de Conférences de Biochimie et Biologie Moléculaire à l'Université Jean Lorougnon GUÉDÉ, Responsable de la filière Biotechnologie, pour son travail et son courage à l'avancement de cette filière et aussi pour avoir accepté de présider ce jury ;

Monsieur DIOMANDE Massé, Maître de Conférences de Biochimie, Nutrition et Technologie Alimentaire et Responsable de parcours de Master de Biotechnologie et Biosécurité Agroalimentaire pour les programmes élaborés en vue de notre formation ;

Monsieur COULIBALY Ibourahema, Maître de Conférences de Biochimie -Microbiologie et de qui a accepté d'assurer la direction scientifique de ce mémoire. Merci Docteur pour votre soutien ainsi que vos conseils durant l'élaboration de ce mémoire ;

Monsieur KOUASSI Kra Athanase, Maître-Assistant de Microbiologie et Sécurité Alimentaire pour avoir accepté l'encadrement de ce travail, pour sa disponibilité ainsi que son

soutien dans l'élaboration de ce mémoire. C'est un honneur et un privilège de compter parmi vos étudiants. Nous vous souhaitons santé et longue vie pour que nous puissions encore profiter de vos immenses connaissances. Veuillez trouver ici, l'expression de notre grande sympathie et de notre profond respect ;

Monsieur GNANWA Mankambou Jacques, Maître-Assistant de Biochimie-enzymologie pour avoir accepté d'examiner ce document. Merci pour le travail bien fait.

À l'ensemble des étudiants de Master 2 de la filière Biotechnologie Agroalimentaire et Biosécurité Alimentaire avec qui je garde un excellent souvenir de la parfaite collaboration et des échanges fructueux pendant ces moments vécus. A toutes mes connaissances et à tous ceux qui, de près ou de loin, ont eu à me soutenir d'une manière ou d'une autre, je leur adresse mes sincères remerciements.

TABLE DES MATIERES

	Pages
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIERES	v
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
INTRODUCTION.....	1
Première partie : GENERALITES	
1. CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	3
1.1. Origine	3
1.2. Description du cacaoyer.....	3
1.3. Principales variétés de cacao	4
1.3.1. Variété Criollo	4
1.3.2. Variété Forastero	4
1.3.3. Variété Trinitario,	5
1.4. Production mondiale et consommation mondiale.....	5
1.4.1. Production mondiale.....	5
1.4.2. Consommation mondiale.....	6
1.5. Composition biochimique des fèves de cacao	7
1.5.1. Protéines et acides aminés	7
1.5.2. Glucides	7
1.5.3. Acides gras	7
1.5.4. Composition en minéraux des fèves de cacao	8
2. FERMENTATION DES FEVES DE CACAO.....	8
2.1. Définition	8
2.2. Microorganismes impliqués dans la fermentation des fèves de cacao.....	9
2.2.1. Levures	10
2.2.1.1. Généralité et rôle.....	10
2.2.1.2. Bactéries lactiques et leurs rôles dans la fermentation des fèves de cacao.	10
2.2.1.3. Bactéries acétiques et leurs rôles dans la fermentation des fèves de cacao	11

2.3.	Différentes type de fermentation.....	12
2.3.1.	Phase anaérobie	12
2.3.2.	Phase aérobie	13
2.4.	Critères de qualité des fèves de cacao.....	13
2.4.1.	Qualité des fèves de cacao	13
2.4.2.	Nombre de fèves seines et normales (Grainage)	14
2.4.3.	L'indice de fermentation (Cut test)	14
Deuxième partie : MATERIEL ET METHODES		
1.	MATERIEL.....	16
1.1.	Matériel biologique	16
1.2.	Matériel technique	16
1.2.1.	Fiches d'enquête	16
1.2.2.	Matériel d'étude aux champs.....	17
1.2.3.	Appareillage et consommable	17
1.3.	Milieux de culture	17
2.	METHODES	18
2.1.	Collecte des données.....	18
2.2.	Processus post-récolte du cacao.....	18
2.2.1.	Cabossage	18
2.2.2.	Fermentation.....	19
2.2.2.1.	Fermentation des fèves sur feuilles de bananier	19
2.2.2.2.	Fermentation des fèves sur feuilles palmier.....	19
2.2.2.3.	Fermentation des fèves dans les cabosses.....	20
2.2.2.4.	Fermentation des fèves dans les bâches en polypropylène.....	20
2.2.2.5.	Fermentation des fèves dans les sacs en jute et en polypropylène	21
2.2.3.	Séchage	22
2.2.4.	Détermination de la température au champ au cours de la fermentation	22
2.3.	Échantillonnage des fèves de cacao	22
2.3.1.	Taille et répartition des échantillons.....	22
2.3.2.	Transport et conservation des échantillons.....	22
2.4.	Evaluation des paramètres physico-chimiques de la fermentation	22
2.4.1.	Détermination des paramètres physico-chimiques	22
2.4.1.1.	Détermination du pH.....	23
2.4.1.2.	Détermination du taux d'acidité titrable	23

2.4.1.3. Détermination du taux d'humidité des fèves après séchage	23
2.4.1.4. Détermination du nombre de fèves saines et normales (Grainage)	23
2.4.1.5. Degré de fermentation et niveau de dégradation physique des fèves (Cut – Test).....	24
2.5. Evaluation de la qualité morphologique des fèves de cacao.....	24
2.5.1. Préparation des milieux de culture	24
2.5.2. Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales	24
2.5.3. Ensemencement et incubation	25
2.5.4. Expression des résultats du dénombrement.....	25
2.5.5. Analyses statistiques.....	26
 Troisième partie : RESULTATS ET DISCUSSION	
1. RESULTATS	27
1.1. Profil des cultivateurs de cacao.....	27
1.2. Utilisation des supports de fermentation.....	28
1.3. Influences des paramètres physico-chimiques sur les fèves de cacao au cours de la fermentation à partir des différents supports utilisés.....	28
1.3.1. Influence de l'acidité sur les fèves au cours de la fermentation.....	28
1.3.2. Influence du pH sur les fèves au cours de la fermentation.....	29
1.4. Influence de l'Acidité titrable et du pH sur les fèves fermentées et séchées	31
1.5. Impact des différents supports de fermentation sur la consistance (Grainage), le rendement et les coques des fèves de cacao.....	31
1.6. Influence des supports de fermentation sur la matière grasse et sèche des fèves de cacao.	32
1.7. Influences des supports de fermentation sur le degré de fermentation et le niveau de dégradation des fèves (Cut-test).....	33
1.8. Evolution des microorganismes au cours de la fermentation à partir des différents supports.....	35
1.8.1. Evolution de la flore fongique au cours de la fermentation	35
1.8.2. Evolution des bactéries lactiques au cours de la fermentation	35
1.8.3. Evolution des <i>Bacillus</i> au cours de la fermentation	36
2. DISCUSSION	38
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	41
REFERENCES.....	42

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BCP :	BromoCrésol Pourp
BNETD :	Bureau National d'Études Techniques et de Développement
CCI :	Chambre de Commerce et d'Industrie
ICCO:	International Cocoa Organization
MRS:	Man Rogosa Sharpe
NCEP :	National Cholesterol Education Program
OCDE :	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
SM :	Solution mère
UFC :	Unité Formant Colonie
UJLoG :	Université Jean Lorougnon Guède de Daloa
pH :	Potentiel d'hydrogène
SM :	Solution mère
ICCO :	International Cocoa Organizations
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
MRS :	Man-Rogosa et Sharp
EPT :	Eau Peptonée Tamponnée
UFR :	Unité de Formation et de Recherche

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I : Composition des minéraux dans les fèves de cacao	8
Tableau II : Qualité physique du cacao marchand	14
Tableau III : Evolution de l'acidité titrable et du pH au cours de la fermentation.....	30
Tableau IV : Influence des paramètres physico-chimiques en fonction des supports de fermentation	31
Tableau V : Influence du grainage, du rendement et du des coques sur les supports de fermentation	32
Tableau VI : Pourcentage de la matière sèche et de la matière grasse en fonction des supports de fermentation.....	33
Tableau VII : Qualité des fèves de cacao issue des différents supports utilisés	34
Tableau VIII : Evolution de la flore fongique en fonction des supports de fermentation.....	35
Tableau IX : Evolution des <i>Lactobacillus</i> en fonction des supports de fermentation.....	36
Tableau X : Evolution des <i>Bacillus</i> en fonction des supports de fermentation.....	37

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Cabosse de cacao : <i>Theobroma cacao</i> L.....	4
Figure 2 : Différentes variétés de cacao en Côte d’Ivoire.....	5
Figure 3 : Production mondiale de cacao.....	6
Figure 4 : Principaux pays consommateurs de cacao.....	6
Figure 5 : Fermentation des fèves de cacao.....	9
Figure 6 : Fèves de cacao fraîches et fermentées, A : fèves fraîches, B : fèves fermentées ...	16
Figure 7 : Fermentation des fèves sur feuilles de bananier.....	19
Figure 8 : Fermentation des fèves sur feuilles palmier.....	20
Figure 9 : Fermentation des fèves dans les cabosses.....	20
Figure 10 : Fermentation des fèves dans les bâches en polypropylène.....	21
Figure 11 : Fermentation dans les sacs en jute (A) et polypropylène (B).....	21
Figure 12 : Dispositif de réalisation de la suspension mère et des dilutions décimales.....	25
Figure 13 : Répartition des cultivateurs en fonction du sexe, du niveau d’étude et de la situation matrimoniale A : Sexe, B : Niveau d’étude, C : Situation matrimoniale.....	27
Figure 14 : Fréquence des supports de fermentation utilisés.....	28

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante tropicale de la famille des Malvacées. Après des débuts difficiles, la cacaoculture ivoirienne a connu une expansion très rapide grâce à la disponibilité de terres fertiles dans la zone forestière et un afflux de main d'œuvres depuis l'intérieur et l'extérieur de la Côte d'Ivoire (ONU-REDD, 2016 ; Koua *et al.*, 2018). Aujourd'hui, la filière cacao constitue un secteur économique et social de grande importance pour le pays (Coulibaly, 2014). Ce secteur contribue à 15 % du Produit Intérieur Brut (PIB) et à 40 % des recettes d'exportation du pays (Dufumier, 2016). Avec une récolte annuelle de 1 964 000 tonnes soit 42,22 % de la production mondiale au cours de la campagne 2018-2019, la Côte d'Ivoire reste au niveau mondial le premier pays producteur de cacao (ICCO, 2019). La fermentation est une des principales activités post récolte dans la production des fèves de cacao. Selon Schwan & Wheals (2004) une fermentation bien conduite améliore la qualité marchande et organoleptique des fèves destinées à la vente mais aussi à la fabrication du chocolat et autres produits à base de cacao. Par ailleurs, au cours de la fermentation, la pulpe est dégradée pour donner un ensemble complexe de réactions biochimiques et enzymatiques faisant intervenir les levures, les bactéries lactiques, les bactéries acétiques et les bactéries du genre *Bacillus* (Schwan, 1996 ; Ouattara *et al.*, 2011). Les métabolites résultant de ces réactions modifient les paramètres tels que le pH et la température du milieu fermentaire. La succession de ces réactions microbiennes conduit au développement des précurseurs spécifiques de l'arôme du chocolat (Schwan *et al.*, 1995 ; Schwan & Wheals, 2004). Un mauvais traitement des fèves de cacao après la récolte peut être à l'origine de l'apparition de certaines altérations (moisissure, pourriture, germination...). Durant la fermentation, les réactions enzymatiques et biochimiques, les métabolites produits, impactent fortement la qualité du cacao (Schwan, 1998 ; Camu *et al.*, 2007). Cependant, la succession des microorganismes au cours de la fermentation peut varier en fonction des changements des conditions climatiques locales, des paramètres physico-chimiques du milieu de fermentation (Barker *et al.*, 1994 ; Ardhana & Fleet, 2003).

Ces réactions peuvent influencer positivement ou négativement la qualité de la fève de cacao suite aux différents supports de fermentation utilisés. Par ailleurs, les feuilles du bananier sont le plus souvent utilisés par les paysans pour effectuer la fermentation des fèves de cacao après écabossage. Selon Barel (2013) les feuilles du bananier du bananier représentent le meilleur support offrant les meilleures qualités marchandes, microbiologiques et organoleptiques de fèves de cacao. Le bananier est toujours cultivé en association avec le cacao car il fournit de l'ombre pendant les quatre ou cinq premières années, jusqu'à ce que le cacaoyer

soit assez développé pour supporter la chaleur. Aussi le bananier procure des revenus complémentaires aux paysans avant que le champ de cacao n'entre en production (Barel ,2013).

Lorsque les cacaoyers grandissent et atteignent leur envergure maximale, ses feuillages empêchent la lumière d'atteindre les bananiers qui finissent par disparaître. De plus les changements climatiques, l'appauvrissement des sols sont des facteurs qui influence négativement le développement des bananiers, d'où leur disparition progressive même dans les zones de plus grande production en Côte d'Ivoire. Cette disparition des bananiers pousse les paysans à la recherche de nouveaux supports leur permettant d'effectuer la fermentation des fèves après écabossage.

Comme alternatives les producteurs utilisent les bâches en plastiques noires et les caisses en bois. Par ailleurs selon les travaux de Guehi *et al.*, (2010), ses supports donnent des fèves défectueuses et provoquent une dégradation de la qualité marchande, microbiologique, et organoleptique. D'autres supports tels que, les sacs en jute et en propylène, les cabosses de cacao sont aussi utilisées pour la fermentation des fèves. Cependant, la qualité physico-chimique et microbiologique des fèves issues de tous ces supports n'est pas connue. Ce travail de recherche a pour objectif générale d'identifier les meilleurs supports de fermentation des fèves de cacao utilisés actuellement par les paysans dans la région du Haut Sassandra.

De façon spécifique, il s'agit de :

- ✓ Réaliser une enquête permettant de répertorier les supports de fermentation utilisés par les producteurs dans la région du Haut Sassandra ;
- ✓ Évaluer les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des fèves issues de ses supports de fermentation utilisés par les paysans du Haut Sassandra.

Outre l'introduction, la conclusion, les recommandations et les perspectives, le présent mémoire s'articule autour de trois grandes parties. Dans la première, il sera présenté les généralités sur le cacao (*Theobroma cacao* L.). La deuxième partie abordera le matériel et des méthodes utilisés dans le cadre de cette étude. La troisième partie présentera les résultats qui seront commentés et discutés.

Première partie : Généralités

1. CACAO (*Theobroma cacao* L.)

1.1. Origine

Le terme “cacao” est généralement utilisé pour désigner la plante *Theobroma cacao* L., et ses produits, notamment les grains de cacao, communément appelées “fèves”. Si aujourd’hui le cacaoyer est mondialement apprécié pour son fruit, il faut remonter plus de 4000 ans en arrière. Le cacao tire son origine dans les forêts tropicales d’Amérique centrale et d’Amazonie (Bertin & Lefebvre, 2010). Le cacaoyer était cultivé par les Maya et les Olmèques, peuples précolombiens de l’Amérique sous forme de breuvage amer consommé exclusivement par les rois et les nobles : le « cacauhaa », à l’origine du mot cacao (chez les Mayas, « cac » signifie rouge, en référence à la couleur de la peau du fruit ; et « cau » mot employé pour la force, le feu) (N’goran, 2015). Les Aztèques, plus au sud, ont eux aussi appris à cultiver le cacaoyer en mélangeant ses grains à de la vanille, du piment et de la farine de maïs : ils en font une boisson aromatique, le « xocolatl » (mot signifiant « eau amère » qui donnera chocolat), source de sagesse spirituelle et d’énergie corporelle. Bien plus tard, avec l’arrivée massive des conquistadors et notamment d’Hernan Cortes le cacao est exporté en Espagne. La préparation du chocolat, d’abord bien gardée par les moines espagnols, finit par être connue dans plusieurs pays européens. Au XIX^e siècle, un suisse du nom d’Henri Nestlé a même l’idée de mélanger le cacao à du lait concentré. Le chocolat au lait est né (Bertin & Lefebvre, 2010).

En Côte d'Ivoire, le cacao n'est signalé qu'en 1890 dans le sud-ouest du pays, très peu peuplée, qui fait frontière avec le Liberia. Deux colons français Verdier et Bretignere sont à l’origine de l’économie de plantation en Côte d’Ivoire. Ils vont pour la première fois créer en 1888 la plantation de cacao à Elima dans la région d’Aboisso située à l’Est à 116 Km d’Abidjan. Le colonisateur français se concentre alors sur le Sud-Est ivoirien, pour endiguer la présence anglaise au Ghana. Une dizaine de petites plantations de cacao apparaissent en 1895, sur des sols pauvres, mais sans succès, après des années de persistance la Côte d’Ivoire ne produit que deux tonnes en 1904. (N’goran, 2015). Aujourd’hui la Côte d’Ivoire est le premier producteur mondial avec 1,74 million de tonnes de cacao.

1.2. Description du cacaoyer

Le cacaoyer est un arbre de 3 à 8 mètres de hauteur, qui pousse à l’ombre. Il porte des feuilles toute l’année. Sa fleur est petite, blanche et présente sur l’arbre pratiquement toute l’année. On trouve en permanence, des fleurs, des feuilles et des fruits ensemble sur l’arbre. Ces fruits sont appelés « cabosses » de couleur verte, jaune ou rouge sombre, mesure environ 25 cm de long, 15 cm de large et pèse 500 g, et sont portées par le tronc et les plus grosses

branches. Les fruits comportent de 20 à 40 fèves entourées de mucilage et qui après fermentation, séchage et torréfaction sont utilisées pour la fabrication du chocolat (Figure 1) (Attafi, 2013).



Figure 1 : Cabosse de cacao : *Theobroma cacao* L. (Mboye, 2014)

1.3. Principales variétés de cacao

Theobroma cacao L., est l'une des quelques 22 espèces du genre *Theobroma* de la famille des sterculiacées. Cette espèce est apparemment originaire de la partie basse équatoriale du versant oriental des Andes où on recense le plus vaste éventail de pousses naturelles (Medane, 2017). Pour la production de cacao, on distingue principalement trois variétés de cacaoyers qui sont :

1.3.1. Variété Criollo

Originaire d'Amérique centrale et du Sud, est cultivée principalement au Mexique, en Colombie et au Venezuela. Ses cabosses sont de forme allongée, jaune orangé à maturité et les fèves arrondies avec des cotylédons blancs à rose. C'est une variété très fragile et sensible aux maladies ; elle ne représente que 5 % de la production mondiale. Cependant, sa faible amertume et sa qualité aromatique lui permet d'être très convoitée par les chocolatiers pour faire du chocolat de luxe (Kongor *et al.*, 2016).

1.3.2. Variété Forastero

Cette variété est originaire de l'Amazonie, cultivée principalement en Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Ghana), à l'Equateur et au Venezuela. Elle est la plus cultivée dans le monde, 80 % de la production mondiale proviennent des cacaoyers de cette variété. Les cabosses sont lisses, vertes puis jaunes à maturité, leurs fèves sont aplaties et leurs cotylédons violet foncé. Une forte amertume est obtenue dans le chocolat final. Par leur importante diversité génétique, les cacaoyers Forastero sont plus résistants aux maladies et plus robustes. Les cacaos obtenus à partir de Forastero sont considérés de qualité standard (Kongor *et al.*, 2016).

1.3.3. Variété Trinitario

Originnaire de Trinidad elle est issue du croisement entre la variété Criollo et Forastero, présente des caractéristiques similaires avec ses parents, avec la taille des arbres, la forme des cabosses et la couleur des fèves qui sont variables selon le « cultivar ou sous-variété » de Trinitario. Son rendement très élevé lui permet de participer de 10 à 15 % à la production mondiale. Les cacaoyers Trinitario sont principalement cultivés dans les pays d'où sont originaires les Criollo (Gilet, 2006 ; Schwan & Fleet, 2015). (Figure 2)

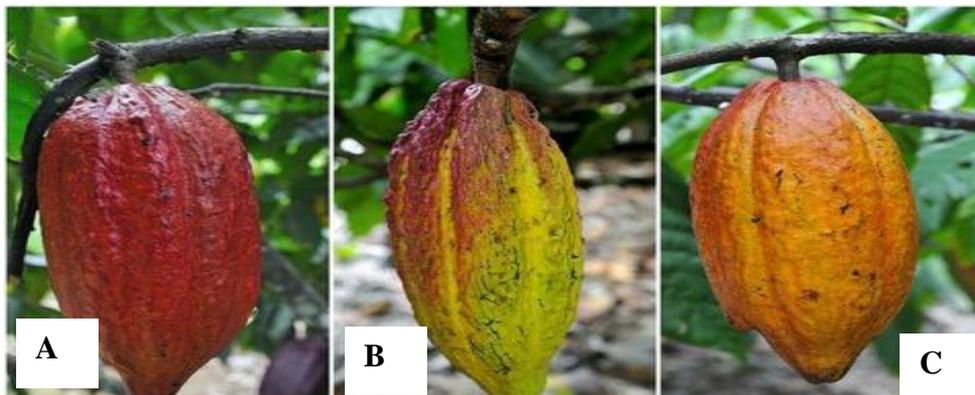


Figure 2 : Différentes variétés de cacao en Côte d'Ivoire (Anitha, 2018)

A : Criollo, B : Forastero, C : Trinitario

1.4. Production mondiale et consommation mondiale

1.4.1. Production mondiale

Selon le rapport de l'ICCO pour la saison 2017 / 2018, la production mondiale de cacao s'est élevée à 4,6 millions de tonnes. Les pays Africains ont détenu 75 % de la production mondiale. Les pays d'Amérique latine, représentent seulement 18 % de la production mondiale suivi des pays d'Asie qui produisent 7 % (ICCO,2019). Sept pays produisent plus de 90 % de la production mondiale, la Côte d'Ivoire représente à elle seule plus de 42 % de la production avec 1,9 millions de tonnes de cacao récoltées, suivi du Ghana (905 000 de tonnes) puis de l'Equateur, du Cameroun, du Nigéria, de l'Indonésie et du Brésil (ICCO, 2019) (Figure 3).

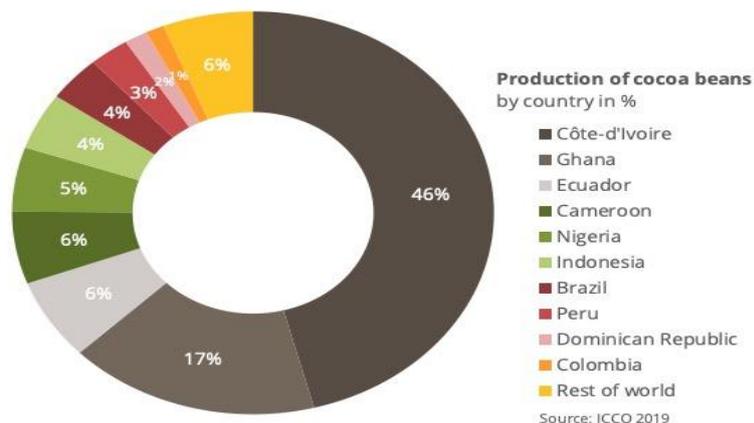


Figure 3: Production mondiale de cacao (ICCO, 2019)

1.4.2. Consommation mondiale

Près de la moitié de la consommation mondiale de cacao 45 % revient à l'Europe, suivie par les Amériques. Individuellement, ce sont les États-Unis qui consomment le plus de produits à base de cacao (797 000 tonnes), devant l'Allemagne et la France. Avec une consommation annuelle d'un peu plus de 46 000 tonnes, la Suisse se classe quant à elle au 18e rang mondial des pays consommateurs de produits à base de cacao. Cependant, en termes de consommation par habitant, la Suisse est presque en tête, avec 5,5 kg d'équivalents fèves par personne devancée uniquement par l'Islande et la Belgique (ICCO, 2019) (Figure 4).

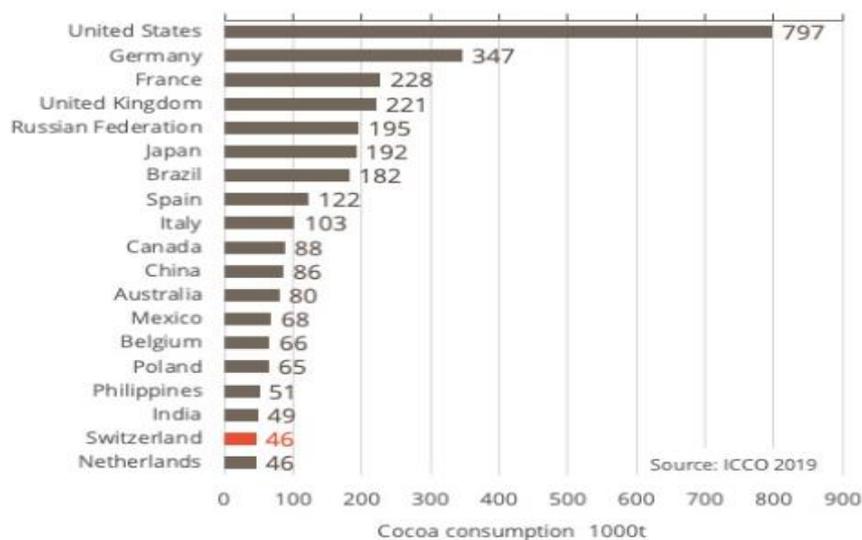


Figure 4: Principaux pays consommateurs de cacao (ICCO, 2019)

1.5. Composition biochimique des fèves de cacao

La fève de cacao renferme plusieurs composés appartenant à diverses familles. On peut citer entre autres les glucides, les lipides, les protéines, les minéraux, les vitamines, l'eau, les polyphénols (Shittu & Badmus, 2009).

1.5.1. Protéines et acides aminés

Les protéines représentent environ 60 % de la teneur en azote total des fèves de cacao fermentées et constituent 10 à 15 % du poids sec des fèves de cacao séchées, qui sont le deuxième constituant le plus abondant après la graisse de cacao. L'azote non protéique des fèves fermentées se trouve sous la forme d'acides aminés ; environ 0,3 % se présente sous forme d'amide et 0,02 % sous forme d'ammoniac qui se forme lors de la fermentation des fèves et des méthylxanthines telles que la théobromine et la caféine (Bertazzo *et al.*, 2013).

1.5.2. Glucides

Les fèves de cacao contiennent des saccharides. L'amidon est le principal polysaccharide avec une concentration comprise entre 3 et 7% des fèves de cacao. La cellulose est d'environ 12% dans les fèves de cacao fermentées / séchées et c'est l'un des composants prédominants des polysaccharides de la paroi cellulaire. Les sucres solubles trouvés dans les fèves de cacao fermentées sont le glucose, le saccharose, la raffinose, le fructose, le stachyose et le verbascose et ils vont de 0,39 % à 3,48 % (Redgwell *et al.*, 2003). Les principaux sucres sont le fructose et le saccharose (Bertazzo *et al.*, 2013).

1.5.3. Acides gras

Le beurre de cacao est une matière grasse végétale constituée à 98% en masse de triglycérides (TG) dont environ 70% sont des monoinsaturés, 20% des diinsaturés, 6% des polyinsaturés et enfin 2 % de trinsaturés (Krysiak, 2011). Le beurre de cacao est un mélange de graisse semi-solide et semi-liquide : ses acides gras ont des points de fusion différents; en effet l'acide oléique fond à 13 °C, l'acide stéarique à 70 °C, et l'acide palmitique à 63 °C. Le beurre de cacao, lui, fond à 34–35 °C. Le beurre de cacao est une des graisses les plus stables connues, contenant les antioxydants naturels qui empêchent le rancissement et lui donnent une vie de stockage de deux à cinq ans.

1.5.4. Composition en minéraux des fèves de cacao

Les minéraux représentent 5 % de la masse de cacao, principalement sous forme de magnésium, potassium et phosphore avec une richesse relative en sels de cuivre et de fer et autres résidus (Afoakwa *et al.*, 2013). De nombreux minéraux sont nécessaires pour la fonction vasculaire, mais des quantités suffisantes de magnésium, cuivre, potassium et de calcium alimentaire méritent une attention particulière pour leur rôle dans la prévention de l'hypertension artérielle et leur contribution dans la réduction des risques de maladies cardiovasculaires (National Cholesterol Education Program, 2000) (Tableau I).

Tableau I: Composition des minéraux dans les fèves de cacao (Siret-Robert, 2014)

Minéraux	Noir	Au lait	Blanc
Fer (mg)	2,3	1,1	–
Magnésium (mg)	103,8	2,3	250
Calcium (mg)	45	2,3	250
Sodium (mg)	15	90	NR
Potassium (mg)	365	420	NR
Phosphore (mg)	172,6	231,6	200
Cuivre (mg)	0,7	0,4	–

2. FERMENTATION DES FEVES DE CACAO

2.1. Définition

La fermentation est une étape primordiale du traitement post-récolte. Elle dure de 2 à 8 jours et cette durée dépend de la variété du cacao et des pratiques agricoles (De Vuyst *et al.*, 2008). Elle induit un ensemble de réactions biochimiques qui ont lieu dans la pulpe et au centre des cotylédons sous l'action des micro-organismes contaminant la pulpe et les fèves de cacao lors de l'ouverture soit par simple contact des mains des agriculteurs ou par le matériel utilisé. L'opération de fermentation a trois buts principaux ; éliminer le mucilage par l'action microbienne, provoquer la mort de l'embryon pour empêcher la germination et enfin déclencher les réactions biochimiques dans les cotylédons pour former les précurseurs d'arôme (Schwan & Wheals, 2004). La fermentation est une des principales activités post récolte dans la production des fèves marchandes de cacao dont elle détermine la qualité marchande et organoleptique (Schwan & Wheals, 2004). Peu d'éléments sont connus sur la flore bactérienne.

En conditions normales, la population bactérienne est constituée en majorité de bactéries lactiques. La fermentation se déroule en deux phases : une phase anaérobie et une phase aérobie (Pérez Piza, 2009, Timothy *et al.*, 2010).



Figure 5: Fermentation des fèves de cacao (Schwan & Wheals, 2004)

2.2. Microorganismes impliqués dans la fermentation des fèves de cacao

La fermentation spontanée se produit par inoculation de la pulpe avec des micro-organismes naturellement présents sur la surface des cabosses de cacao, sur les mains des ouvriers, sur les outils, sur les bacs de fermentation et sur les insectes (Ostovar & Keeney, 1973 ; Jespersen *et al.*, 2005). L'arôme peut être développé à partir du métabolisme primaire des micro-organismes telle que la fermentation du cacao (Rodriguez-Campos *et al.*, 2011 ; Rodriguez-Campos *et al.*, 2012). En utilisant des substrats spécifiques, les micro-organismes peuvent effectuer de nombreuses réactions telles que les oxydations, les réductions, les réactions d'hydrolyse, la formation de nouvelles liaisons carbone-carbone et leur dégradation pour produire l'arôme. Cependant, de nombreux travaux ont démontré la production de certains composés aromatiques par les micro-organismes. Les bactéries et les levures sont les plus impliquées dans l'élaboration des précurseurs au cours de la fermentation des aliments (cacao, café, vins, fromages, etc.). Parmi les nombreuses espèces de micro-organismes recensées dans le cacao en cours de fermentation, on trouve principalement les levures, les bactéries lactiques et les bactéries acétiques. Cependant, des espèces de *Bacillus* ainsi que d'autres bactéries et champignons filamenteux nuisibles à la santé lors de la consommation des produits dérivés des fèves de cacao ont également été recensées (De Vuyst *et al.*, 2010 ; Lima *et al.*, 2011 ; Thompson *et al.*, 2013 ; Schwan *et al.*, 2015).

2.2.1. Levures

2.2.1.1. Généralité et rôle

Les levures sont les premiers micro-organismes utilisés par l'homme depuis des millénaires, en particulier dans la fabrication des boissons alcoolisées et de pain par fermentation (Bouix & Leveau, 1991, Pol, 1996). En raison de la teneur élevée en sucres fermentescibles et du pH acide de la pulpe, la masse de cacao est rapidement contaminée par les levures provenant du matériel de fermentation et des mains des opérateurs ainsi que de l'environnement. Ce taux de levures varie entre 10^6 et 8.10^7 UFC/mL selon Dorit *et al.* (2004)

De nombreuses études ont par ailleurs montré que ces dernières sont présentes dès le début de la fermentation des fèves de cacao (Steinmann, 1928 ; Roelofsen & Giesberger, 1947 ; Rombouts, 1952 ; Roelofsen, 1958 ; De Camargo *et al.*, 1963 ; Ostovar et Keeney, 1973 ; Gauthier *et al.*, 1977 ; Passos *et al.*, 1984 ; Schwan *et al.*, 1995). Par ailleurs plusieurs travaux tendent à confirmer que la croissance et l'activité des levures joue un rôle majeur sur la qualité aromatique du cacao. Une étude s'est particulièrement intéressée au rôle de ces levures lors de la fermentation (Ho *et al.*, 2014). Les tests sont réalisés en présence ou en absence d'un inhibiteur de levure (natamycine). Les analyses physico-chimiques ont montré que les fèves fermentées sans levures avaient des teneurs plus élevées en bactéries (coques), une production d'éthanol, d'alcools supérieurs et d'esters plus faible ; et tout au long de la fermentation une production de pyrazines inférieure dans le produit torréfié. Le cut test a révélé que les fèves fermentées sans levures étaient de couleur violette et non entièrement brune et le chocolat préparé à partir de ces fèves était plus acide et manquait de saveurs caractéristiques de chocolat. Les fèves fermentées sans inhibiteur de levure étaient quant à elles pleinement de couleur brune et ont donné du chocolat avec des descripteurs typiques qui ont été nettement préférés par les panelistes sensoriels (Ho *et al.*, 2014).

2.2.1.2. Bactéries lactiques et leurs rôles dans la fermentation des fèves de cacao

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif qui regroupent un ensemble des espèces hétérogènes dont le trait commun est la production d'acide lactique à partir des sucres. Elles ont un métabolisme aérobie facultatif et ne produisent pas de catalase (Sophie D *et al.*, 2000). L'acidité produite par les bactéries lactiques joue un rôle dans la conservation de l'aliment en inhibant la croissance de très nombreuses bactéries pathogènes (Ait Abdelouaheb, 2001). La fermentation lactique correspond à la transformation du lactose en acide lactique, sous l'action des microorganismes spécifiques appelés bactéries lactiques. Elle est accompagnée des

modifications biochimiques, physico-chimiques et organoleptiques du produit (Boudjemaa, 2008). D'après Guirand (1998), la fermentation lactique présente deux voies : Homolactique et hétérolactique.

Leur présence est variable en fonction des lots étudiés et leur rôle est mitigé dans la fermentation du cacao. Des études décrivent que les bactéries lactiques mènent trois activités majeures au cours de la fermentation des fèves de cacao :

- Elles fermentent les sucres de la pulpe, principalement glucose et fructose, à l'aide principalement d'acide lactique et de moindres quantités d'éthanol et d'acide acétique,
- Elles utilisent l'acide citrique de la pulpe pour produire principalement de l'acide lactique, l'acétaldéhyde, le diacétyl, l'acétoïne et le 2,3-butanediol et
- Certaines espèces peuvent réduire la pulpe de fructose contenu dans la pulpe en mannitol (Camu *et al.*, 2007; Camu *et al.*, 2008b; De Vuyst *et al.*, 2010; Lefeber *et al.*, 2011). Une autre étude montre que les fèves en présence ou en l'absence de bactéries lactiques sont entièrement fermentées, et donnent des chocolats au même profil sensoriel (Ho *et al.*, 2015).

L'assimilation de l'acide citrique par les bactéries lactiques génère une légère élévation du pH et de la température de pulpe (Canu *et al.*, 2007), ceci, associé aux taux d'éthanol et d'oxygène qui ne cesse d'augmenter, permet de démarrer la seconde phase de la fermentation des fèves ; dirigée par les bactéries lactiques.

2.2.1.3. Bactéries acétiques et leurs rôles dans la fermentation des fèves de cacao

La souche *Acetobacter pasteurianus* est la plus répandue dans la fermentation spontanée des fèves de cacao, probablement en raison de sa capacité à oxyder l'éthanol, le mannitol et l'acide lactique et sa tolérance aux acides et à la chaleur (Crafack *et al.*, 2013; Illegheems *et al.*, 2013; Meersman *et al.*, 2013; Papalexandratou *et al.*, 2013; Moens *et al.*, 2014). D'autres souches comme *Acetobacter syzygii* et *Acetobacter tropicalis* apparaissent également fréquemment et font parties des espèces dominantes dans le cacao (Pereira *et al.*, 2012; Crafack *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2013). La charge microbienne maximale des bactéries acétiques sur les fèves de cacao varie de 7,8 à 8log UFC/g (Lagunes-Gálvez *et al.*, 2007 ; Nielsen *et al.*, 2007).

Ces microorganismes transforment par oxydation l'éthanol en acide acétique. Cette réaction très exothermique (496 KJ par molécule d'éthanol transformée) s'accompagne d'une forte élévation de la température (jusqu'à 50°C) (Lagunes-Gálvez *et al.*, 2007 ; Nielsen *et al.*, 2007). Les bactéries acétiques peuvent métaboliser des sucres et des acides organiques pour produire divers

composés aldéhydiques, cétoniques et d'autres produits volatils (Drysdale & Fleet, 1988) qui pourraient avoir un impact positif sur la qualité sensorielle des fèves. Cet acide pénètre dans les fèves et provoque, avec la haute température générée par l'oxydation de l'alcool, la mort de l'embryon et de la destruction des cellules internes. Ceci marque la fin de la fermentation et initie les changements biochimiques dans les fèves, menant à la formation de molécules, précurseurs des arômes caractéristiques du cacao (Nielsen *et al.*, 2005 ; Camu *et al.*, 2007 ; Thompson *et al.*, 2013).

2.3. Différents types de fermentation

La fermentation se déroule en deux types elles sont représentées par la figure 5 : une phase anaérobie et une phase aérobie (Pérez Piza, 2009, Timothy *et al.*, 2010). La première transformation a lieu dans la pulpe où les sucres sont transformés en éthanol par les levures. Pendant la seconde phase, l'éthanol est oxydé en acide acétique (fermentation réalisée par les bactéries acétique) qui, en diffusant dans les fèves, provoque la mort du germe et l'activation d'enzymes endogènes importantes pour la production des précurseurs d'arômes.

2.3.1. Phase anaérobie

Après la mise en tas des fèves, la pectine de la pulpe (5 à 7 %) forme une sorte de « ciment » autour des graines et empêche la pénétration de l'air dans la masse de cacao.

Elle se déroule à un pH bas dans la pulpe sucrée en l'absence d'air. Elle consiste en la transformation du sucre en alcool et celle de l'alcool en acide acétique. La présence de sucre et l'acidité élevée (pH = 3,5) créent les conditions favorables au développement des micro-organismes. L'ouverture des cabosses conduit à la contamination de celles-ci par une série de micro-organismes, tels que des levures qui agissent sur les sucres de la pulpe ou du mucilage, les transformant en alcool éthylique. Pendant ce processus, la chaleur est libérée, augmentant ainsi la température de la masse fermentaire. Certaines levures secrètent des enzymes pectinolytiques qui déstructurent la pulpe et provoquent son écoulement sous forme de jus. En conséquence, des espaces interstitiels apparaissent entre les graines, favorisent une micro-pénétration de l'air. La transformation des sucres en alcool avec dégagement de dioxyde de carbone a lieu dans des conditions relativement anaérobies. Ainsi les levures transforment les sucres contenus dans la pulpe de cacao en alcool avec un dégagement de dioxyde de carbone selon la réaction chimique suivante (Braudeau, 1969):

Sucre
(glucose)

Levure

Ethanol



2.3.2. Phase aérobie

La présence d'air permet aux bactéries acétiques de transformer l'alcool en acide acétique, qui pénètre dans les cotylédons et provoque la mort de l'embryon. L'éthanol précédemment formé est oxydé en acide acétique qui imprègne les cotylédons. Cette réaction est exothermique. Elle élève brutalement la température qui peut atteindre 50 °C, quarante-cinq à soixante-douze heures après la mise en fermentation. Cette élévation de la température joue un rôle très important. Elle est en partie responsable de la mort des fèves, par conséquent du début des réactions enzymatiques dans les tissus des cotylédons (Braudeau, 1969).

La phase aérobie ou l'éthanol est oxydé en acide acétique (fermentation réalisée par les bactéries acétique) qui, en diffusant dans les fèves, provoque la mort du germe et l'activation d'enzymes endogènes importantes pour la production des précurseurs d'arômes et donnent au cacao produit son goût définitif (Barel, 2013) selon la réaction suivante



2.4. Critères de qualité des fèves de cacao

2.4.1. Qualité des fèves de cacao

La qualité du cacao marchand se manifeste à travers des caractéristiques physiques (la taille, le poids, la couleur et le contenu en graisse) et organoleptiques des fèves (le goût, l'arôme). (Diomande, 2014). Au cours de ces dernières années, un effort de plus en plus important dans la mise en œuvre de systèmes de traçabilité a été fait face aux exigences législatives de certaines parties du monde comme l'Union Européenne avec un souci croissant de la qualité des aliments et de la sécurité alimentaire (Van der Vorst, 2006). La mise en œuvre de la traçabilité des systèmes dans l'industrie alimentaire amène à détailler des informations sur la façon dont les produits ont été manipulés et traités du producteur de cacao au chocolatier (Akkerman *et al.*, 2010), (ICCO, 2008) (Tableau II).

Cependant, comme la plupart des fèves de cacao sont produites dans des pays non européens, la Côte d'Ivoire étant le principal producteur mondial, la réglementation de l'Union Européenne ne s'applique pas aux acteurs dans le début de la chaîne d'approvisionnement du cacao. Dans la plupart des cas, cela se traduit par aucun échange de données entre agriculteurs et fabricants de

chocolat (Saltini & Akkerman, 2012). Avant la transformation en chocolat, la qualité des fèves est évaluée en utilisant deux méthodes différentes. La première technique consiste à évaluer les fèves en fonction des indicateurs suivants : degré de fermentation ; teneur en humidité (maximum 6 %) ; Si la teneur en eau du cacao reste supérieure à 8 % (teneur critique) pendant le stockage, n'importe quel saprophyte pourrait s'y développer (Hii *et al.*, 2009).

Tableau II: Qualité physique du cacao marchand (Mossu,1990)

	Fèves moisies	Fèves ardoisées	Autres fèves défectueuses attaquées par les insectes, plates, germées
Grade I	3%	3%	3%
Grade II	4 %	8 %	6 %
Hors grade	> 4%	> 8 %	> 6 %

2.4.2. Nombre de fèves seines et normales (Grainage)

Parmi les déterminants de la qualité des fèves de cacao marchand, le grainage constitue un paramètre important. Ce test consiste à compter le nombre total de fèves contenues dans 100 g de fèves (ISO, 2014). Le critère de bonne qualité est fixé à un grainage inférieur ou égal à 100 fèves ; c'est-à-dire que le poids spécifique d'une fève doit être supérieur ou égal à 1 g (Guéhi *et al.*, 2007). Selon la norme ISO 251

- Grandes fèves : Nombre de fèves égale ou inférieure à 100
- Fèves moyennes : Nombre de fèves de 101 à 120
- Petites fèves : Nombre de fèves supérieur à 120

2.4.3. L'indice de fermentation (Cut test)

La technique du Cut test a été utilisée pour mesurer l'index de fermentation des fèves de cacao. Cette technique utilise la couleur comme critère d'évaluation. Ainsi, 300 fèves ont été prélevées au hasard dans chaque échantillon. Chaque fève a été coupée longitudinalement et placée sur une planche à Cut test. La couleur du cotylédon est observée à l'œil nu grâce à la lumière du jour et classée dans l'une des catégories : Le degré de fermentation (fèves ardoisées, fèves violettes et fèves brunes), la morphologie (fèves plates), l'état physiologique (fèves germées), la présence de microorganismes ou d'insectes (fèves moisies, fèves mitées). (Kealey *et al.*, 2004).

Deuxième partie : Matériel et Méthodes

1. MATERIEL

1.1. Zone d'Etude

L'étude a été réalisée dans la région du Haut-Sassandra, précisément dans la localité de Vavoua. Dans le village de Kanzakro. Vavoua est une ville du centre-ouest de la Côte d'Ivoire.

1.2. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué des échantillons de fèves de cacao fraîches (A) et fermentées (B). Ces échantillons proviennent des champs de cacao situés dans le village de Kanzakro à Vavoua dans la région du Haut Sassandra (Côte d'Ivoire) (Figure 6).



Figure 6 : Fèves de cacao fraîches et fermentées, A : fèves fraîches, B : fèves fermentées

1.3. Matériel technique

1.3.1. Fiches d'enquête

Une fiche d'enquête constituée de huit (8) grandes parties ont servi de support pour la réalisation d'une enquête auprès des producteurs. Les deux premières parties de la fiche ont consistés à l'identification du lieu d'enquête et des producteurs enquêtés. Les autres parties ont constitué à l'exploitation agricole, aux pratiques culturelles et aux nouveaux procédés post-récoltes.

L'enquête représentant les neuf (9) Sous-préfectures cibles a été réalisé à l'aide de supports de collecte de données composés des éléments suivants en 8 parties :

- **Identification du lieu d'enquête** : (Période d'enquête, coopérative adhérent, la région, le département, la sous-préfecture, le village et les différents campements enquêtés).
- **Identification des producteurs** : (Sexe, âge, situation matrimoniale, niveau d'étude)
- **Exploitation agricole** : (Superficie totale du champ, superficie cultivée, superficie occupée par le cacao culture, la variété de cacao cultivée, date de mise en place de la

cacao culture, Support de fermentation utiliser, Temps de fermentation, Motivation d'utilisation du support de fermentation, Année d'utilisation du support de fermentation, Support de séchage, Temps de séchage)

1.3.2. Matériel d'étude aux champs

L'écabossage a été réalisé avec de grands couteaux et gourdins. Des sacs en jute, une bâche en polypropylène, les feuilles de bananier, des feuilles de palmiers ont servi à la fermentation des fèves de cacao, des gants, des gaz à bec bunsen, l'alcool, des pots stériles, une glacière contenant des carbo glaces et une spatule pour le prélèvement des échantillons.

1.3.3. Appareillage et consommable

Le matériel technique est constitué d'une balance de type KERN pour les différentes pesées. Un autoclave de type NUVE MODEL OT012 a été utilisé pour réaliser les stérilisations et un bain mari (Fischer Scientific Polytest12) pour le refroidissement des milieux de culture à 50°C. Un incubateurs ayant servi aux analyses (MEMERT model UF750, MEMMERT beschickung/loadin-modell 100-800) ; Des boîtes de pétri stériles (90 mm de diamètre) ; des flacons avec bouchon autoclavable pour la préparation des milieux de culture, des pipettes stériles de 1 ml et 5 ml, une pipette pump, des tubes à essai à vices pour les dilutions décimales, des erlenmeyers pour les solutions mères, des étaleuses, des pro pipettes, une bouteille de gaz avec bec bunsen, un bécher, des éprouvettes graduées, des sacs en jute, une bâche plastique, un broyeur a couteaux (IKA M20,Allemagne), un congélateur pour la conservation des échantillons, un humidimètre (le Dickey-John), un thermomètre aliment, des bocaux métalliques.

1.4. Milieux de culture

Les milieux de culture ayant servi à la réalisation de cette étude sont les suivant :

- le bouillon Eau Tamponnée (EPT) (**Difco**)TM est utilisé dans les phases d'enrichissement et de pré enrichissement des échantillons pour les analyses ;
- la gélose Sabouraud au Chloramphénicol et à la dextrose (**ALPHA BIOSCIENCES**) est utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures dans les aliments et autres produits.
- la gélose Mosel MYP (Bio-Rad) au jaune d'œuf pour la recherche des *Bacillus cereus* ;
- la gélose MRS (Biokar Diagnostics) pour la recherche des bactéries lactiques.

2. METHODES

2.1. Collecte des données

La présente étude est de type descriptif. Les enquêtes de cette étude se sont déroulées de janvier 2022 à mars 2022. Il a été question d'un échantillonnage par choix raisonné. Les techniques utilisées dans le cadre de cette étude sont les entretiens et les questionnaires. La collecte des données s'est appuyée sur la recherche documentaire, l'observation directe et l'enquête de terrain. L'enquête a été faite avec l'accord des différents préfets, sous-préfet chefs centrales et chefs de villages des localités ciblées. L'autorisation d'enquête à travers des circulaires a permis de rencontrer les différents responsables du conseil café cacao, les responsables de coopérative de cacao et les différents chefs de village pour des entretiens d'information sur les recherches. L'enquête a donc été réalisée de façon aléatoire auprès des producteurs qui ont donné plus d'informations sur les différentes méthodes de fermentation dans leurs villages respectifs.

2.2. Processus post-récolte du cacao

Après le processus manuel post-récolte du cacao au champ, certaines opérations tels que, l'écabossage, la fermentation et le séchage des fèves fermentées sont réalisées. Le processus se déroule de façon séquentielle. Il s'agit d'abord de l'écabossage, ensuite la fermentation et enfin le séchage.

L'écabossage a été conduit après la récolte, dans les conditions essentiellement paysannes. Il a été opéré par des machettes ou par des gourdins. Les cabosses sont ouvertes afin d'en extraire les fèves de cacao. Les fèves sont ensuite séparées les unes des autres, afin de favoriser une bonne fermentation. Les fèves sont mises à fermenter dans les supports tels que les feuilles de bananier, les sacs en jutes et les cabosses de cacao. Le séchage permet d'arrêter la fermentation, les fèves sont étalées au soleil afin de ramener la teneur en humidité des fèves fermentées d'environ 60% à 7 ou 7,5%. Cette étape permet de garantir une bonne conservation du produit (Cros & Jeanjean, 1995).

2.2.1. Cabossage

L'écabossage est une opération qui consiste à ouvrir les cabosses pour en extraire les graines sans les endommager. L'utilisation de la machette risque d'endommager les graines, créant des blessures et favorisant la pénétration des micro-organismes. Pour cette raison, il est recommandé de frapper la cabosse à l'aide d'un gourdin en bois (Barel, 2013). Les fèves sont séparées des placentas dont la présence lors de la fermentation du cacao constituerait un substrat supplémentaire susceptible de favoriser le développement des moisissures (CNRA, 2009).

2.2.2. Fermentation

Le protocole industriel a été appliqué à tous les essais, à savoir : durée de fermentation 144 heures (6 jours) avec les rythmes de brassage suivants : 48 heures, 96 heures et 120 heures. Six types de fermentations ont été effectuées : la fermentation dans les feuilles de bananier, la fermentation dans les bâches en polypropylène, la fermentation dans des sacs en jutes et la fermentation dans les cabosses de cacao. Toutes les fermentations ont été réalisées sur le site de production, dans le même local, à l'abri des intempéries et des courants d'air. Six types de fermentations ont été effectuées : la fermentation dans les feuilles de bananier, la fermentation dans les feuilles de palmier, la fermentation dans les cabosses, la fermentation dans les bâches en polypropylène, la fermentation dans les sacs en jute et la fermentation dans les sacs en polypropylène (Barel, 2013).

2.2.2.1. Fermentation des fèves sur feuilles de bananier

Pour ce type de fermentation, 500 cabosses ont été récoltées et rassemblées dans un lieu préalablement nettoyé à la machette. Ensuite, ces cabosses ont été écabossées au gourdin. Des feuilles de bananier ont été placées au sol à l'ombre sur une pente pour permettre l'écoulement du jus. Un tri est effectué lors de l'écabossage pour retirer les fèves germées. Ces fèves ont été recouvertes avec de feuilles de bananier et maintenues à l'aide de bûches de bois. Après 2 ou 3 jours, un brassage des fèves est réalisé (Figure 7).



Figure 7 : Fermentation des fèves sur feuilles de bananier

2.2.2.2. Fermentation des fèves sur feuilles palmier

Pour ce type de fermentation, 300 cabosses ont été récoltées et rassemblées dans un lieu préalablement nettoyé à la machette. Ensuite, ces cabosses ont été écabossées au gourdin. Des feuilles de palmier ont été placées au sol à l'ombre. Un tri est effectué lors de l'écabossage pour retirer les fèves germées. Ces fèves ont été recouvertes avec de feuilles de palmier et maintenues

à l'aide de bûches de bois. Après 2 ou 3 jours, un brassage des fèves est réalisé. La fermentation dure 6 jours (Figure 8).



Figure 8 : Fermentation des fèves sur feuilles palmier

2.2.2.3. Fermentation des fèves dans les cabosses

Après la récolte, un endroit est nettoyé dans la plantation. 300 cabosses de cacao en moyenne sont entassées. Ensuite, l'écabossage est réalisé avec des gourdins. Les fèves sont laissées à l'intérieur du sac contenant les cabosses. Les cabosses cassées avec des gourdins sont bien rangées dans un sac et ouvert. Après six jours de fermentation les fèves de cacao sont séparées du placenta et séché dans le même support (Figure 9).



Figure 9: Fermentation des fèves dans les cabosses

2.2.2.4. Fermentation des fèves dans les bâches en polypropylène

Après la récolte, un endroit est nettoyé dans la plantation. 300 cabosses de cacao en moyenne sont entassées et stocké après écabossage sur des bâches en propylène et recouvert par les mêmes types de bâches. Le brassage est fait tous les 2 jours jusqu'au 6eme jour de la fermentation pour procéder au séchage (Figure 10).



Figure 10 : Fermentation des fèves dans les bâches en polypropylène

2.2.2.5. Fermentation des fèves dans les sacs en jute et en polypropylène

Après la récolte, un endroit est nettoyé dans la plantation. Trois cents (300) cabosses de cacao en moyenne sont entassées et stockées après écabossage. Un sac en jute est utilisé pour le stockage des fèves séchées. Une masse de fèves après écabossage d'environ 75 kg est mise directement dans les sacs. Le sac est mis sur des bouts de bois pour faciliter l'écoulement du jus. Un brassage est effectué chaque deux jours. En effet la fermentation dans les sacs se fait en moitié remplis et attacher vers le bous pour permettre l'aération et facilité le brassage qui se fait par remue et ré-disposition des sacs (Figure 11 A).

Après la récolte, un endroit est nettoyé dans la plantation. 300 cabosses de cacao en moyenne sont entassées et stocké après écabossage. La fermentation en sac en polypropylène est réalisée environ 80 kg de fèves fraiche. Lors de l'écabossage, les producteurs mettent directement les fèves dans sacs (Figure 11 B).



Figure 11 : Fermentation dans les sacs en jute (A) et polypropylène (B)

2.2.3. Séchage

Afin de mieux cerner la variation des paramètres au cours de la fermentation toutes les fèves issues des différents types de fermentation ont été séchées sur les Bâches en polypropylène utilisées pour l'entreposage par les acheteurs et les industriels.

2.2.4. Détermination de la température au champ au cours de la fermentation

La température a été mesurée avec un thermomètre in situ très tôt le matin (de 7h et 17h). L'évaluation consistait à prélever la température chaque 2h à partir de 7h sur les six jours de fermentation. La mesure de la température pour les feuilles de bananier, les feuilles de palmiers, les sacs et bâche en polypropylène et les sacs en jute. Trois prélèvements sont effectués à chaque mesure pour chaque point. La moyenne obtenue pour ces trois mesures est retenue pour la valeur de la température.

2.3. Échantillonnage des fèves de cacao

2.3.1. Taille et répartition des échantillons

Six supports de fermentation ont été étudiés. Pour chaque support de fermentation 3 prélèvements ont été réalisés chaque deux jours (le premier jour, le 3^{ème} jour et le 6^{ème} jour) durant les 6 jours de la fermentation sur tous les supports. Ainsi trente (30) échantillons dont 18 échantillons de pots stériles de 60 grammes de fèves de cacao fermentées non séchées et 12 échantillons de fèves de cacao fermentées et séchées ont été prélevés.

2.3.2. Transport et conservation des échantillons

Tous les échantillons ont été acheminés directement au laboratoire de Microbiologie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE pour effectuer les différentes analyses. Les fèves ont été transportées dans des glaisières contenant des accumulateurs de glaces (4°C) puis conservées dans un congélateur à -18°C pour les analyses microbiologiques.

2.4. Evaluation des paramètres physico-chimiques de la fermentation

2.4.1. Détermination des paramètres physico-chimiques

Le pH, le taux d'acidité titrable et la densité sont les paramètres physico-chimiques analysés au cours de cette étude. Ces différentes analyses physico-chimiques seront réalisées sur les échantillons de fèves de cacao fermentées.

2.4.1.1. Détermination du pH

A la fin de chaque séchage, les fèves ont été broyées pendant 120 s dans un broyeur IKA (Universalmu M20, Allemagne) à circulation d'eau afin d'éviter tout échauffement et toute évaporation pendant l'opération. La mesure du pH après séchage a été réalisée selon la méthode OICCC N°9 (1963). Une quantité de poudre de cacao (10 g) a été préparée dans 90 ml d'eau distillée bouillante. Le mélange a été homogénéisé puis refroidi jusqu'à 25°C. Le pH-mètre étalonné à pH 4 et 7, a permis la détermination du pH de la solution placée sur un agitateur magnétique.

2.4.1.2. Détermination du taux d'acidité titrable

Un échantillon de 3g d'échantillon sont prélevés dans lequel l'on ajoute 80ml d'eau distillée. Mettre à l'agitateur à 100° pendant 30min. Après refroidissement renverser dans une fiole jaugée et compléter avec de l'eau distillé jusqu'au trait de jauge. Homogénéiser et prélever 10ml à mettre dans un erlenmeyer en plus de 10ml d'eau distillée (3 essais à faire). Ajouter 3 gouttes de phiphi et faire le dosage avec de la soude (NaOH) jusqu'au virage de couleur. Noter le volume final et initial de la soude. Nout et al. (1989)

2.4.1.3. Détermination du taux d'humidité des fèves après séchage

La technique consiste à évaluer les fèves en fonction des indicateurs suivants : degré de fermentation ; teneur en humidité (maximum 6 %) ; Si la teneur en eau du cacao reste supérieure à 8 % (teneur critique) pendant le stockage, n'importe quel saprophyte pourrait s'y développer (Hii et al, 2009). Ainsi un échantillon de 500 grammes de chaque échantillon a été prélevés et mis dans l'appareil (DICKY JOHN). Après une minute, la valeur du taux d'humidité est déterminée directement sur l'écran de l'appareil sous forme numérique. ISO (2017)

2.4.1.4. Détermination du nombre de fèves saines et normales (Grainage)

Le grainage constitue le nombre de fèves saines et normales de cacao contenu dans une masse donnée de fèves. Une pesée sur une balance électronique ($\pm 0,01$ g, Ohaus) est réalisée pour obtenir le poids moyen d'une fève et le nombre de fèves pour 100g. Le grainage a été évalué trois fois sur le même échantillon puis une moyenne a été effectuée pour déterminer le nombre de fèves dans 100 g. Parmi les déterminants de la qualité des fèves de cacao marchand, le grainage constitue un paramètre important. Ce test consiste à compter le nombre total de fèves contenues dans 100 g de fèves (ISO, 2014).

2.4.1.5. Degré de fermentation et niveau de dégradation physique des fèves (Cut –Test)

La technique du Cut test a été utilisée pour mesurer l'index de fermentation des fèves de cacao. Ainsi, 300 fèves ont été prélevées au hasard dans chaque échantillon. Chaque fève a été coupée longitudinalement et placée sur une planche à Cut test. La couleur du cotylédon est observée à l'œil nu grâce à la lumière du jour et classée dans l'une des catégories suivantes (Kealey *et al.*, 2004):

- le degré de fermentation (fèves ardoisées, fèves violettes et fèves brunes) ;
- la morphologie (fèves plates), l'état physiologique (fèves germées) ;
- la présence de microorganismes ou d'insectes (fèves moisies, fèves mitées).

2.5. Evaluation de la qualité morphologique des fèves de cacao

La qualité microbiologique a été évaluée par un suivi à chaque deux jours de la fermentation afin d'examiner les supports ayant les meilleures expressions des principaux microorganismes de la fermentation des fèves de cacao. Et d'autre part la qualité microbiologique de la poudre de cacao sur les microorganismes ayant une influence sur la qualité organoleptique des produits dérivés (Les moisissures et le genre *Bacillus*).

2.5.1. Préparation des milieux de culture

Les différents milieux utilisés pour effectuer le travail ont été préparés selon les recommandations du fabricant mentionnées sur les différentes boîtes.

2.5.2. Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales

La préparation de la suspension mère et des dilutions décimales a été réalisée selon la norme NF EN ISO 6887-1 qui définit les règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales en vue d'examen microbiologiques. Ainsi pour la préparation de la suspension mère, 10 g de fève de cacao ont été pesés à l'aide d'une balance (KERN) dans un Erlenmeyer. Un volume de 90 ml d'eau peptonée tamponnée y est ajouté. Cette solution (suspension mère) est laissée au repos pendant 30 min à la température du laboratoire pour permettre une revivification des microorganismes. A partir de cette suspension, une série de dilutions décimales est ensuite effectuée (Figure 12).

Quant à la dilution décimale, elle a consisté à diminuer la densité en micro-organismes des fèves fermentées, d'abord à 1/10 puis à 1/100 et ainsi de suite jusqu'à réduire la concentration microbienne de la suspension mère au facteur de 10^n . Une quantité de 1 mL de suspension mère est prélevée puis introduit dans premier tube à essai contenant neuf (9) mL d'eau distillée stérile

préalablement préparée. Ensuite une autre quantité de 1mL est prélevée de nouveau dans le premier tube et introduit dans un deuxième tube contenant aussi 9 mL d'eau distillée stérile. Ainsi de suite cette opération se poursuit jusqu'à obtention de la dilution voulue. Cette opération consiste à diminuer la charge microbienne de la suspension mère (Figure 12).

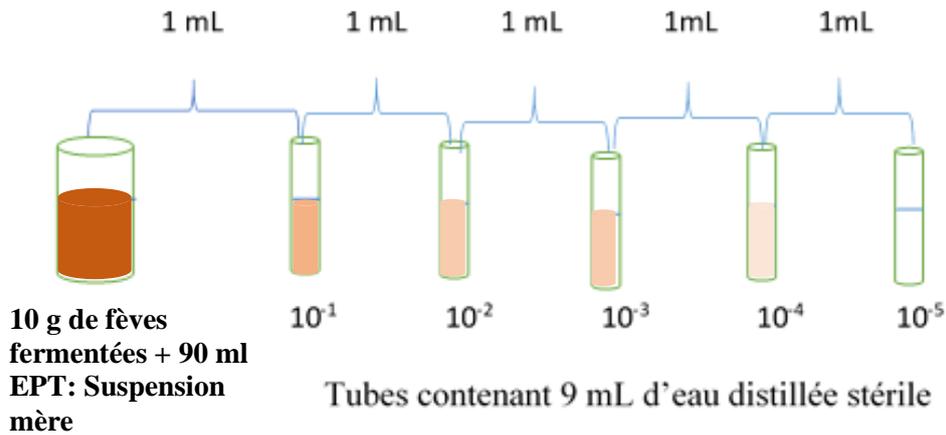


Figure 12: Dispositif de réalisation de la suspension mère et des dilutions décimales

2.5.3. Ensemencement et incubation

Deux types d'ensemencement ont été réalisés :

L'ensemencement dans la masse et l'ensemencement en surface par étalement.

Un millilitre (1 ml) de chaque dilution obtenue est introduit dans les boîtes de Pétri. Une quantité de 20 ml de milieu Sabouraud au Chloramphénicol préalablement préparés est coulés dans la boîte de Pétri. L'ensemble est bien homogénéisé. Les boîtes ensemencées sont laissées sur la paillasse pour la solidification de la gélose pour l'ensemencement dans la masse. Les boîtes ainsi solidifiées sont incubées à 25 °C pendant 5 jours pour les dénombrements des levures et moisissures.

Une quantité de 0,1 ml de chaque dilution décimale concernée est déposée dans une boîte de Pétri contenant 20 ml de gélose Mossel ou de la gélose MRS préalablement préparée et coulée. Puis les 0,1 mL sont étalés à la surface de la gélose à l'aide d'un étaleur stérile. Les boîtes ensemencées sont incubées à 30°C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement de *Bacillus cereus* et les bactéries lactiques.

2.5.4. Expression des résultats du dénombrement

Le calcul du nombre de microorganismes par gramme d'échantillon (UFC / g) à partir du nombre de colonies obtenues dans les boîtes de Pétri choisies est réalisé par l'équation :

$$N = \frac{\sum Ci}{(n_1 + 0,1n_2)d.V}$$

N (UFC/g) : Nombre de germes par gramme de produit ;

$\sum Ci$: Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues de dilutions successives ;

V : Volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte (en ml) ;

n1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution considérée ;

n2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution considérée ;

d : Facteur de dilution correspondant à la première dilution retenue.

2.5.5. Analyses statistiques

L'analyse des variances (ANOVA I) et le test de Tukey ont été les outils statistiques utilisés pour l'analyse des données. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 (Statsoft, France). En cas de différences significatives entre les paramètres étudiés, le classement des moyennes a été fait selon, le test de Newmann-Keuls. Le seuil de signification est à 0,05. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives. Quand la probabilité est supérieure à 0,05 ($P > 0,05$) les différences statistiques ne sont pas significatives. En cas de différence significative ($p < 0,05$) entre les moyennes, le test de Tukey a été effectué pour déterminer les différentes classes d'homogénéité.

Troisième partie : Résultats et Discussion

1. RESULTATS

1.1. Profil des cultivateurs de cacao

- ✓ Les résultats de l'enquête ont montré que la culture du cacao est dédiée aux hommes 93% qu'aux femmes 6,8% dans la région du Haut-Sassandra dont la majorité est analphabètes (50,5%) et vivent en couple (88,2%). Les différents résultats obtenus sont consignés sur la figure 13. Yao (2014)

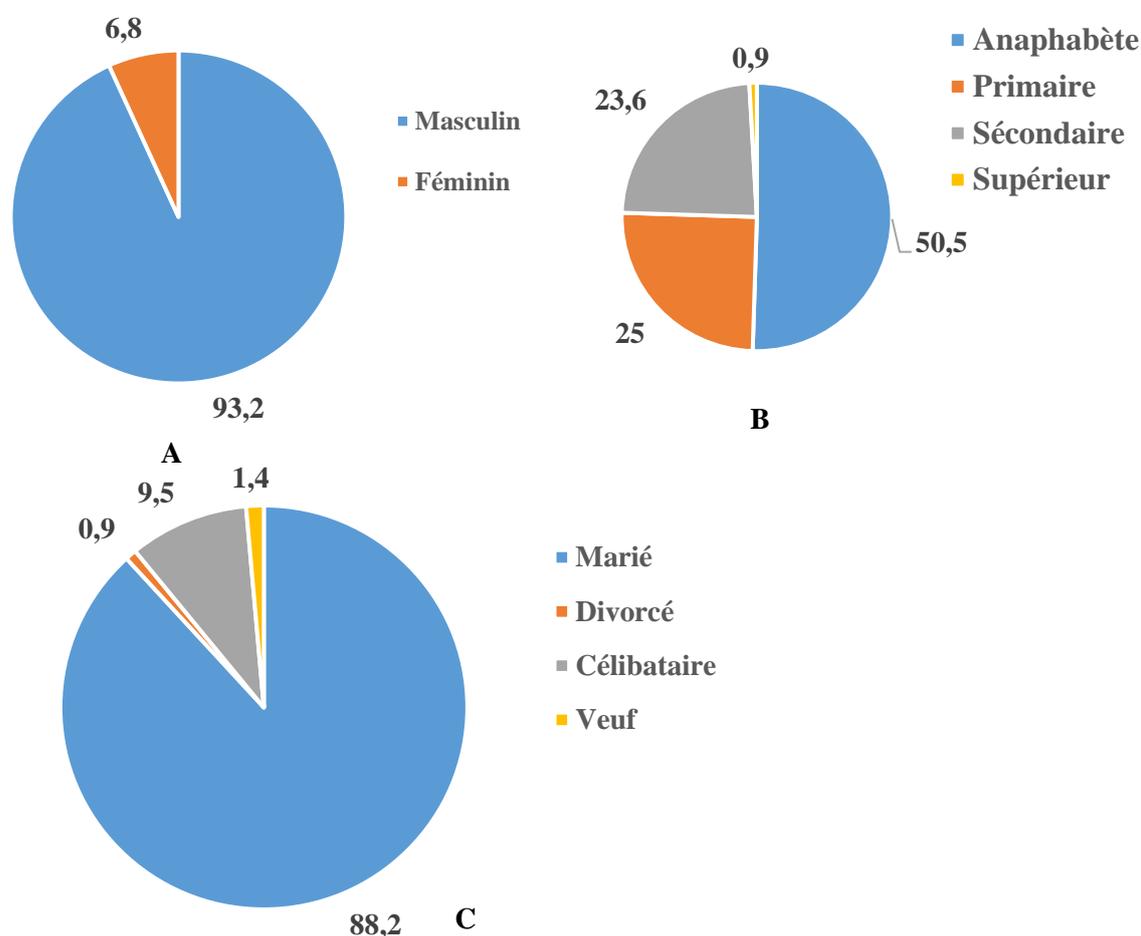


Figure 13: Répartition des cultivateurs en fonction du sexe, du niveau d'étude et de la situation matrimoniale A : Sexe, B : Niveau d'étude, C : Situation matrimoniale

1.2. Utilisation des supports de fermentation

Les supports de fermentations utilisés par les producteurs du Haut-Sassandra sont multiples et varient en fonction du village enquêté. Cependant dans toutes les localités visitées, les bâches plastiques sont les plus utilisées (45,10 %) sur l'ensemble des producteurs, suivis des feuilles de bananier (31,37 %), des sacs en jute (19,21 %) et des bâches en propylène (04,31 %). Les cabosses de cacao et les caisses en bois sont les moins utilisées (Figure 14).

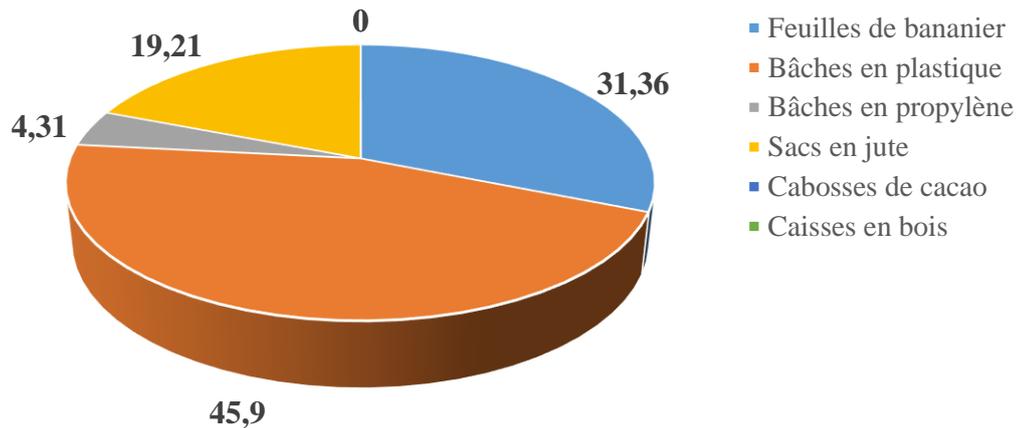


Figure 14: Fréquence des supports de fermentation utilisés

1.3. Influences des paramètres physico-chimiques sur les fèves de cacao au cours de la fermentation à partir des différents supports utilisés

1.3.1. Influence de l'acidité sur les fèves au cours de la fermentation

La variation de l'acidité totale au cours de la fermentation a été fonction du support utilisé. Les sacs en polypropylènes ont enregistré une valeur au jour un ($3,04 \pm 1,57$) et diminuent jusqu'au dernier jour de fermentation, les bâches en polypropylène ont enregistré une plus grande acidité totale le deuxième jour de la fermentation ($4,43 \pm 1,68$) avant de diminuer les jours suivants. Les feuilles de palmiers ont connu la plus grande acidité totale le troisième jour de la fermentation ($4,01 \pm 1,26$) après de faibles valeurs les premiers jours de fermentation. L'analyse statistique avec Anova un facteur nous a permis de mettre en évidence la relation de la variation de l'acidité titrable des fèves le premier, troisième et sixième jour de la fermentation pour les six supports utilisés. Les différentes probabilités obtenues ($P= 0,014$ au jour 2), ($P= 0,047$ au jour 4) et ($p= 0,003$ au jour 6) sont inférieures à 0,05 donc une différence significative entre fèves des différents

supports analysés. Le test de significativité et d'homogénéité et de Turkey à montrer des ressemblances seulement qu'au jour 2 de la fermentation.

1.3.2. Influence du pH sur les fèves au cours de la fermentation

Les modifications biochimiques des fèves de cacao au cours de la fermentation ont conduit à une variation du pH en fonction du support de fermentation utilisé. Le pH dans tous les supports est croissant du premier jour de la fermentation jusqu'au sixième jour. Cependant les fèves issues des sacs en polypropylène (F5) ont enregistré un pH plus élevé ($5,18 \pm 0,01$). Les 24 premières heures les autres ont obtenu un pH inférieur à ceux des feuilles de bananiers ($4,91 \pm 0,04$). Alors que les valeurs enregistrées dans les cabosses de cacao du deuxième jour au sixième jour sont plus élevées que les autres supports dont la valeur de leurs pH sont plus proches de celles des feuilles de bananiers. L'analyse de variance avec Anova a montré une différence significative des différents échantillons analysés avec une probabilité ($P=5\%$) qui est inférieure à 0,5 durant les six jours. Cependant le test HSD de Turkey a permis d'obtenir ($P= 0,87$ entre F2 et F3), ($P=0,99$) entre F4 et F6) ce qui montre la différence entre ces supports de fermentation n'était pas significatives. Le test HSD de Turkey montre une ressemblance entre F1, F4 et F6 d'une part et d'autre part entre F1 et F5. Au sixième jour la différence s'est faite dans tous les supports sauf entre F4 et F6 qui donnent une probabilité de ($P=0,19$) (Tableau III).

Tableau III: Evolution de l'acidité titrable et du pH au cours de la fermentation

Supports de fermentation	Acidité titrable			pH		
	Jour 1	Jour 3	Jour 6	Jour 1	Jour 3	Jour 6
F1	1,38 ± 0,23 ^a	2,08 ± 0,4 ^a	2,21 ± 0,4 ^{ab}	4,91 ± 0,04 ^c	4,83 ± 0,02 ^b	5,24 ± 0,01 ^a
F2	1,66 ± 0,0 ^a	1,65 ± 0,72 ^a	4,01 ± 1,26 ^c	4,76 ± 0,01 ^b	4,90 ± 0,25 ^c	5,07 ± 0,03 ^b
F3	0,97 ± 0,23 ^a	1,10 ± 0,23 ^a	0,97 ± 0,23 ^a	4,73 ± 0,00 ^b	5,41 ± 00 ^d	6,68 ± 0,07 ^c
F4	0,96 ± 0,62 ^a	4,43 ± 1,68 ^a	3,04 ± 1,28 ^{bc}	4,63 ± 0,02 ^a	4,81 ± 0,02 ^{ac}	5,34 ± 0,01 ^d
F5	3,04 ± 1,57 ^b	2,62 ± 1,05 ^b	1,38 ± 0,24 ^a	5,18 ± 0,01 ^d	4,92 ± 0,05 ^c	5,05 ± 0,01 ^e
F6	1,38 ± 0,63 ^a	2,07 ± 0,72 ^a	1,25 ± 0 ^a	4,64 ± 0,04 ^a	4,77 ± 0,02 ^a	5,41 ± 0,01 ^f

1.4. Influence de l'Acidité titrable et du pH sur les fèves fermentées et séchées

Le tableau IV montre que le pH et l'acidité titrables des fèves fermentées et séchées sur le même support de séchage (Bâche en polypropylène généralement utilisée pour l'entreposage) et dans les mêmes conditions atmosphériques. Le pH varie de ($4,63 \pm 0,02$ et $5,95 \pm 0,01$) pour tous les supports de fermentation utilisé excepté les cabosses de cacao. Tous les supports ont donné après séchage un pH inférieur à 5 sauf les fèves issues des cabosses de cacao ($6,68 \pm 0,07$). Cependant les analyses statistiques ont montré qu'il n'existe pas de différence significative ($P=0<0,05$) pour le support cabosses. L'acidité titrable des fèves est significativement différente sur l'ensemble des supports analysés avec une probabilité ($P=0<0,05$). Également nos analyses ont montré que les fèves issues des feuilles de bananiers et celles issues des feuilles de palmiers sont identiques. La plus grande valeur enregistrée provient des fèves issues des cabosses de cacao qui exprime une acidité plus basse ($0,97 \pm 0,23$) pour un pH plus élevés de ($6,68 \pm 0,07$) (Tableau IV).

Tableau IV: Influence des paramètres physico-chimiques en fonction des supports de fermentation

Paramètres	Supports des fermentation					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
AT (Fèves séchées)	$3,75 \pm 0^{ab}$	$3,47 \pm 0,23^{ab}$	$2,5 \pm 0^a$	$4,72 \pm 0,23^{bc}$	$6,44 \pm 0,97^d$	$5,42 \pm 1,50^{cd}$
pH (fèves séchées)	$4,58 \pm 0,01^a$	$4,86 \pm 0,02^d$	$6,32 \pm 0,03^e$	$4,35 \pm 0^c$	$4,30 \pm 0^b$	$4,58 \pm 0,02^a$

1.5. Impact des différents supports de fermentation sur la consistance (Grainage), le rendement et les coques des fèves de cacao.

Après 100 g de fèves pesées, les résultats du dénombrement des fèves pour chaque support de fermentation prouvent que pour les supports de fermentation utilisé, les fèves étaient plus consistantes et de grandes taille ($n < 100$ fèves). Les sacs en jute (F6) ont donné des fèves plus consistantes ($96 \pm 2,64$) que celle provenant de la fermentation des feuilles de bananiers ($93,67 \pm 1,15$). Le plus grand nombre de fèves sur les 100 grammes pesés été obtenue dans les cabosses de cacao. L'analyse de proportion avec Anova ont données une probabilité ($P= 0,35 > 0,05$) qu'il n'avait pas de différence significative au niveau des supports. Les bâches en polypropylènes ont donné un meilleur rendement ($1276,98 \pm 11,97$) que les feuilles de bananier ($1275,14 \pm 48,36$). Le

plus faible rendement a été obtenu avec les cabosses de cacao ($1198,117 \pm 13,89$). Les différents supports de fermentation utilisés ont eu un impact sur le rendement des fèves ($P=0,01$). Cependant Test HSD de Turkey a montré que les feuilles de bananiers, les sacs et bâches en polypropylène et les sacs en jute ont un rendement similaire, les feuilles de palmiers ont enregistré un rendement plus proche de celles des feuilles de bananiers. Quant aux cabosses de cacao, le rendement était plus faible.

Il est à noter une grande influence des supports de fermentation sur les coques à la fin du séchage ($P=0,000030$) et varie entre ($10,60 \pm 0,4$ et $12,96 \pm 0,44$). Les cabosses de cacao ont obtenu la plus faible valeur ($10,60 \%$) que celle des feuilles de bananiers. Les feuilles de palmier ont cependant donner le plus grand pourcentage ($12,96 \pm 0,44$) (Tableau V).

Tableau V: Influence du grainage, du rendement et du pourcentage des coques sur les supports de fermentation

Paramètres	Supports des fermentation					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Grainage	$95 \pm 2,64^a$	$97 \pm 1,15^a$	$98,66 \pm 4,61^a$	$93 \pm 5,56^a$	$95,66 \pm 7,5^a$	$90,66 \pm 2,30^a$
% de coque	$11,85 \pm 0,16^a$	$12,96 \pm 0,44^c$	$10,60 \pm 0,4^d$	$12,80 \pm 0,57^{bc}$	$12,38 \pm 0,39^{abc}$	$12,12 \pm 0,56^{ab}$
Rendement	$1275,14 \pm 48,36^a$	$1237,18 \pm 13,34^{ab}$	$1198,117 \pm 13,89^b$	$1276,98 \pm 11,97^a$	$1243,05 \pm 6,67^a$	$1275,40 \pm 27,94^a$

1.6. Influence des supports de fermentation sur la matière grasse et sèche des fèves de cacao.

Le feuilles de palmier ont obtenu les plus grandes teneurs en matières sèches ($47,74 \pm 5,65$) et la plus faible est obtenue avec les sacs en jute ($28,28 \pm 10,47$). Les résultats de l'analyse montrent que les supports de fermentation n'exercent pas une influence sur la matière grasse des fèves de cacao avec une probabilité de ($P=0,35$) supérieur a ($0,05$).

La matière grasse des fèves issues des feuilles de bananiers ($62,67 \pm 3,71$) est largement supérieur aux autres. Les cabosses de cacao on retour exprimer le plus faible taux de matière grasse ($51,98 \pm 0,46$) avec une proportion significative ($P=0,00034$). Le test de Turkey montre que les feuilles de palmier ont une plus grande matière sèche que les bananiers et que les sacs en jute ont plutôt enregistré la plus faible matière sèche (Tableau VI).

Tableau VI: Pourcentage de la matière sèche et de la matière grasse en fonction des supports de fermentation

Paramètres	Supports de fermentation					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
% MS	42,73 ± 1,96 ^a	47,74 ± 5,65 ^a	39,41 ± 7,93 ^a	41,57 ± 6,60 ^a	39,77 ± 3,13 ^a	28,28 ± 10,47 ^a
% MG	62,67 ± 3,71 ^c	52,99 ± 1,26 ^{ab}	51,98 ± 0,46 ^a	52,05 ± 0,69 ^a	55,03 ± 0,15 ^b	54,13 ± 0,43 ^{ab}

1.7. Influences des supports de fermentation sur le degré de fermentation et le niveau de dégradation des fèves (Cut-test)

Les échantillons ont été classés en grade en fonction de la qualité des fèves après l'épreuve à la coupe (Cut-test). Tous les supports ont donné un pourcentage de fèves violettes inférieurs 7% et de fèves ardoisées, germées, claires, mitées, moisies et plats inférieurs à 3%. Les résultats observés montrent que quel que soit le support de fermentation pour une durée de 6 jours sont de grade I. Toute fois les fèves germées ont été observées, mais en petite quantité dans le support F3 cabosses (2,33%) proche des 3% recommandé comme valeur seuil et dans les feuilles de bananier ($0,66 \pm 0,57$). Aucune fève germée n'a été observée dans les feuilles de palmier, sacs et bâches en polypropylène et les sacs en jute (Tableau VII).

Tableau VII: Qualité des fèves de cacao provenant de la fermentation des fèves des différents supports utilisés

Sups	Aire de séchage	F. brunes (%)	F. violettes (%)	F. Ardoisées (%)	F. Germées (%)	F. Claires (%)	F. Mitées (%)	F. Moisies (%)	F. Plates (%)	Grade
F1	B. Tissée	93,67 ± 1,15 ^a	5,67 ± 1,52	0 ± 0 ^a	0,66 ± 0,57 ^a	0 ± 0 ^a	0,33 ± 0,57 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	I
F2	B. Tissée	96,33 ± 0,58 ^a	3,66 ± 0,57	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	I
F3	B. Tissée	94,67 ± 0,58 ^a	3 ± 1 ^a	0 ± 0 ^a	2,33 ± 2,51 ^a	0 ± 0 ^a	0,33 ± 0,57	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	I
F4	B. Tissée	93,66 ± 1,53 ^a	6,33 ± 1,52 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	1 ± 1 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	I
F5	B. Tissée	95 ± 1 ^a	3,33 ± 1,15 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0,66 ± 0,57 ^b	1 ± 1,73 ^a	0,33 ± 0,557 ^a	0,66 ± 1,57 ^a	I
F6	B. Tissée	96 ± 2,64 ^a	4 ± 2,65	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	0,33 ± 0,57 ^a	0 ± 0 ^a	0 ± 0 ^a	I

± : Ecart-type

1.8. Evolution des microorganismes au cours de la fermentation à partir des différents supports

Les analyses microbiologiques ont permis d'apprécier le support de fermentation ayant une meilleure expression des principaux microorganismes. Ainsi trois prélèvements ont été réalisés au cours des six jours qu'a duré la fermentation afin de voir l'évolution des Bactéries lactiques, de Bacillus et de la flore fongique. Il s'agit du Jour 1 (P1), du jour 3 (P2) et du jour 6 (P3).

1.8.1. Evolution de la flore fongique au cours de la fermentation

En tenant compte du premier jour de fermentation, les sacs en polypropylène ($3,6.10^4$ ufc/g \pm $2,8.10^3$) et les bâches en propylène ($3,6.10^4$ ufc/g \pm $5,2.10^3$) ont des charges élevées en levures et de moisissures par rapport aux autres supports de fermentation contrairement aux sacs en jute ou les charges sont faibles ($1,8.10^2$ ufc/g \pm $1,6.10^2$). Les charges de levures et de moisissures des feuilles de bananier ($6,5.10^3$ ufc/g \pm $1,2.10^3$) de palmier ($1,1.10^3$ ufc/g \pm $1,7.10^3$) et des cabosses ($3,6.10^3 \pm 7,1.10^2$) sont sensiblement égales pour le premier jour de fermentation. Au troisième jour de fermentation il y a une augmentation significative au niveau des sacs en jute avec des charges respectives de ($1,8.10^2$ ufc/g \pm $1,6.10^2$ à $3,5.10^4$ ufc/g \pm $6,8.10^3$). Il est à noter aucune augmentation significative de la charge des levures et des moisissures au niveau de tous les supports de fermentation entre le troisième et le sixième jour des fèves de Cacao (Tableau VIII).

Tableau VIII: Evolution de la flore fongique en fonction des supports de fermentation

Supports de fermentation	Sabouraud + Chloramphénicol		
	Jour 1	Jour 3	Jour 6
F1	$6,5.10^3 \pm 1,210^3$ ab	$1,9.10^4 \pm 1,910^4$ ab	$1,1.10^4 \pm 1,210^4$ ab
F2	$1,110^3 \pm 1,710^3$ ab	$2,110^4 \pm 2,910^3$ ab	$2,510^4 \pm 2,210^3$ ab
F3	$3,610^3 \pm 7,110^2$ ab	$1,610^4 \pm 1,210^3$ ab	$1,110^4 \pm 1,410^3$ ab
F4	$1,610^4 \pm 5,210^3$ b	$5,510^3 \pm 1,810^2$ b	$5,110^3 \pm 1,210^2$ b
F5	$3,610^4 \pm 2,810^3$ c	$3,510^4 \pm 5,410^3$ a	$3,110^4 \pm 5,810^3$ a
F6	$1,810^2 \pm 1,610^2$ a	$3,510^4 \pm 6,810^3$ a	$3,510^4 \pm 6,810^3$ a

1.8.2. Evolution des bactéries lactiques au cours de la fermentation

Dès le premier jour de la fermentation, il y a une charge plus élevée des bactéries lactiques avec les sacs en polypropylène ($1,7.10^5$ ufc/g \pm $5,3.10^4$) et les feuilles de palmier ($1,3.10^5$ ufc/g \pm $1,6.10^4$).

Au troisième jour, Il y a une baisse significative des charges microbiennes au niveau des feuilles de palmier de $(1,3.10^5 \text{ ufc/g} \pm 1,6.10^4)$ à $(8,9.10^4 \text{ ufc/g} \pm 9,4.10^4)$ et des sacs en polypropylène de $(1,7.10^5 \text{ ufc/g} \pm 5,3.10^4)$ à $(5,4.10^4 \text{ ufc/g} \pm 7,7.10^4)$. Il n'y a pas eu d'évolution de charge microbienne dans les cabosses et dans les bâches en polypropylène durant la fermentation. Il est à noter une augmentation significative de la charge microbienne dans les feuilles de bananier de $(9,5.10^4 \text{ ufc/g} \pm 3,5.10^3)$ à $(1,7.10^5 \pm 3,5.10^4)$ et dans les sacs en jute de (0 ± 0) à $(1,8.10^5 \pm 3,4.10^2)$ au troisième jour de la fermentation. Cette charge est restée constante jusqu'au sixième jour six (Tableau IX).

Tableau IX : Evolution des *Lactobacillus* en fonction des supports de fermentation

Supports de fermentation	MRS		
	Jour 1	Jour 3	Jour 6
F1	$9,510^4 \pm 3,510^3 \text{ abc}$	$1,710^5 \pm 3,510^4 \text{ a}$	$1,710^5 \pm 33105,45 \text{ a}$
F2	$1,310^5 \pm 1,610^4 \text{ bc}$	$8,910^4 \pm 9,410^4 \text{ a}$	$8,910^4 \pm 9,410^4 \text{ a}$
F3	$2,510^4 \pm 2,210^4 \text{ ab}$	$5,610^4 \pm 2,810^4 \text{ a}$	$5,610^4 \pm 2,810^4 \text{ a}$
F4	$2,510^4 \pm 2,210^4 \text{ ab}$	$4,510^4 \pm 6,1410^4 \text{ a}$	$4,510^4 \pm 6,1410^4 \text{ a}$
F5	$1,710^5 \pm 5,310^4 \text{ c}$	$5,410^4 \pm 7,710^4 \text{ a}$	$5,410^4 \pm 7,710^4 \text{ a}$
F6	$0 \pm 0 \text{ a}$	$1,810^5 \pm 3,410^2 \text{ a}$	$1,810^5 \pm 3,410^2 \text{ a}$

1.8.3. Evolution des *Bacillus* au cours de la fermentation

Au premier jour de fermentation, les charges microbiennes les plus élevées en *Bacillus* se retrouvent au niveau des sacs en jute avec $(1,4.10^4 \text{ ufc/g} \pm 8,8.10^2)$ et des sacs en polypropylène avec $(2,3.10^3 \text{ ufc/g} \pm 2,8.10^3)$. Par la suite, les cabosses et les sacs en polypropylène $(2,3.10^3 \text{ ufc/g} \pm 2,8.10^3)$ à $(1,4.10^4 \text{ ufc/g} \pm 2,8.10^3)$ Au troisième jour, il est à noter une augmentation significative de la charge microbienne dans les cabosses évoluant de $(9,1.10^2 \text{ ufc/g} \pm 6,3.10^1)$ à $(1,8.10^4 \text{ ufc/g} \pm 6,8.10^2)$ et dans les sacs en polypropylène $(2,3.10^3 \text{ ufc/g} \pm 2,8.10^3)$ à $(1,4.10^4 \text{ ufc/g} \pm 2,8.10^3)$. Par ailleurs, les supports de fermentation tels que les feuilles de bananier, les feuilles de palmier et les bâches en propylène ont des charges microbiennes les plus faibles et ses charges ont été constantes durant les six jours de fermentation (Tableau X).

Tableau X : Evolution des *Bacillus* en fonction des supports de fermentation

Supports de fermentation	Mossel		
	Jour 1	Jour 3	Jour 6
F1	$5,710^2 \pm 7,310^2$ a	$1,610^3 \pm 2,910^2$ a	$1,610^3 \pm 2,910^2$ a
F2	$7,310^2 \pm 0$ a	$8,210^2 \pm 6,2810^1$ a	$8,10^2 \pm 6,210^1$ a
F3	$9,110^2 \pm 6,310^1$ a	$1,810^4 \pm 6,810^2$ bc	$1,810^4 \pm 6,810^2$ bc
F4	$6,410^2 \pm 5,510^2$ a	$8,910^2 \pm 9,410^1$ a	$8,910^2 \pm 9,410^1$ a
F5	$2,310^3 \pm 2,810^3$ a	$1,410^4 \pm 2,810^3$ b	$1,410^4 \pm 2,810^3$ b
F6	$1,410^4 \pm 8,810^2$ b	$1,210^4 \pm 1,310^3$ c	$1,210^4 \pm 1,2110^4$ c

2. DISCUSSION

Les producteurs de cacao dans les différentes zones de production de la région du Haut-Sassandra ont recours à d'autres supports pour la fermentation des fèves de cacao autre que les feuilles de bananier. Avec le vieillissement des champs de cacao et après cinq ans, l'ombrage fait disparaître les champs de bananier. D'où le manque des feuilles de bananier même si elles procurent depuis lors les meilleures qualités marchandes de fèves de cacao (Barel, 1998). Cette observation a conduit à la réalisation d'une enquête pour une investigation dans cette région pour recenser les nouveaux supports utilisés pour la fermentation.

Les résultats de l'enquête ont montré que la cacao culture est en majorité réservée aux hommes avec une proportion de 93% quel que soit la zone de production enquêtée. Pour chacun des zones enquêtée la proportion des hommes tous comme chez les femmes n'est pas significative. La forte implication des hommes pourrait s'expliquer par le fait que ce travail demande plus d'effort physique. En effet les femmes dans les campagnes ont pour la plupart le rôle de la ménagère et constituent une aide indispensable aux côtés de leurs maris dans la réalisation du champ de cacao. Ces résultats confirment ceux de Yao (2014) qui stipulent que les femmes courageuses, capables de défricher une forêt dense jusqu'à la mettre en valeur sont rares.

Les 55,5 % des producteurs enquêtés n'ont jamais eu la chance d'être scolarisés. Ce taux est inférieur à celui obtenu par Yao (2014) qui a obtenu 83,25 % d'analphabète au cours de ces travaux. L'enquête a aussi révélé que 88,2 % vivent en couple avec 60 % ayant un âge supérieur à 40 ans. Le vieillissement des producteurs a pour conséquence une baisse des champêtres et inévitablement une diminution du rendement (Ruf, 2000). Ce taux pourrait s'expliquer aussi par le fait qu'initialement, la cacao culture était pratiquée que par des analphabètes (Assiri *et al.*, 2009). Par contre, ces dernières années des intellectuels et certains retraités ont commencé à investir dans l'agriculture (Assiri *et al.*, 2009). Cette observation est similaire à celle de Assa *et al.* (2006) sur la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien concernant l'âge et le niveau intellectuel des producteurs.

Dans cette étude, les valeurs du pourcentage de coques sont respectivement de 10,60 % pour les fèves issues des cabosses et 12,96 % celles issues des feuilles de palmier. Il est à noter aussi que les valeurs sont plus élevées pour les fèves issues du support de palmier. Dans les fèves de cacao de la récolte principale d'Afrique occidentale, la coque représente normalement 11-12 % du poids total de la fève. Un pourcentage de coque supérieur à cette valeur citée plus haut signifie que la matière comestible est inférieure et donc que la valeur des fèves est moins élevée. La forme de la graine et l'épaisseur du tégument séminal varient selon le type de cacao

cultivé. Aussi les variations de pratiques post-récolte, influencent sur le poids de la coque (Codex Alimentarius, 2014).

Il ressort de l'étude que le pourcentage de corps étrangers est de 10,60 % pour les fèves issues des cabosses et de 12,96 % pour des fèves issues des feuilles de palmier. La valeur la plus élevée est issue des fèves de palmier (F2). Il est à noter que la présence de corps étrangers affecte également le rendement et réduit donc la valeur du cacao pour le chocolatier. Cela peut également altérer l'arôme et provoquer la contamination du produit (Codex Alimentarius, 2014).

Par ailleurs en tenant compte du rendement les valeurs obtenues au cours de cette étude est de 1198,117 pour les cabosses et 1276,98 pour les fèves issues des bâches. La valeur la plus élevée correspond à la fermentation des fèves issue des bâches. Le rendement en matière utile de la fève exerce une influence considérable sur la valeur du cacao pour le fabricant et donc agit sur la qualité prix. Un certain nombre de facteurs objectivement mesurables déterminent la quantité de matière comestible (amande de cacao) et la quantité de beurre de cacao. Certains des facteurs qui influent sur le rendement tels que la taille de la fève, le pourcentage de coque et la teneur en matière grasse sont largement déterminés par des éléments climatiques et génétiques, tandis que d'autres sont influencés par les bonnes pratiques en matière de traitement post-récolte, d'entreposage et de transport. (Codex Alimentarius, 2014). Pour chaque méthode de fermentation, le pH des fèves de cacao varie significativement ($P > 0,05$).

L'analyse de la flore microbienne au cours de la fermentation du cacao a révélé que celle-ci est composée de levures et moisissures, de bactéries lactiques et de *Bacillus*. La présence de microorganismes dans les fèves fermentées montre les conditions réunies pour la fermentation ont été favorables à leur développement. Par ailleurs selon les travaux réalisés par Koffi *et al.*, (2013) la présence abondante de ces germes dans les fèves fermentées est le résultat d'une fermentation qui s'est déroulée en aérobiose. Cependant, il est à noter que la présence de levures et moisissures dans les fèves fraîches des cabosses de cacao est provoquée par des pourritures brunes présentes au préalable sur celles-ci (Duron, 1999).

Tous les supports étudiés ont un pH acide révélant que les fèves de cacao sont des substrats favorables à la prolifération des moisissures. En effet, selon Duron (1999), les champignons peuvent se développer à des pH compris entre 3 et 8 avec un optimum de croissance compris entre 5 et 6. Les moisissures sont les derniers microorganismes à apparaître dans le milieu fermentaire et sont capables de produire des composés à l'origine d'une mauvaise odeur du cacao (Koffi *et al.*, 2013). Quant aux levures, elles sont apportées par l'air ou elles se trouvent soit sur les cabosses et les fèves, soit dans les récipients où sur les aires de fermentation,

Les levures sont les micro-organismes dominants, elles transforment les sucres (saccharose, glucose et/ou fructose) en alcool éthylique avec un dégagement de gaz carbonique. L'étude a également révélé que le deuxième, le quatrième et le sixième jour de fermentation (dans les feuilles de bananiers, palmier) ont abouti à une augmentation de la charge présence de levures, champignons, *Bacillus cereus* et bactéries lactiques, ce qui est conforme à l'étude de (Guéhi *et al.*, 2010) qui confirme la présence des levures apparaissent au cours des deux premiers jours de fermentation. Les germes sont apportés par divers éléments tels que les mains des écabosseurs, le matériel et insectes. Il est aussi à noter que la fermentation est alcoolique puis s'en suit une fermentation lactique. Les supports de fermentation du cacao présentent une charge de bactérie lactiques inférieure à 10^6 UFC/g. Les bactéries lactiques apparaissent à partir du deuxième jour de la fermentation, soit après 42 à 48 heures de fermentation (Nielsen *et al.*, 2007). Les *Bacillus* quant à eux apparaissent dans le milieu fermentaire bien plus tard après 84 heures soit environ au quatrième jour de fermentation (Schwan & Wheals, 2004). Les *Bacillus* quant à eux sont des bactéries thermophiles, ils n'ont pas la possibilité de se multiplier en début de fermentation. Elles apparaissent notamment le cinquième jour de la fermentation et peuvent devenir prédominantes dans la flore des fèves en fin de fermentation. Des affirmations qui vont dans le même sens que les travaux menés par (Koffi *et al.*, 2013) au cours de la fermentation du cacao qui est l'étape essentielle du processus post-récolte.

Conclusion et perspectives

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Il ressort de cette étude que les feuilles de palmier offrent une bonne qualité de fèves de cacao marchande. Ceci a été prouvé à travers les différentes analyses effectuées au cours de ce travail de recherche. Elle permet aussi de montrer que comparativement aux feuilles de bananiers et aux sacs couramment utilisés par les producteurs, les fèves de cacao issues des cabosses de cacao permettent une bonne croissance des bactéries lactiques permettant d'avoir un bon arôme du chocolat. De même ces fèves sont moins contaminées par les moisissures et *Bacillus* origine d'un mauvais goût et des toxines que celles des feuilles de bananiers et de sacs.

Ainsi dans le souci du manque de moyens financiers et du changement climatique qui impact sur la qualité marchande des fèves de cacao, de nouvelles technologies de fermentation sont proposées aux planteurs. Les résultats de ce travail donnent de l'espoir pour la poursuite de l'étude en tenant compte des perspectives suivantes :

- Réaliser des sensibilisations aux près des planteurs pour utiliser les feuilles de palmier pour la fermentation ;
- Evaluer les qualités nutritionnelles et caractériser les microorganismes ayant participé à la fermentation pour chaque support
- Effectuer une analyse sensorielle à travers un produit dériver pour évaluer le niveau préférence des consommateurs

Références

REFERENCES

- Afoakwa E.O., Quao J., Takrama J., Budu A.S. & Saalia F.K. (2013). Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6) : 1097-1105.
- Akkerman R., Farahani P. & Grunow M. (2010). "Quality, safety and sustainability in food distribution : a review of quantitative operations management approaches and challenges." *OR Spectrum* 32(4): 863-904.
- Ardhana M. & Fleet G.H. (2003). The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology*, 86: 87–99.
- Attafi B. (2013). La gestion de risque de prix liée à la commercialisation du cacao en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master, IFPG-ISFPT école supérieure internationale des matières premières, Korhogo, Côte d'Ivoire, 52 p.
- Attchelouwa C.K., N'guessan F.K., Aké F.M.D. & Marcellin K.D. (2018). Molecular identification of yeast, lactic and acetic acid bacteria species during spoilage of tchapalo, a traditional sorghum beer from Côte d'Ivoire. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34:173-183.
- Aujardin.com (2022). Moisissures, levures et autres micro-champignons, <https://www.aujardin.info/fiches/moisissures-levures-autres-micro-champignons.php> consulté le 09/03/2022.
- Baker D. M., Tomlins K. I. & Gay C. (1994). "Survey of Ghanaian cocoa farmer fermentation practices and their influence on cocoa flavour." *Food Chemistry* 51(4): 425-431.
- Bankoffi L., Ouattara G. H., Karou T. G., Guehi S. T., Nemlin, J. G., & Diopoh J. K. (2013). Impacts de la fermentation du cacao sur la croissance de la flore microbienne et la qualité des fèves marchandes. *Agronomie Africaine*, 25(2): 159-170.
- Barel M. (2013). Qualité du cacao : l'impact du traitement post-récolte. Editions Quae, pp. 22
- Barel M. (2013). Qualité du cacao: l'impact du traitement post-récolte, *Savoir faire*, Editions Quae, (Versailles, France), 54 p.
- Bertazzo A., Comai S., Mangiarini F., & Chen S. (2013). Composition of Cacao Beans Chocolate in Health and Nutrition, Nutrition and Health, Totowa, New Jersey, United States of America, 105 p.
- Bertin M-A. & Lefebvre S. (2010). *Theobroma cacao* L., le cacaoyer. Editions Exode tropical, Paris, France 24 p.

- Burle L. (1962). Le cacaoyer. Tome deuxième. G-P. Maisonneuve et Larose, Paris, France, pp. 486-491.
- Camu N., De Winter T., Verbrugghe K., Cleenwerck I., Vandamme P., Takrama J. S., Vancanneyt M. & De Vuyst L. (2007). Dynamics and biodiversity of populations of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria involved in spontaneous heap fermentation of cocoa beans in Ghana. *Applied Environmental Microbiology*, 73 :1809 - 1824.
- Cheriguene A., Chougrani F., Bekada A. M. A., El Soda M. & Bensoltane A. (2007). Enumeration and identification of lactic microflora in Algerian goat's milk. In *African Journal of Biotechnology*, 6: 1854-1861.
- CNRA. (2009). Centre National de Recherche Agronomique. Bien cultiver le cacaoyer en Côte d'Ivoire. Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement. 45 p.
- Codex Alimentarius. (2003). Norme Codex pour le chocolat et les produits à base de chocolat (87-1981, Rev 1-2003). Rome: Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, 54 p.
- Codex Alimentarius. (2014). Norme Codex 141-1983, Rev. 1-2001 modifiée en 2014 pour le cacao en pâte (liqueur de cacao/chocolat) et le tourteau de cacao CODEX STAN 141-1983, 54 p.
- Coulibaly K. (2014). Étude de la structure des populations de *Phytophthora* spp, agent de la pourriture brune des cabosses de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en Pathologie et Physiologie Végétales. 'Université Félix Houphouët-Boigny. Abidjan, Côte d'Ivoire, 190 p.
- Cros E. & Jeanjean N. (1995). Qualité du cacao. Influence de la fermentation et du séchage. *Plantation, Recherche et Développement*, 2(3) : 21-27.
- Dassy B. (2018). Levures et métabolisme fermentaire, Physiologie de la biosynthèse du polyoside capsulaire par *Staphylococcus aureus*. Microbiology Society, Paris, France, 30 p.
- Diomande G. G. D. (2014). Contribution des méthodes spectroscopiques et isotopiques à la caractérisation géographique et phénotypique du cacao. Thèse de Doctorat en Chimie. Université de Nantes, Nante, France, pp.19.27.
- Djedjro C.A., Assidjo N.E. & Yao B. (2008). Effet des dispositifs de sechage a l'air libre sur la qualité des fèves de cacao bord champ. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 11 : 45-48.
- Dufumier M. (2016). L'adaptation de la cacaoculture ivoirienne au dérèglement climatique : L'agroécologie pourrait-elle être une solution ? Plate-Forme pour le Commerce Equitable, 16 p

- Euzéby J. P. (2006). *Lactobacilles ingluviei*. <http://www.bacterio.cict.fr/bacdico/> Consulté le 14/04/2022.
- Gilet F. (2006). *Le cacao : des Olmèques au XXIème siècle*. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Nantes, Faculté de pharmacie, Nantes, France, 228 p.
- Guéhi T.S., Yao M.K., Koffi-Nevry R., N'Dri D.Y. & Manizan N.P. (2007). Enumeration and identification of main fungal isolates and evaluation of fermentation's degree of Ivorian raw cocoa beans. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1 : 479-486.
- Hassaine O., Zadi-karam H. & Karam N. (2008). Evaluation of biogenic amines formation by proteolytic enterococci strains isolated from raw dromedary milks from southern Algeria, *Journal of Food Safety*, 29:381–393.
- Hii L.C., Law L.C. & Cloke M. (2009). Modeling using a new thin layer drying mode and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering*, 90 : 191-198.
- ICCO (2019). Guidelines on best known practices in the cocoa value chain (CS-16-Rev 1). http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc_download/119-manual-of-best-known-practices-incocoa-production.html. Consulté le 05/03/2022
- IDF / FIL. Fédération Internationale de Laiterie (1995), Bruxelles, Belgique, pp. 34 – 43
- ISO. (2014). *Fèves de cacao - Spécifications (ISO 2451)*. Genève : Organisation internationale de normalisation.
- Kealey K.S., Snyder R.M., Romanczyk L.J., Hammerstone J.F., Buck M.M. & Cipolla G.G. (2004). "Cocoa extracts prepared from cocoa solids having high cocoa polyphenol contents. Mars, Incorporated." Patent US 6,737,088 B1, 122 p.
- Kimaryo V.M., Massawe G.A., Olusapo N.A. & Holzapfel W.M. (2000). The use of starter culture in the fermentation of cassava for the production of "Kivunde" a traditional Tanzanian food product. *International Journal of Food Microbiology*, 56 : 179-190.
- Krysiak W. (2011). Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material. *Grasas y Aceites*, 62(4): 467-478.
- Krysiak W. (2011). Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material. *Grasas y Aceites*, 62(4): 467-478
- Leyral G. & Vierling E. (2007). *Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaire*. *Journal of Bioscience and Technology*. Wolters Kluwer, France, p 287.

- Mboye L. (2014). Evaluation de la contribution de la culture de cacao (*Theobroma cacao L.*) sous ombrage dans le maintien des stocks de carbone et la conservation de la biodiversité dans les forêts secondaires exploitées de l'Ituri. Mémoire de licence, Faculté de gestion des ressources naturelles renouvelables, Université de Kisangani (Province Orientale, RD Congo), 48 p.
- Medane H. (2017). Identification et caractérisation de la thermorésistance des spores *Bacillus cereus* isolées de la poudre de cacao. Mémoire de Master, Science des Aliments, UFR des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 96 p.
- Ministère de l'agriculture (2007). Annuaire des statistiques agricoles 2005, Abidjan, Direction des statistiques, de la documentation et de l'informatique, 85 p.
- Ministère de l'agriculture, Novembre 2010, Annuaire des statistiques agricoles, Abidjan, Direction des statistiques, de la documentation et de l'informatique, 73 p.
- Morrisset D. (2003). Etude des relations structure/fonction d'une bactériocine *antilisteria*, la mesenterocine Y105. Thèse de doctorat en Aspect Moléculaire et Cellulaires de la Biologie, Université de Poitiers, Poitiers, France, 209 p.
- N'goran M. E. (2015). Suivi de la transformation des fèves de cacao et application de l'HACCP au niveau de l'entreprise SACO en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master, UFR des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université 8 mai 1945 Guelma, Guelma, Algérie, 65 p.
- National Cholesterol Education Program (2000). National Institutes of Health. Second report of the expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults. Bethesda, Maryland: US Department of Health and Human Services, <http://www.nhlbi.nih.gov/about/ncep/index.htm> consulté le 14/04/2022.
- Ouattara H. G., Reverchon S., Niamke S. L. & Nasser W. (2011). Molecular identification and pectate lyase production by *Bacillus* strains involved in cocoa fermentation. *Food Microbiology*, 28: 1-8.
- Pointurier H. (2003). La gestion matières dans l'industrie laitière. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France, 388 p.
- Prescott M., Nowakowski S., Gavin P., Naglev P., Whisstock J. C. & Devenish R. J. (2003) Subunit gamma-green fluorescent protein fusions are functionally incorporated into mitochondrial F1F0-ATP synthase, arguing against a rigid cap structure at the top of F1. *Journal of Biology Chemical*, 278: 251-6.

- Rodriguez-Campos J., Escalona-Buendía H. B., Contreras-Ramos S. M., Orozco-Avila I., Jaramillo-Flores E. & Lugo-Cervantes E. (2012). Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*, 132(1): 277-288.
- Rodriguez-Campos J., Escalona-Buendía H. B., Orozco-Avila I., Lugo-Cervantes E. & Jaramillo-Flores M. E. (2011). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Research International*, 44(1): 250-258.
- Roelofsen P. A. (1958). "Fermentation, drying and storage of cacao beans." *Advances in Food Research*, 8: 225- 296.
- Saltini R., Akkerman R. & Frosch S. (2013). "Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality." *Food Control*, 29(1): 167-187.
- Schwan R. & Wheals A. E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1): 205-222.
- Shittu T.A. & Badmus B.A. (2009). Statistical correlations between mineral element composition, product information and retail price of powdered cocoa beverages in Nigeria. *Journal of food composition and analysis*, 22(2): 212-217.
- Timothy L., Maarten J., Nicholas C. & Luc De V. (2010). Kinetic Analysis of Strains of Lactic Acid Bacteria and Acetic Acid Bacteria in Cocoa Pulp Simulation Media toward development of a Starter Culture for Cocoa Bean Fermentation. *Applied and environmental Microbiology*, 76: 7708-7716.

Annexes

Corrélations (regroupement vavoua)											
	grainnage	Acidité titrable(Fèves séchées)	PH(fèves séchées)	%coques	%corps étrangers	Rendement	Matiere grasse	%Matiere seche	lev +mois	Bac Lac	Bacilus
Grainnage	1,000000	-0,618885	0,657460	-0,389710	-0,125219	-0,856475	-0,102744	0,678473	0,118341	0,591648	-0,374348
Acidité titrable(Fèves séchées)	-0,618885	1,000000	-0,773464	0,499634	-0,531622	0,512574	0,027726	-0,428456	0,693511	-0,451600	0,253316
PH(fèves séchées)	0,657460	-0,773464	1,000000	-0,820103	0,640923	-0,842101	-0,319790	0,036501	-0,437968	0,335375	0,247491
%coques	-0,389710	0,499634	-0,820103	1,000000	-0,679400	0,584428	-0,069403	0,278590	0,378012	-0,276899	-0,431133
%corps étrangers	-0,125219	-0,531622	0,640923	-0,679400	1,000000	-0,158109	-0,161835	-0,512327	-0,837290	-0,087465	0,539590
Rendement	-0,856475	0,512574	-0,842101	0,584428	-0,158109	1,000000	0,435036	-0,250904	-0,078986	-0,400202	-0,112850
Matiere grasse	-0,102744	0,027726	-0,319790	-0,069403	-0,161835	0,435036	1,000000	0,097454	-0,106374	0,479552	-0,254869

%Matiere seche	0,67847 3	-0,428456	0,036501	0,27859 0	-0,512327	-0,250904	0,097454	1,000000	0,173833	0,359616	-0,91814 1
lev +mois	0,11834 1	0,693511	-0,437968	0,37801 2	-0,837290	-0,078986	-0,106374	0,173833	1,000000	-0,135227	-0,15213 0
Bac Lac	0,59164 8	-0,451600	0,335375	-0,27689 9	-0,087465	-0,400202	0,479552	0,359616	-0,135227	1,000000	-0,11909 3
Bacillus	-0,37434 8	0,253316	0,247491	-0,43113 3	0,539590	-0,112850	-0,254869	-0,918141	-0,152130	-0,119093	1,00000 0

Tests Univariés de Significativité pour SAB (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'apostrophe; hypothèse

1,422155E+09	1	1,422155E+09	186,2514	0,000010	P= 0,000249 < 0,05
				Probabilité	
1,299510E+09	5	2,599021E+08	34,0379	0,000249	

F1		0,636813	0,965829	0,322958	0,000765	0,383970
F2	0,636813		0,306317	0,974058	0,001786	0,067480
F3	0,965829	0,306317		0,139693	0,000555	0,745445

F4	0,322958	0,974058	0,139693		0,002857	0,032136
F5	0,000765	0,001786	0,000555	0,002857		0,000375
F6	0,383970	0,067480	0,745445	0,032136	0,000375	

F6	181,82	****		
F3	3954,55	****	****	
F1	6045,45	****	****	
F2	10409,09	****	****	
F4	12363,64		****	
F5	32363,64			****

MRS JOUR 1

Tests Univariés de Significativité pour MRS (VAVOUA MO)
 Paramétrisation sigma-restreinte
 Décomposition efficace de l'hypothèse

5,321219E+10	1	5,321219E+10	70,78384	0,000154
3,287562E+10	5	6,575124E+09	8,74635	0,009999
4,510537E+09	6	7,517562E+08		

Test HSD de Tukey ; variable MRS (VAVOUA MO) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 7518E5, dl = 6,0000

F1		0,991976	0,210420	0,210420	0,664458	0,077613
F2	0,991976		0,115116	0,115116	0,906986	0,043608
F3	0,210420	0,115116		1,000000	0,039666	0,934460
F4	0,210420	0,115116	1,000000		0,039666	0,934460
F5	0,664458	0,906986	0,039666	0,039666		0,016438
F6	0,077613	0,043608	0,934460	0,934460	0,016438	

F6	0,0	****		
F3	24545,5	****	****	
F4	24545,5	****	****	
F1	97954,5	****	****	****
F2	112727,3		****	****
F5	139772,7			****

Test HSD de Tukey ; variable MRS (VAVOUA MO) Groupes Homogènes,
= 7518E5, dl = 6,0000
MOSEL JOUR 2

alpha = ,05000 Erreur : MC Inter

Tests Univariés de Significativité pour MOSEL (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

144562885	1	144562885	129,7332	0,000027
342296914	5	68459383	61,4366	0,000045
6685852	6	1114309		

Test HSD de Tukey ; variable MOSEL (VAVOUA MO) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 1114E3, dl = 6,0000

F1		0,999949	0,998783	0,999998	0,400115	0,000273
F2	0,999949		0,999966	0,999999	0,481496	0,000277
F3	0,998783	0,999966		0,999751	0,564362	0,000280
F4	0,999998	0,999999	0,999751		0,442803	0,000275
F5	0,400115	0,481496	0,564362	0,442803		0,000356
F6	0,000273	0,000277	0,000280	0,000275	0,000356	

F1	529,74	****	
F4	636,36	****	
F2	727,27	****	
F3	909,09	****	
F5	2727,27	****	
F6	15295,45		****

Test HSD de Tukey ; variable MOSEL (VAVOUA MO) Groupes
= 1114E3, dl = 6,0000

Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter

JOUR 3

Statistiques Descriptives par Groupes (VAVOUA MO) N=12 (pas de VM dans les vars dépendants)

SAB	SAB	SAB	MRS	MRS	MRS	MOSSEL	MOSSEL	MOSSEL
Moyennes	N	Ec-Type	Moyennes	N	Ec-Type	Moyennes	N	Ec-Type

BABOURAUD

Tests Univariés de Significativité pour SAB (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

4,218750E+09	1	4,218750E+09	134,6202	0,000025
1,300833E+09	5	2,601665E+08	8,3019	0,011389
1,880290E+08	6	3,133817E+07		

Test HSD de Tukey ; variable SAB (VAVOUA MO) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 3134E4, dl = 6,0000

F1		0,638825	1,000000	0,836959	0,078300	0,064484
F2	0,638825		0,618083	0,195241	0,439068	0,366002
F3	1,000000	0,618083		0,854038	0,074901	0,061726
F4	0,836959	0,195241	0,854038		0,023265	0,019584
F5	0,078300	0,439068	0,074901	0,023265		0,999959
F6	0,064484	0,366002	0,061726	0,019584	0,999959	

F4	5045,45		****
F3	11363,64	****	****
F1	11590,91	****	****
F2	20409,09	****	****
F5	31545,45	****	
F6	32545,45	****	

Test HSD de Tukey ; variable SAB (VAVOUA MO) Groupes Homogènes, 3134E4, dl = 6,0000

alpha = ,05000 Erreur : MC Inter =

MRS

Tests Univariés de Significativité pour MRS (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

1,067065E+11	1	1,067065E+11	30,39692	0,001496
3,116808E+10	5	6,233617E+09	1,77574	0,251886
2,106262E+10	6	3,510436E+09		

MOSSEL

Tests Univariés de Significativité pour MOSSEL (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

889553890	1	889553890	811,4542	0,000000
750746727	5	150149345	136,9668	0,000004
6577479	6	1096247		

Test HSD de Tukey ; variable MOSSEL (VAVOUA MO) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 1096E3, dl = 6,0000

F2	818,18	****		
F4	840,91	****		
F1	1113,64	****		
F5	12886,36		****	

F1		0,999618	0,000262	0,999741	0,000411	0,000251
F2	0,999618		0,000260	1,000000	0,000385	0,000250
F3	0,000262	0,000260		0,000260	0,073296	0,251165
F4	0,999741	1,000000	0,000260		0,000387	0,000250
F5	0,000411	0,000385	0,073296	0,000387		0,006578
F6	0,000251	0,000250	0,251165	0,000250	0,006578	

F3	16681,82		****	****
F6	19318,18			****

Test HSD de Tukey ; variable MOSSEL (VAVOUA MO) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 1096E3, dl = 6,0000

JOUR 6

SABOURAUD

Tests Univariés de Significativité pour SAB (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l''hypothèse

4,218750E+09	1	4,218750E+09	134,6202	0,000025
1,300833E+09	5	2,601665E+08	8,3019	0,011389
1,880290E+08	6	3,133817E+07		

Test HSD de Tukey ; variable SAB (VAVOUA MO) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 3134E4, dl = 6,0000

F1		0,638825	1,000000	0,836959	0,078300	0,064484
----	--	----------	----------	----------	----------	----------

F2	0,638825		0,618083	0,195241	0,439068	0,366002
F3	1,000000	0,618083		0,854038	0,074901	0,061726
F4	0,836959	0,195241	0,854038		0,023265	0,019584
F5	0,078300	0,439068	0,074901	0,023265		0,999959
F6	0,064484	0,366002	0,061726	0,019584	0,999959	

F4	5045,45		****
F3	11363,64	****	****
F1	11590,91	****	****
F2	20409,09	****	****
F5	31545,45	****	
F6	32545,45	****	

Test HSD de Tukey ; variable SAB (VAVOUA MO) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 3134E4, dl = 6,0000

MRS

Tests Univariés de Significativité pour MRS (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l''hypothèse

1,067065E+11	1	1,067065E+11	30,39692	0,001496
3,116808E+10	5	6,233617E+09	1,77574	0,251886
2,106262E+10	6	3,510436E+09		

Test LSD ; variable MRS (VAVOUA MO) Probabilités des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 3510E6, dl = 6,0000

F1		0,465336	0,261615	0,224488	0,258562	0,343587
F2	0,465336		0,662026	0,586433	0,656005	0,120697
F3	0,261615	0,662026		0,912139	0,993188	0,063929
F4	0,224488	0,586433	0,912139		0,918902	0,054612
F5	0,258562	0,656005	0,993188	0,918902		0,063153
F6	0,343587	0,120697	0,063929	0,054612	0,063153	

F4	49545,5	****
F5	55836,4	****
F3	56363,6	****
F2	83590,9	****
F1	129772,7	****
F6	190681,8	****

Test HSD de Tukey ; variable MRS (VAVOUA MO) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 3510E6, dl = 6,0000

MOSSEL

Tests Univariés de Significativité pour MOSSEL (VAVOUA MO) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'&apost;hypothèse

889553890	1	889553890	811,4542	0,000000
750746727	5	150149345	136,9668	0,000004
6577479	6	1096247		

Test HSD de Tukey ; variable MOSSEL (VAVOUA MO) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 1096E3, dl = 6,0000

Test HSD de Tukey ; variable MOSSEL (VAVOUA MO) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 1096E3, dl = 6,0000

F1		0,999618	0,000262	0,999741	0,000411	0,000251
F2	0,999618		0,000260	1,000000	0,000385	0,000250
F3	0,000262	0,000260		0,000260	0,073296	0,251165
F4	0,999741	1,000000	0,000260		0,000387	0,000250
F5	0,000411	0,000385	0,073296	0,000387		0,006578
F6	0,000251	0,000250	0,251165	0,000250	0,006578	

F2	818,18	****		
F4	840,91	****		
F1	1113,64	****		
F5	12886,36		****	
F3	16681,82		****	****
F6	19318,18			****

Résumé

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante tropicale de la famille des Malvacées. Cette étude a porté sur la contribution à l'amélioration du support de fermentation des fèves de cacao (*Theobroma cacao* L.) par l'utilisation de nouvelles technologies. Il s'est agi de réaliser six (6) supports de fermentation dont les feuilles de bananier, feuille de palmier, cabosse, bâche en propylène, sac en jute et un sac en polypropylène. Les échantillons ont été prélevés dans un champ de cacao de la région du Haut Sassandra. Des échantillons de fèves fraîches et fèves séchées ont été prélevés. Deux types d'analyse ont été réalisés : physicochimique (% Coque, grainage, rendement, matière sèche, matière grasse, acidité titrable, pH des fèves séchées) et microbiologique. Il y a eu l'utilisation de la gélose Mossel pour la détermination des *Bacillus cereus*, la gélose Sabouraud + chloramphénicol pour les levures et les moisissures et la gélose MRS pour les bactéries lactiques. Le Cut-test et grainage ont permis de montrer que les fèves issues de cette fermentation des feuilles de palmier étaient plus lourdes 96,33 % et de (Grade I). Ces fèves avaient un pH moins acide 5,07 contre 5,24 pour les feuilles de bananier. Les résultats microbiologiques ont montré que la fermentation des fèves dans les feuilles de palmier et feuilles de bananiers offrait une meilleure croissance des bactéries lactiques $2,5 \cdot 10^4$ et $1,7 \cdot 10^5$ UFC/g qui est supérieure aux autres supports de fermentations. Les moisissures auteurs des mauvaises saveurs et des micro-toxines sont plus accrues dans les supports cabosses contrairement aux fermentations des feuilles de palmier $2,5 \cdot 10^4$ UFC/g que dans les feuilles de bananier $1,1 \cdot 10^4$ UFC/g dont la charge est inférieure. Les feuilles de bananier peuvent être conseillées aux producteurs car ils donnent de meilleurs résultats physico-chimiques et microbiologiques.

Mots clés : Fermentation, cacaoculture, cacao, palmier, bananier

Summary

The cocoa tree (*Theobroma cacao* L.) is a tropical plant of the Malvaceae family. This study focused on the contribution to improving the fermentation medium of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) through the use of new technologies. It was a question of producing six (6) fermentation supports including banana leaves, palm leaf, cocoa pod, propylene tarpaulin, jute bag and a polypropylene bag. The samples were taken from a cocoa field in the Haut Sassandra region. Samples of fresh beans and dried beans were taken. Two types of analysis were carried out: physicochemical (% shell, graining, yield, dry matter, fat, titratable acidity, pH of the dried beans) and microbiological. There was the use of Mossel agar for the determination of *Bacillus cereus*, Sabouraud + chloramphenicol agar for yeasts and molds and MRS agar for lactic acid bacteria. The Cut-test and graining showed that the beans from this palm leaf fermentation were 96.33% heavier and (Grade I). These beans had a less acidic pH of 5.07 against 5.24 for banana leaves. The microbiological results showed that the fermentation of beans in palm leaves and banana leaves offered better growth of lactic acid bacteria $2.5 \cdot 10^4$ and $1.7 \cdot 10^5$ CFU/g which is superior to other fermentation media. The molds responsible for bad flavors and micro-toxins are more increased in the pod supports, contrary to the fermentations of the palm leaves $2.5 \cdot 10^4$ CFU/g than in the banana leaves $1.1 \cdot 10^4$ CFU/g whose load is lower. Banana leaves can be recommended to producers because they give better physico-chemical and microbiological results.

Keywords: Fermentation, cocoa farming, cocoa, palm tree, banana tree