

Effets de l'origine génétique du grain de pollen sur les qualités technologiques, physiques et sensorielles des fèves de cacao marchand dans la région de Loh-Djiboua (Côte d'Ivoire)

[Effects of the genetic origin of the pollen grain on the technological, physical and sensory qualities of commercial cocoa beans in the Loh-Djiboua region (Ivory Coast)]

Attiaipo Pépin Assi¹⁻²⁻³, Massé Diomande¹, Honorine Brigitte Guiraud², Patricia N'GORAN³, Klotioloma Coulibaly², Walet Pierre N'Guessan², Kouamé François N'Guessan², Aidara SEKOU², and Gnion Mathiastahi²

¹Département de biochimie et microbiologie, Unité de Formation et de Recherche en Agroforesterie, BP 150 Daloa, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²Centre National de Recherche Agronomique, Station de Recherche de Divo, BP 808, Côte d'Ivoire

³Centre National de Recherche Agronomique, Station de Recherche de Bingerville, BP 808, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study was carried out in order to determine the effect of crossbreeding of the best cocoa clones through manual pollination on technological, physical, and sensory qualities. The trials of this study were conducted in three cocoa seed fields within the National Center for Agricultural Research (CNRA) station in Divo, Côte d'Ivoire. The plant material used for this study consisted of nine (9) hybrid families resulting from a 3 x 3 factorial design involving three female parents (T79/501, C20 and UPA409) and three male parents (POR, IMC67 and C151-61), all of which were mutually compatible with each other. The number of regular beans and the weight of fresh beans were determined by the pod. The seed size, uniformity, overall flavor, and impurity level were determined for the fermented and dried beans. The evaluation of sensory attributes during a panel was determined after the transformation of cocoa beans into cocoa liquor. The results showed that the crossbreeding of C20 X IMC67 with 49.57 beans obtained the highest number of normal beans. The study also showed that the weight of a merchant cocoa bean was greater than 1 g for all the plant material studied. The UPA409 X IMC67 was better for the weight of a dry bean and was characterized by a specific aroma. Regarding the organoleptic parameters, aromas whose origin is maternal were the same for all hybrids.

KEYWORDS: Cocoa tree, genotype, hybrid families, physical, technological and sensory physical characteristics.

RESUME: Une étude a été menée dans le but de déterminer l'effet de croisement de meilleurs clones de cacao par pollinisation manuelle sur les qualités technologiques, physiques et sensorielles. Les essais de cette étude ont été réalisés dans trois champs semenciers de cacaoyers au sein de la station du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Divo en Côte d'Ivoire. Le matériel végétal utilisé pour cette étude a été composé de neuf (9) familles d'hybrides issues d'un factoriel 3 x 3 impliquant trois géniteurs femelles (T79/501, C20 et UPA409) et trois géniteurs mâles (POR, IMC67 et C151-61), tout inter compatible entre eux. Le nombre de fèves normales et le poids des fèves fraîches ont été déterminés par cabosse. Le grainage, l'homogénéité, l'arôme général et le taux d'impureté ont été déterminés sur les fèves fermentées et séchées. L'évaluation des attributs sensoriels au cours d'un panel, a été déterminée après transformation des fèves en liqueur de cacao. Les résultats ont montré que le croisement C20 X IMC67 avec 49,57 fèves, a obtenu le plus grand nombre de fèves normales. L'étude a également montré que le poids d'une fève de cacao marchand a été supérieur à 1 g pour l'ensemble du matériel végétal étudié.

L'UPA409 X IMC67 a été meilleur pour le poids d'une fève sèche et a été caractérisé par la présence d'arôme particulier. Concernant les paramètres organoleptiques, les arômes dont l'origine est maternelle, ont été les mêmes pour tous les hybrides.

MOTS-CLEFS: Cacaoyer, génotype, Familles d'hybrides, Caractéristiques physiques technologiques et sensorielles.

1 INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* Linn.) est un arbre originaire du bassin amazonien [1]. Sa culture a commencé en Amérique Centrale et s'est répandue successivement grâce aux civilisations Olmèques, Mayas et Aztèques [2]. L'utilisation des fèves de cacao remonte au moins à 1400 ans avant J.-C. [3] ou les anciennes civilisations l'utilisaient comme monnaie d'échange et nourriture des dieux. Le cacaoyer est cultivé essentiellement pour ses fèves qui servent à la fabrication du chocolat, de produits cosmétiques et pharmaceutiques [4], [5].

La Côte d'Ivoire est le leader mondial de production de cacao marchand devant le Ghana, l'Indonésie et le Brésil [6] avec une production record de 2 225 000 tonnes [7], soit environ 40% de l'offre mondiale. Le secteur du cacao contribue ainsi à hauteur de 15 % du produit intérieur brute (PIB) et 44 % des recettes d'exportations de la Côte d'Ivoire [8]. Il représente une importante source de devises pour les planteurs [9]. En effet, ce sont environ 6000 chefs d'exploitations qui vivent de façon directe ou indirecte des revenus de cette culture en Côte d'Ivoire.

Le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) a mis au point des variétés de cacao performantes. Les clones et les familles d'hybrides sont étudiés pour la production et pour la résistance aux aléas biotiques et abiotiques. Par contre, les études des aspects technologiques et physiques et sensorielles de ces clones et de leurs croisements n'ont souvent pas été suffisamment prises en compte par la recherche agronomique ivoirienne.

Dans le contexte actuel, où l'amélioration de la qualité sensorielle des fèves de cacao devient un axe de sélection de produit de qualités par les exportateurs et les chocolatiers, il est impérieux que la recherche ivoirienne s'attache à cet aspect. Le présent travail s'inscrit dans cette optique. Il vise à montrer l'effet de l'origine des pollens sur les caractères technologiques, physiques et sensoriels des différents matériels végétaux mise à l'épreuve.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé dans cette étude a été composé de 9 familles d'hybrides issues d'un factoriel 3 x 3 (**tableau 1**). Ce croisement factoriel a été composé de trois géniteurs femelles (C20, T79/501 et UPA 409) et trois géniteurs mâles (POR, C151-61 et IMC67), tous inter-compatible entre eux.

Les géniteurs femelles ont été localisés dans le jardin clonal WCF pour C20, le jardin clonal ICRAF pour T79/501 et dans le champ semencier AI4 pour UPA409.

Tableau 1. Plan de croisement factoriel 3 x 3 pour la création de 9 familles d'hybrides

		Géniteurs mâles		
		POR	C151-61	IMC67
Géniteurs femelles	C20	C20 X POR	C20 X C151-61	C20 X IMC67
	T79/501	T79 /501 X POR	T79 /501 X C151-61	T79 /501 X IMC67
	UPA409	UPA409 X POR	UPA409 X C151-61	UPA409 X IMC67

2.2 METHODES

2.2.1 PRODUCTION DE CABOSSES PAR POLLINISATION MANUELLE.

Pour cette étude, il faut au moins disposer de 250 cabosses par croisement. Pour ce faire, les pollens de chaque géniteur mâle serviront à la pollinisation manuelle de vingt-cinq (25) pieds de chacun des trois géniteurs femelles. Dans le but de garantir la légitimité des croisements, un isolement des boutons floraux des géniteurs femelles et mâles a été nécessaire avant la

pollinisation. L'isolement des boutons floraux a été fait avec des manchons fixés à l'arbre par une pâte à modeler pour garantir l'étanchéité du manchon. Le manchon a été constitué d'un tube en matière plastique d'environ 5cm dont l'une des extrémités est fixée à l'arbre et l'autre fermé avec un tissu. Pour la pollinisation manuelle, les grains de pollens du parent mâle ont été déposés sur le stigmate des fleurs du parent femelle. Trois jours après la pollinisation, les manchons ont été retirés. Une fois la pollinisation terminée, il s'en suit le processus de la fécondation qui aboutira à la formation de la cabosse cinq à six mois plus tard.

2.2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Pour l'étude des paramètres technologiques, le dispositif expérimental a été un bloc de Fisher de trois familles pour chacune des trois parcelles d'essai avec cinquante (50) cabosses par famille. Ces familles ont été les trois croisements du géniteur femelle C20 dans le jardin clonal WCF, les trois croisements du géniteur femelle T79/501 du jardin clonal ICRAF et les trois croisements du géniteur femelle UPA409 du champ semencier A14.

Pour l'étude des paramètres physiques, le dispositif expérimental a été un bloc de Fisher de neuf (9) familles avec trois répétitions de un kilogramme de fèves sèches par famille. Ces neuf familles ont été les neuf croisements de l'étude.

Pour l'étude des paramètres sensoriels, le dispositif expérimental a été un bloc de Fisher de neuf (9) familles avec huit (8) répétitions. Ces neuf familles ont été les échantillons de liqueur de cacao à déguster et les huit répétitions, les panelistes.

2.2.3 EVALUATION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES.

L'évaluation des paramètres technologiques du matériel végétal a porté sur le nombre et le poids de fèves fraîches normales par cabosse:

- Nombre de fèves fraîches normales par cabosse

Le nombre de fèves fraîches normales a été mesuré sur un échantillon de 50 cabosses par famille d'hybride;

- Le poids de fèves fraîches normales par cabosse

Le poids moyen des fèves fraîches par cabosses a été mesuré avec une balance de précision (Sartorius 0,2) sur un échantillon de 50 cabosses par famille d'hybride.

2.2.4 EVALUATION DES QUALITÉS PHYSIQUES.

Les qualités physiques du matériel végétal ont porté sur le grainage, l'homogénéité, l'arôme général et le taux d'impureté:

- Grainage

Le grainage a été mesuré par le poids moyen d'une fève de cacao marchand. Pour chaque matériel végétal utilisé, la détermination du grainage a consisté à prélever au hasard un échantillon de 100 fèves de cacao marchand et à les peser individuellement.

- Homogénéité

Elle a été évaluée sur une échelle de notation de 0 (hétérogène) à 10 (très homogène) par observation visuelle d'une quantité donnée de fèves de cacao marchandes (au moins 100 fèves). L'homogénéité peut être également donnée par l'écart-type du poids de 100 fèves pesées individuellement. Plus l'écart-type est faible, plus l'échantillon est homogène.

- Arôme général des fèves

L'arôme général des fèves est déterminé par olfaction d'une quantité aléatoire de fèves de cacao marchandes prises entre les deux mains et portées au niveau du nez pour en déterminer l'intensité aromatique qui s'en dégage. Les fèves sont senties tout en cherchant l'arôme et une note variant de 0 à 4 est attribuée:

- ✓ Absence d'arôme = 0
- ✓ Arôme faible = 1
- ✓ Arôme moyen = 2
- ✓ Arôme fort = 3.

2.2.5 EVALUATION DES QUALITES SENSORIELLES.

L'étude de la qualité sensorielle des fèves a été réalisée à Bingerville, au laboratoire d'analyse sensorielle du CNRA-SRT. Cette étape a consisté en la production des liqueurs et à la description des caractères organoleptiques:

2.2.5.1 PRODUCTION DE LA LIQUEUR OU MASSE DE CACAO.

Chaque échantillon de fèves de cacao marchand de chaque famille d'hybride séché à un taux d'humidité inférieur à 8,5% a été torréfié à une température et un temps précis. Ces fèves ont été broyées pour produire une liqueur onctueuse suivant le protocole établi et proposé par [10].

2.2.5.2 DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES DE LA LIQUEUR DE CACAO.

Un panel de dégustation a été constitué de huit (8) personnes formées et entraînées à évaluer les masses de cacao produites selon les exigences du Cocoa of Excellence (CoEX). Pour la dégustation, l'échantillon de liqueur pour chaque paneliste a été placé dans une vial en verre (Pyrex, France) avec une étiquette du code de la liqueur sur le bouchon. Les vials ont été placés à l'étuve à 50°C (température optimale pour ressentir les différents arômes) pendant 45min. Après ce temps, les vials ont été déposés devant chaque paneliste pour la dégustation et le renseignement de la fiche de notation. Une note de 0 à 10 (nombre entier et unique) a été attribuée en fonction de l'intensité des saveurs à évaluer pour chaque échantillon.

2.2.6 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les descendances ont été comparées par une analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification au seuil de 0.05%. Toute ANOVA significative a été suivi d'un test de Newman et Keuls (SNK) pour classer les hybrides en fonction du paramètre étudié. Par ailleurs des analyses multivariées ont été réalisées pour élucider la variabilité génétique de la population. En effet, une Analyse en Composante Principale (ACP) a d'abord été réalisée pour analyser la structuration génétique des hybrides suivant les deux premiers axes à forte contribution. Par la suite un dendrogramme a été élaboré en vue de mettre en évidence les relations phylogénétiques existantes entre le matériel végétal analysé.

3 RESULTATS

3.1 EVALUATION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES DES FEVES DE CACAO DE LA POLLINISATION MANUELLE

L'analyse de variance a montré une différence significative entre les neuf familles d'hybrides des croisements pour les caractères nombres de fèves fraîches normales (NFFN), poids de fèves fraîches normales (PFFN) par cabosses et poids d'une fève sèche (P1FS) (**Tableau 2**). Pour le nombre de fèves fraîches normales par cabosses (NFFN), la moyenne a été de 46,46 fèves avec un coefficient de variation de 17,45 %. Les croisements C20 X IMC67 avec 49,57 fèves et C20 X POR avec 49,17 fèves ont eu les nombre de fèves fraîches normales par cabosses (NFFN) les plus élevés. Par contre, les croisements T79/501 X IMC67 avec 42,13 fèves et T79/501 X C151-61 avec 42,67 fèves ont eu les plus petits nombres de fèves fraîches normales par cabosses (NFFN). En ce qui concerne le poids de fèves fraîches normales (PFFN), la moyenne a été de 136,04g avec un coefficient de variation de 21,92 %. Les croisements C20 X IMC67 avec 156,27g et C20 X C151-61 avec 148,80 g ont eu les poids de fèves fraîches normales (PFFN) les plus élevés. Par contre, le croisement T79/501 X C151-61 avec 116,13 g a eu le plus petit poids de fèves fraîches normales (PFFN). S'agissant du caractère poids d'une fève sèche (P1FS), la moyenne a été de 1,21 avec un coefficient de variation de 8,81 %. Le croisement UPA409 X IMC67 avec 1,26 g a eu le plus grand poids d'une fève sèche alors que, le croisement T79/501 X POR avec 1,11 g a eu le plus petit.

Tableau 2. Valeurs moyennes de paramètres agro technologiques analysés chez les 9 familles d'hybrides pollinisée

Croisements	Paramètres évalués		
	NFFN	PFFN	P1FS
T79/501 X POR	46,37±0,85ab	124,33±2,88bc	1,11±0,00f
T79/501 X C151-61	42,67±1,16b	116,13±4,23c	1,17±0,01e
T79/501 X IMC67	42,13±1,34b	122,87±4,80bc	1,21±0,01cd
C20 X POR	49,17±1,30a	143,80±4,41ab	1,22±0,01bcd
C20 X C151-61	48,23±1,20ab	148,80±4,44a	1,20±0,01de
C20 X IMC67	49,57±1,85a	156,27±7,97a	1,25±0,01ab
UPA409 X POR	45,47±2,06ab	141,33±8,28ab	1,18±0,01e
UPA409 X C151-61	46,23±1,87ab	127,50±5,67bc	1,24±0,01bac
UPA409 X IMC67	48,33±1,19ab	143,37±3,72ab	1,26±0,01a
Moyenne	46,46	136,04	1,21
CV	17,45	21,92	8,81
<i>P</i> ≤0.05	<0,0013	<0,0001	<0,0001

*Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %. P1FS (Poids d'une fève sèche).

3.2 CARACTERISATION SENSORIELLES DES 9 FAMILLES D'HYBRIDES

3.2.1 EVALUATION DES QUALITES PHYSIQUES DE 9 FAMILLES D'HYBRIDES ISSUES DE LA POLLINISATION MANUELLE

Les échantillons de fèves de cacao marchand des familles d'hybrides ont eu des taux d'humidité qui ont variés de 6,7 à 8,4 %.

L'analyse de variance a montré une différence non significative pour la note d'homogénéité (Tableau 3). Pour la note d'homogénéité, elle a varié de 8,40 à 7,00 avec une moyenne de 7,75. Toutes les familles ont présentes l'arôme cacao avec des notes variant de 1 à 2. Trois autres arômes ont été révélés chez trois familles. Ces familles ont été T79/501 X IMC67 avec l'arôme herbe et la note 1, C20 X POR avec l'arôme vinaigre et la note 2 et C20 X C151-61 avec l'arôme fruité et la note 1 (Tableau 3 et 4).

Tableau 3. Valeurs moyennes (± écart type) de paramètres physiques analysés chez les 9 familles d'hybrides pollinisée

Croisements	Caractères physiques
	Note d'homogénéité (0-10)
T79/501 X POR	8,03±0,58a
T79/501 X C151-61	8,40±0,33a
T79/501 X IMC67	7,66±0,33a
C20 X POR	8,33±0,33a
C20 X C151-61	8,00±0,58a
C20 X IMC67	8,00±0,58a
UPA409 X POR	7,00±0,57a
UPA409 X C151-61	7,00±0,100a
UPA409 X IMC67	7,33±0,67a
Moyenne	7,75±1,03
CV	13,10
<i>P</i> ≤0.05	<0,5904

*Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %. P1FS (Poids d'une fève sèche).

Tableau 4. Aromes détectées chez les 9 familles d'hybrides pollinisée

Croisements	Arôme 1	Note1	Arôme2	Note2
T79/501 X POR	Cacao	2		
T79/501 X C151-61	Cacao	1		
T79/501 X IMC67	Cacao	1	Herbal	1
C20 X POR	Cacao	2		
C20 X C151-61	Cacao	2	Vinaigre	2
C20 X IMC67	Cacao	2	Fruité	1
UPA409 X POR	Cacao	2		
UPA409 X C151-61	Cacao	2		
UPA409 X IMC67	Cacao	2		

*Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %. P1F5 (Poids d'une fève sèche).

3.2.2 EVALUATION DE CHAQUE CARACTERE ORGANOLEPTIQUE DE 9 FAMILLES D'HYBRIDES.

L'analyse de la variance sur le paramètre étudié à indiquer une différence très hautement significative ($Pr < 0,0001$) entre les neuf familles pour les descripteurs "Acidité" "Amertume"; et une homogénéité entre elle pour les descripteurs "cacao, astringence, fruit frais, fruit doré, floral, boisé, épicé et noix " et la note globale (Tableau 5).

Pour l'acidité, la note moyenne a été de 1,44 avec un coefficient de variation des données transformés de 24,86 %. Les croisements UPA409 X C151-61 (2,33), UPA409 X IMC67 (2,32) et T79/501 X IMC67 (2,00) ont eu les plus fortes notes d'acidité. Par contre, le croisement C20 X IMC67 (0,50) a eu la plus petite note d'acidité. S'agissant de l'amertume, La note moyenne a été de 4,49 avec un coefficient de variation de 15,06 %. Le croisement C20 X C151-61 (5,14) a eu la plus forte note d'amertume. Par contre, le croisement T79/501 X C151-61 (3,93) a eu la plus petite note d'amertume. Concernant les descripteurs qui ont présentés une homogénéité entre les croisements, les notes ont variés de 6,64 à 5,33 avec une moyenne de 5,98 pour le descripteur cacao, de 4,91 à 3,86 avec une moyenne de 4,47 pour le descripteur astringence, de 2,00 à 0,54 avec une moyenne de 1,13 pour le descripteur fruit frais, de 1,74 à 0,97 avec une moyenne de 1,36 pour le descripteur fruit doré, de 2,23 à 1,10 avec une moyenne de 1,67 pour le descripteur floral, de 2,15 à 1,15 avec une moyenne de 1,84 pour le descripteur boisé, de 1,17 à 0,71 avec une moyenne de 0,99 pour le descripteur épicé et de 1,84 à 0,82 avec une moyenne de 1,33 pour le descripteur noix. La note globale des croisements a variée 7,50 à 6,33 avec une moyenne de 6,85 (Tableau 5).

Tableau 5. Evaluation sensorielle de 9 familles d'hybrides par un panel

Croisement	Cacao	Acidité	Amertume	Astringence	Fruit frais	Fruit doré	Floral	Boisé	Épicé	Noix	Note globale
T79/501 X POR	5,84±1,21a	0,98±0,58ab	4,02±0,81ab	4,32±0,47a	0,83±0,64a	0,97±0,52a	1,51±0,48a	1,69±0,47a	0,71±0,49a	1,08±0,61a	6,60±0,89a
T79/501 X C151-61	6,64±0,93a	0,83±0,69ab	3,93±0,44b	4,46±0,38a	0,90±0,90a	1,56±0,66a	1,29±0,71a	2,03±0,35a	0,97±0,52a	1,73±0,99a	6,91±0,61a
T79/501 X IMC67	5,33±0,94a	2,00±0,82a	5,00±0,50ab	4,91±0,73a	0,97±0,97a	1,13±0,30a	1,10±0,83a	1,70±0,98a	1,13±0,65a	1,12±0,65a	6,33±0,55a
C20 X POR	6,00±0,82a	1,57±1,27ab	4,50±0,87ab	3,86±0,69a	1,51±1,33a	1,11±0,65a	1,88±1,13a	1,46±0,88a	0,97±0,52a	1,33±0,98a	7,50±1,04a
C20 X C151-61	5,50±0,64a	1,14±0,69ab	5,14±0,85a	4,64±0,74a	1,20±1,40a	1,22±0,86a	2,32±1,25a	2,02±0,62a	1,11±0,65a	1,60±0,66a	6,64±0,69a
C20 X IMC67	6,34±0,47a	0,50±0,50b	4,17±0,89ab	4,48±0,76a	0,69±0,70a	1,34±0,42a	2,07±0,91a	1,65±0,45a	0,85±0,69a	0,82±0,63a	7,24±0,38a
UPA409 X POR	6,50±0,50a	1,28±1,25ab	4,42±0,44ab	4,14±0,62a	0,54±0,72a	1,74±0,61a	1,62±0,67a	1,77±0,62a	0,97±0,52a	1,84±0,91a	7,07±0,83a
UPA409 X C151-61	6,00±0,82a	2,33±1,10a	4,57±0,53ab	4,74±0,56a	2,00±0,36a	1,43±0,44a	1,53±1,16a	2,05±0,62a	1,00±0,58a	1,00±0,82a	6,83±0,24a
UPA409 X IMC67	5,91±0,97a	2,32±0,94a	4,66±0,47ab	4,83±0,74a	1,56±0,71a	1,70±0,32a	1,86±0,52a	2,15±0,45a	1,17±0,69a	1,40±0,40a	6,50±0,58a
Moyenne	5,98±0,84	1,44±0,91	4,49±0,68	4,47±0,65	1,13±0,92	1,36±0,56	1,69±0,89	1,84±0,64	0,99±0,59	1,33±0,76	6,85±0,69
CV	14,10	63,35	15,06	14,52	80,83	41,34	52,96	34,82	60,15	57,48	10,04
$P \leq 0,05$	<0.16	<0.0018	<0.0180	<0.0592	<0.0824	<0.1366	<0.2616	<0.4807	<0.9148	<0.2000	<0.0525

3.2.3 EVALUATION DE SAVEURS PARTICULIERES DE 9 FAMILLES D'HYBRIDES.

Pour le cacao, les saveurs particulières sont déterminées à partir du barème établi par «Cocoa of Excellence » pour tous les descripteurs (Fig. 1). Ainsi, sur la base des résultats de dégustation du panel (Tableau 4), seuls les descripteurs «fruits frais,

fruit doré, floral, épicé et noix » ont présenté des notes supérieures à la norme selon « Cocoa of Excellence » (Tableau5). Pour le descripteur fruits frais, tous les hybrides ont eu des valeurs supérieures à la norme. Pour le descripteur fruit doré, les hybrides T79/501 X C151-61, T79/501 X IMC67, C20 X C151-61, C20 X IMC67 et les 3 hybrides du parent femelle UPA409, ont eu des valeurs supérieures à la norme. Pour le descripteur floral, les 3 hybrides du parent femelle C20, UPA409 X POR et UPA409 X IMC67 ont eu des valeurs supérieures à la norme. Pour le descripteur épicé, les hybrides T79/501 X IMC67 et UPA409 X IMC67 ont eu des valeurs supérieures à la norme. Pour le descripteur noix, les 3 hybrides du parent femelle T79/501, C20 X POR, C20 X C151-61 et les 3 hybrides du parent femelle UPA409 ont eu des valeurs supérieures à la norme (Tableau 5).

- Référence du cacao de Côte d'Ivoire selon Cocoa of Excellence

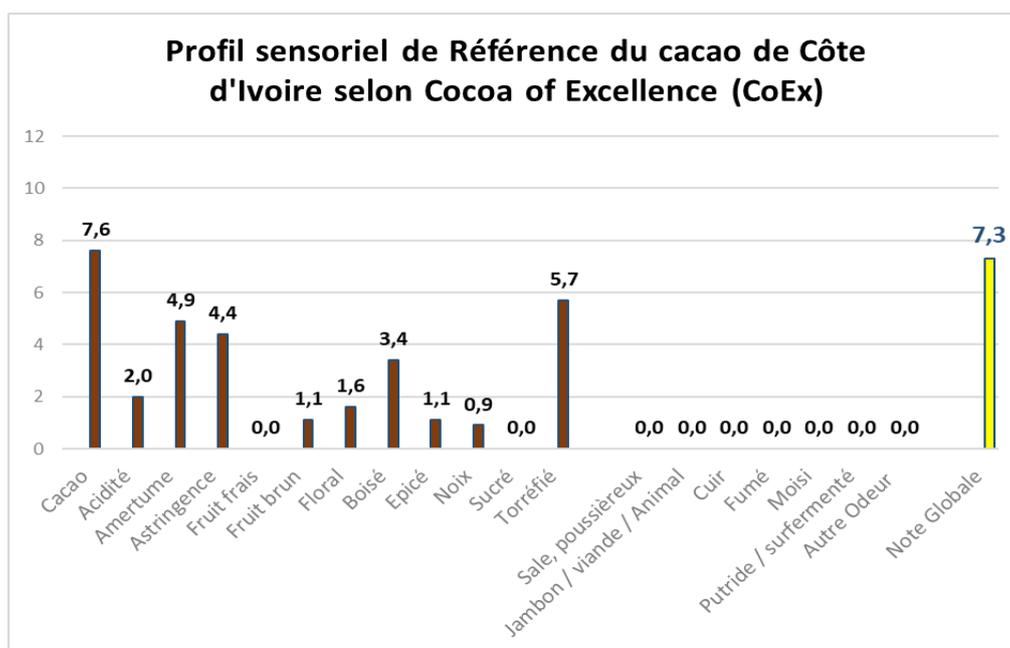


Fig. 1. Profil sensoriel de référence du cacao de Côte d'Ivoire selon Cocoa of Excellence

3.2.4 SAVEURS PARTICULIERES DETECTEES CHEZ LES 9 FAMILLES D'HYBRIDES.

Sur la base des résultats de dégustation du panel, les descripteurs: fruits frais, fruit doré, floral, Epicé et noir ont présentés des notes supérieurs à la norme selon Cocoa of Excellence (Tableau 6).

Tableau 6. Saveurs particulières détectées chez les 9 familles d'hybrides selon les normes de Cocoa of Excellence

Croisements	Fruits frais		Fruit doré		Floral		Epicé		Noir	
	Valeur	Norme	Valeur	Norme	Valeur	Norme	Valeur	Norme	Valeur	Norme
T79/501 X POR	0,8	00	0,97	1,1	1,51	1,6	0,71	1,1	1,08	0,9
T79/501 X C151-61	0,9	00	1,56	1,1	1,29	1,6	0,97	1,1	1,73	0,9
T79/501 X IMC67	0,97	00	1,13	1,1	1,10	1,6	1,13	1,1	1,12	0,9
C20 X POR	1,51	00	1,11	1,1	1,88	1,6	0,97	1,1	1,33	0,9
C20 X C151-61	1,2	00	1,22	1,1	2,32	1,6	1,11	1,1	1,6	0,9
C20 X IMC67	0,69	00	1,34	1,1	2,07	1,6	0,85	1,1	0,82	0,9
UPA409 X POR	0,54	00	1,74	1,1	1,62	1,6	0,97	1,1	1,84	0,9
UPA409 X C151-61	2	00	1,43	1,1	1,53	1,6	1,00	1,1	1	0,9
UPA409 X IMC67	1,56	00	1,70	1,1	1,86	1,6	1,17	1,1	1,40	0,9

Valeur: valeur supérieur à la norme

3.2.5 REPARTITION DES 9 FAMILLES D'HYBRIDES SUIVANT LEURS CARACTERES ORGANOLEPTIQUES

L'analyse en composantes principales (ACP) des 9 familles d'hybrides par pollinisation manuelle (**Fig.2**) a montré une représentation de 62,42 % des données initiale. La composante 1 (CP1) a monté 40,50% et la composante 2 (CP2) 21,92% de l'inertie globale. La composante principal 1 a été influencée par l'acidité, l'amertume, fruit frais, épicé, boisé et astringence. Les croisements UPA409 X IMC67, UPA409 X C151-61, T79/501 X IMC67, C20 X IMC67 et C20 X C151-61 ont été bien représenté sur la CP1. La composante principal 2 a été influencée par fruit doré, noisette, floral et cacao. Les croisements T79/501 X C151-61 et UPA409 X POR, ont été bien représentés sur la CP2.

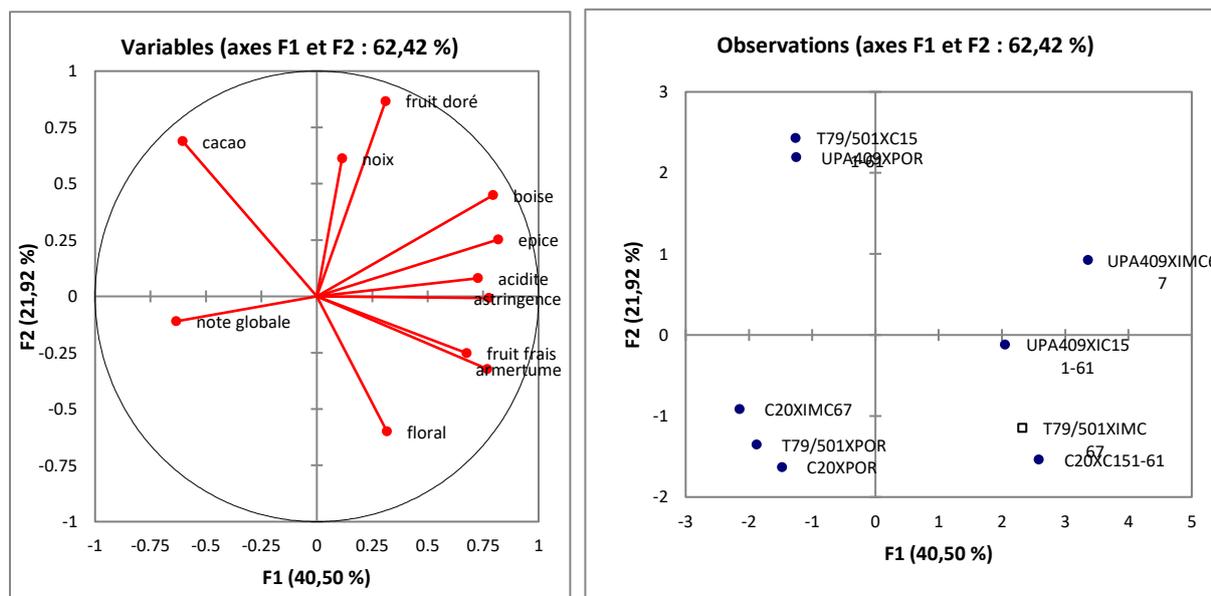


Fig. 2. Analyse en composantes principales des 9 familles d'hybrides suivant leurs caractères organoleptiques

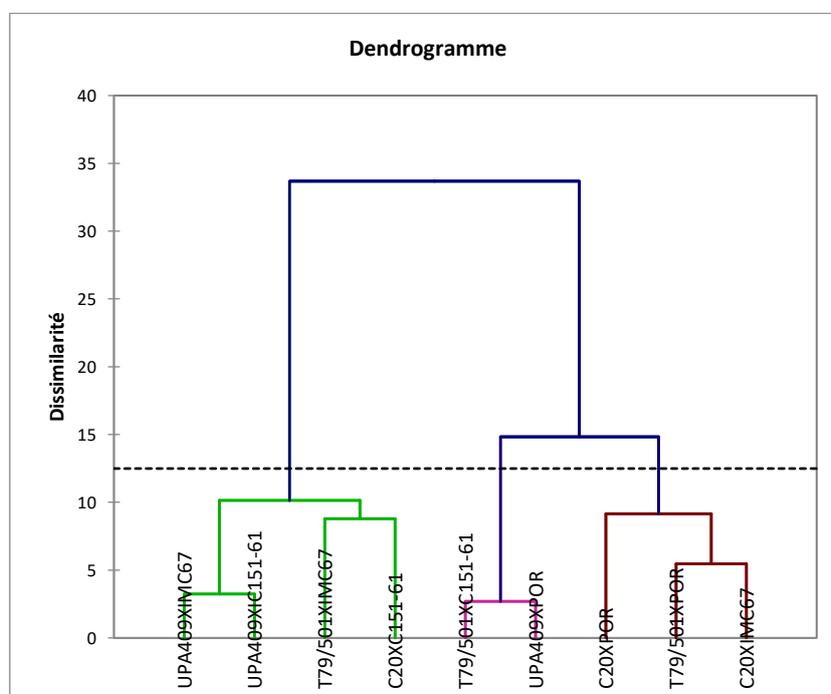


Fig. 3. Classification ascendante hiérarchique des 9 familles d'hybrides suivant leurs caractères organoleptiques

L'analyse en composante principale (ACP) et Une classification hiérarchique ascendante (CAH) à la troncature 13 ont constituées trois groupes de familles. Le groupe 1 a été composé de C20 X IMC67, T79/501 X POR et de C20 X POR. Le groupe 2 a été composé d'UPA409 X POR et T79/501 X C151-61. Le groupe 3 a été composé de C20 X C151-61, T79/501 X IMC67, UPA409 X C151-61 et UPA409 X IMC67 (Fig 2 et 3).

4 DISCUSSION

Au plan technologique, Les résultats ont montré que le nombre de fèves fraîches normales par cabosse (NFFN) a varié de 42,13 à 49,57 fèves. Ces résultats sont au-delà des normes élaborées par le conseil café-cacao (édition février, 2015) recommandant que le nombre de fèves moyen d'une cabosse soit compris entre 30 et 40 fèves. Le nombre élevé des fèves fraîches normales par cabosse est essentiellement dû à la pollinisation manuelle effectuée dans cette étude. La pollinisation manuelle augmente le nombre de fèves fraîches normales par cabosse [11]. Selon les résultats, Les croisements du géniteur femelle T79/501 ont donné des nombres de fèves fraîches normales par cabosse qui ont varié de 42,13 à 46,37; ceux du géniteur femelle C20 ont donné des nombres de fèves fraîches normales par cabosse qui ont varié de 48,23 à 49,57 et ceux du géniteur femelle UPA409 ont donné des nombres de fèves fraîches normales par cabosse qui ont varié de 45,47 à 48,33. Les croisements C20 X IMC67 avec 49,57 fèves et C20 X POR avec 49,17 fèves ont eu le nombre de fèves fraîches normales par cabosses (NFFN) les plus élevés. Par contre, les croisements T79/501 X IMC67 avec 42,13 fèves et T79/501 X C151-61 avec 42,67 fèves ont eu les plus petits nombres de fèves fraîches normales par cabosses. Les croisements du géniteur femelle UPA409 ont eu le même nombre de fèves fraîches par cabosse. Les géniteurs femelles semblent avoir influencé le nombre de fèves fraîches normales par cabosses. Par conséquent, l'origine du grain de pollen n'a pas agi sur ce paramètre. Ces résultats sont en contradiction avec les travaux de pollinisation manuelle contrôlés de [12], [13] qui ont montré que le nombre de fèves par cabosse des hybrides issus du clone femelle SCA6 dépendait de l'origine génétique du pollen. S'agissant du poids de fèves fraîches normales par cabosse (PFFN), les résultats ont montré que les croisements C20 X IMC67 avec 156,27g et C20 X C151-61 avec 148,80 g ont eu les plus grandes valeurs. Par conséquent, le géniteur femelle C20 aurait influencé le poids de fèves fraîches normales par cabosse. Les croisements des géniteurs femelles T79/501 et UPA409 appartiennent au même groupe. De ce fait l'origine génétique du grain de pollen n'a pas agi sur ce paramètre. Quant au poids d'une fève sèche (P1FS) de cacao marchand les résultats du ont montré que les valeurs ont varié de 1,11 à 1,26 g. Ces résultats sont en accord avec [14] qui ont montré que le poids d'une fève sèche de 1 g est le poids minimum recherché sur le marché international par les industries chocolatiers. Les croisements du géniteur femelle C20, d'UPA 409 croisé par C151-61 et IMC67 et de T79/501 x IMC67, ont présenté le poids d'une fève sèche supérieur à 1,20 g. Par contre les croisements du géniteur femelle T79/501 croisé par POR et C151-61 et ceux d'UPA 409 x POR ont présenté le poids d'une fève sèche compris entre 1,11 et 1,18 g. Le croisement UPA409 X IMC67 avec 1,26 g a eu le plus grand poids d'une fève sèche alors que le croisement T79/501 X POR avec 1,11 g a eu le plus petit. Pour chacun des géniteurs femelles, les croisements ont été hétérogènes. Par conséquent, l'origine génétique du grain de pollen a agi sur le poids d'une fève sèche (P1FS) de cacao marchand.

Pour les caractères physiques, les taux d'humidité des échantillons de fèves de cacao marchand ont variés de 6,7 à 8,4. Ces résultats ont été inférieurs à 8,5 % seuil recommandé par les normes internationales [10]. Les travaux de [15] et de [16] ont montrés que des taux d'humidités compris entre 6 et 8,5% étaient la norme pour les fèves de cacao séchées dans les conditions naturelles. La moyenne du poids d'une fève sèche de cacao marchand a été de 1,31g. Les croisements C20 X C151-61 avec 1,65 g, a eu le poids d'une fève sèche le plus élevé alors que le croisement T79/501 X C151-61 avec 1,13 g a eu le poids le plus faible. La valeur moyenne du poids d'une fève sèche de cacao marchand a été supérieure à celle de la norme industrielle qui est de 1 g pour 1 fève de cacao marchand. Par ailleurs, selon [17], les cacaoyers dont le poids moyen d'une fève de cacao marchand est compris entre 1,48 g et 1,30 g peuvent être considérés comme présentant un bon grainage. Selon [18], la masse moyenne d'une fève sèche de 1,05 g est la valeur minimale recherchée par les chocolatiers. Sur cette base, Tous les croisements de l'étude ont présentés un bon grainage et une altitude favorable à la chocolaterie. Le géniteur male C151-61 dont le croisement avec le géniteur femelle C20 a donné le poids d'une fève sèche le plus élevé et avec le géniteur femelle T79/501, le poids d'une fève sèche le plus bas n'a pas eu d'effet sur ces croisements. Seuls les géniteurs femelles semblent avoir influencé ces croisements. Ainsi, le géniteur femelle C20 aurait contribué à l'obtention du poids d'une fève sèche le plus élevé. Les performances du géniteur femelle C20 en matière de poids de fève, ont été signalées par [19]. L'homogénéité n'a pas été la même pour tous les échantillons au niveau du matériel végétal testé, les notes allant de 7 à 8 sur une échelle de 0 à 10. Si certains matériels ont été caractérisés par une absence totale d'arôme particulière, d'autres ont présenté au-delà de l'arôme cacao au moins un arôme particulier qui a été le vinaigre, le fruité et l'herbe. Les familles d'hybrides C20 X C151-61 (vinaigre), C20 X IMC67 (fruité) et le T79/501 X IMC67 (herbe) ont en particulier été caractérisés par la présence des deux arômes à la fois.

Relativement à la qualité sensorielle du matériel végétal étudié, L'analyse de la variance sur le paramètre étudié à indiquer une différence significative entre les neuf familles pour les descripteurs "Acidité"; "Amertume"; et une homogénéité entre elle pour les descripteurs "cacao, astringence, fruit frais, fruit doré, floral, boisé, épicé et noix ". Ainsi, les hybrides mis à l'épreuve ont présenté presque le même profil sensoriel pour huit (8) descripteurs sur dix. Les géniteurs mâles et femelles ont soit le même profil sensoriel soit ils n'ont pas d'effet sur les croisements pour ces descripteurs. Pour [20], l'origine génétique du pollen a un faible impact sur le profil sensoriel des hybrides ayant le même parent femelle. Pour ces auteurs, l'homogénéité de l'origine du pollen a été signalée pour les hybrides de chaque parent femelle. Cela suggère que les parents mâles ont peu ou pas d'effet sur ces profils. Les tests sensoriels des hybrides sont effectués sur des liqueurs de cacao issu de cotylédons des fèves. Bien que le cotylédon soit issu de la fusion des deux gamètes femelle et mâle, le profil sensoriel de celui-ci est majoritairement influencé par le mucilage ou la pulpe qui l'entourent. Ce mucilage et cette pulpe sont issus d'une héritabilité maternelle [21]. Bien que l'origine maternelle influence l'arôme du cotylédon, la maîtrise des techniques post récolte à un effet sur l'expression de cet arôme [22]. Les résultats ont également montré que chez les descripteurs "Acidité" et "Amertume", les neuf hybrides testés ont eu des réactions différentes. Pour le même géniteur femelle, une différence entre les hybrides est imputable au mâle. Les résultats ont enfin montré que les 3 hybrides du parent femelle UPA409 pour le descripteur fruit doré, les 3 hybrides du parent femelle C20 pour le descripteur floral et les 3 hybrides de chacun des parents femelles T79/501 et UPA409 pour le descripteur noix, ont eu des valeurs supérieures à la norme des saveurs particulières. Ceci montre que ces femelles ont influencé ces saveurs au niveau de ces descripteurs.

5 CONCLUSION

Les trois géniteurs mâles POR, C151-61 et IMC67 ont influencé le nombre de fèves normales dans les croisements avec les parents femelles T79/501 et C20. Par contre, le parent femelle UPA409 a neutralisé dans ses croisements, les effets de ces géniteurs mâles sur cette variable. Les trois géniteurs mâles ont également influencé le poids de fèves fraîches dans le croisement avec le parent femelle T79/501. Cependant, les parents femelles C20 et UPA409 ont neutralisé dans leurs croisements, les effets de ces géniteurs mâles sur cette variable.

Relativement à la qualité sensorielle, à l'exception de l'acidité et de l'amertume où les géniteurs mâles ont eu une influence, il y a eu une homogénéité entre les hybrides, donc aucun effet du géniteur mâle, pour les autres paramètres organoleptiques. L'arôme du cotylédon du cacao, issu du mucilage, a une origine maternelle. Ainsi, la saveur particulière du descripteur « fruit doré » a été influencée par le parent femelle UPA409, celle du descripteur « floral », par le parent femelle C20 et celle du descripteur noix, par les parents femelles T79/501 et UPA409.

Ainsi, le grain de pollens a eu un effet sur les variables nombres de fèves et poids de fèves. Par contre, les parents femelles ont influencé les caractères sensoriels.

REFERENCES

- [1] L. Aké Assi, Flore de la côte d'Ivoire. Catalogue systématique, biogéographie et écologie, tome II, Boissiera 58, Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, Genève, Suisse, 401p, 2002.
- [2] J.C. Motamayor, A.M. Risterucci, P.A. Lopez, C.F. Ortiz, A. Moreno, et C. Lanaud, Domestication du cacao I: l'origine du cacao cultivé par les Mayas. *Hérédité* 89, 308-386, 2002.
- [3] S. Rössner, «Chocolate – divine food, fattening junk or nutritious supplementation ?» *European Journal of Clinical Nutrition* 51 (6): 341–345, 1997.
- [4] J.A. Moscatto, S.H. Prudêncio-Ferreira et M.C.O. Haully, Repas de yacon et ingrédients d'inuline. Dans la préparation du gâteau au chocolat. *Giência et Tecnologia de Alimentos*, 24: 634-640, 2004.
- [5] T.S. Guehi, M. Dingkuhn, E. Cros, G. Foumy, R. Ratomahenina, G. Moulin, et A. Clement, Identification et capacité de production de lipase des moisissures isolées à partir de fèves de cacao crues ivoiriennes. *Revue de recherche en sciences biologiques appliquées*, 3: 838-843, 2007.
- [6] M. Franzen et M.B. Mulder, Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodiversity and Conservation*, 16: 3835-3849, 2007.
- [7] ICCO, International Cocoa Organization, Bulletin trimestriel des statistiques du cacao, année cacaoyère 2019/2020, 2020.
- [8] ICCO, International Cocoa Organization, Quarterly bulletin of Cocoa statistics, vol, No. 4, Cocoa year 2012/2013, 2014.
- [9] P. Lachenaud, A. Eskes, J.A.K. N'Goran, D. Clement, I. Kébé, M. Tahi et C. Cilas, Premier cycle de sélection récurrente en Côte d'Ivoire et choix des géniteurs du second cycle. In: 13ème Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, Kota Kinabalu, Malaisie, 11 pages, 2000.

- [10] CAOBISCO/ECA/FCC, Fèves de cacao: Exigences de qualité de l'industrie du chocolat et du cacao. End, M.J. et Dand, R. éditeurs 104p, 2015.
- [11] Hurtado, Effets de la pollinisation contrôlée sur la production de cacao. 8ème conférence interaméricaine, Californie, Trinité-et-Tobago, pp. 109-115, 1960.
- [12] P. Lachenaud, Facteurs De La Fructification Chez Le Cacaoyer (*Theobroma Cacao L.*): Influence sur le Nombre De Graines Par Fruit. Thèse de Doctorat Institut National Agronomique, Paris, p. 188, 1991.
- [13] P. Lachenaud, Variations du nombre de fèves par gousse chez (*Theobroma cacao L.*) en Côte d'Ivoire. I. Le rôle du pollen. *J. Hort. Sci.* 69, 1123-1129, 1994.
- [14] G.A.R. Wood et R.A. Lass, *Cocoa* (4th edition). Tropical agriculture series, Longman, LONDON. (620 p), 1985.
- [15] B. Zahouli, S.T. Guehi, G. Irie, A.M. Fae, L. Ban-Koffi, et J.G. Nemlin, Effet des méthodes de séchage sur les caractéristiques de qualité chimique de la matière première du cacao. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2 (4): 184–90, 2010.
- [16] K. Lainé, «Survey of farming practices on cocoa farms in Côte d'Ivoire.» Rapport d'étude de terrain: 28 p, 2001.
- [17] C.J. Turnbull et A.B. Eskes, Une aide visuelle pour identifier les accessions de cacao largement distribuées. CFC, Amsterdam, Pays-Bas / ICCO, Londres, Royaume-Uni / Bioversity International, Rome, Italie, 2010.
- [18] B. Adomako, Y. Adu-Ampomah, Caractéristiques des haricots des descendances du cacaoyer de la haute Amazonie au Ghana. *Agriculture tropicale*, (Trinité). 80 (1), 41-47, 2003.
- [19] C. Lanaud, O. Sounigo, Y.K. Amefia, D. Paulin, P. Lachenaud, et D. Clément. Nouvelles données sur le fonctionnement du système d'incompatibilité du cacaoyer et ses conséquences pour la sélection, 1987.
- [20] A.D. Sukha, P. Umaharan et D.R. Butler, L'impact du donneur de pollen sur la saveur du cacao. *Société américaine des sciences horticoles*, 142 (1), 13–19, 2017.
- [21] W. Fang, L. Meinhardt, S. Mischke, C.M. Bellato, L. Motilal, et D. Zhang, La détermination précise de l'identité génétique d'une seule fève de cacao, à l'aide de marqueurs moléculaires avec un système nanofluidique, garantit l'authentification du cacao. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 481–487, 2014.
- [22] A.B Eskes, D. Ahnert, L.C Garcia, Seguine, E., Assemat, S., Guarda, D. et Garcia P.R. Preuves de l'effet de l'environnement aromatique de la pulpe de cacao pendant la fermentation sur le profil aromatique des chocolats, 2012.