



REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE  
*Union-Discipline-Travail*

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique



ANNEE : 2017-2018

N° D'ORDRE :

.....

CANDIDAT

NOM: KOUASSI

PRENOMS : KOUAME Antoine

Soutenue publiquement  
le...02/08/2019.....

## THESE

Pour l'obtention du grade de Docteur de  
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

Mention : Agriculture et foresterie tropicale

**Spécialité: Biochimie et Nutrition**

Etude de la valeur nutritive de la pulpe de fruits  
de trois espèces fruitières sauvages comestibles  
en Côte d'Ivoire et Caractérisation biochimique  
et sensorielle des nectars dérivés : *Adansonia*  
*digitata* L. (Baobab), *Tamarindus indica* L.  
(Tomé) et *Parkia biglobosa* L. (Néré)

### Jury

**Présidente** : Mm. TIDOU Abiba Sanogo épouse  
KONE, Professeur Titulaire, Université Jean  
Lorougnon GUEDE

**Directeur** : M. BEUGRE Grah Maxwell, Maître de  
Conférences, Université Jean Lorougnon  
GUEDE

**Rapporteur** : M. ANGAMAN Djédoux Maxime,  
Maître de Conférences, Université Jean  
Lorougnon GUEDE

**Examineurs** :- M. KONATE Ibrahim, Maître de  
Conférences, Université Jean Lorougnon  
GUEDE

- M. KRA Kouassi Aboutou Sévérin,  
Maître de Conférences, Université Felix-  
Houphouët BOIGNY

## TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	I
DEDICACE.....	VII
REMERCIEMENTS .....	VIII
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	XI
LISTE DES TABLEAUX .....	XII
LISTE DES FIGURES.....	XVI
LISTE DES ANNEXES .....	XVIII
INTRODUCTION .....	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
I. GENERALITES SUR LES PLANTES SAUVAGES A PRODUCTION FRUITIERE .....	6
1. Définition.....	6
2. Importance alimentaire .....	6
3. Importance nutritionnelle .....	7
4. Importance socio-économique.....	8
5. Pression économique et démographique sur les fruitiers sauvages .....	8
6. Plantes sauvages à production fruitière en Côte d'Ivoire.....	10
7. Modes d'utilisation des fruits sauvages en Côte d'Ivoire .....	11
II. FRUITIERS SAUVAGES A CONSOMMATION SOUS FORME DE BOISSONS FRAICHES EN COTE D'IVOIRE .....	12
1. <i>Adansonia digitata</i> L. ( <i>Bombacaceae</i> ).....	12
1.1. Historique .....	12
1.2. Description botanique .....	13
1.2.1. Taxonomie.....	13
1.2.2. Arbre .....	13
1.3. Répartition agro-écologique.....	16
1.4. Usage alimentaire de la pulpe des fruits.....	18
1.5. Propriétés nutritionnelles de la pulpe des fruits .....	19
1.6. Transformation de la pulpe en nectar .....	20
2. <i>Tamarindus indica</i> L ( <i>Caesalpinioideae</i> ).....	23
2.1. Historique .....	23
2.2. Description botanique .....	23
2.2.1. Taxonomie.....	23

2.2.2. Arbre .....	24
2.3. Répartition agro-écologique.....	26
2.4. Usage alimentaire de la pulpe des fruits.....	28
2.5. Propriétés nutritionnelles de la pulpe des fruits .....	29
2.6. Transformation de la pulpe en nectar .....	31
3. <i>Parkia biglobosa</i> L ( <i>Mimosoideae</i> ) .....	33
3.1. Historique .....	33
3.2. Description botanique .....	33
3.2.1. Taxonomie.....	33
3.2.2. Arbre .....	33
3.3. Répartition agro-écologique.....	36
3.4. Usage alimentaire de la pulpe des fruits.....	38
3.5. Propriétés nutritionnelles de la pulpe des fruits .....	39
3.6. Transformation de la pulpe en nectar .....	40
III. VALEURS NUTRITIVES DES NECTARS DE BAOBAB, TOMI ET NERE .....	42
MATERIEL ET METHODES.....	43
I. Matériel.....	44
1. Matériel végétal .....	44
2. Matériel technique .....	45
II. METHODES .....	45
1. Méthodes d'échantillonnage et de collecte des fruits .....	45
2. Traitement des échantillons.....	47
3. Méthodes d'élaboration des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	47
3.1. Nectar de Baobab .....	47
3.2. Nectar de Tomi .....	47
3.3. Nectar de Néré .....	48
4. Analyses physico-chimiques des pulpes et des nectars élaborés .....	50
4.1. Humidité et matière sèche .....	50
4.2. Cendres .....	50
4.3. Détermination de la teneur en protéines .....	50
4.4. Détermination de la teneur en lipides .....	52
4.5. Détermination des sucres simples .....	52
4.5.1. Extraction .....	52

4.5.2. Identification et quantification.....	53
4.6. pH et acidité titrable .....	53
4.7. Fibres .....	53
4.8. Glucides totaux .....	54
4.9. Sucres totaux .....	54
4.10. Valeur énergétique .....	54
4.11. Dosage des phénols totaux.....	54
4.12. Détermination des teneurs en oxalates .....	55
4.13. Détermination des teneurs en tanins .....	55
4.14. Détermination des teneurs en flavonoïdes .....	56
4.15. Détermination des vitamines .....	56
4.15.1. Dosage de la vitamine A .....	56
4.15.1.1. Extraction de la vitamine A .....	56
4.15.1.2. Identification et quantification .....	56
4.15.2. Dosage de la vitamine C.....	57
4.15.2.1. Extraction de la vitamine C .....	57
4.15.2.2. Identification et quantification .....	57
4.16. Détermination des acides organiques .....	58
4.16.1. Extraction des acides organiques .....	58
4.16.2. Identification et quantification .....	58
4.17. Détermination des minéraux .....	58
4.18. Détermination des composés phénoliques .....	59
4.18.1. Extraction des composés phénoliques .....	59
4.18.2. Identification et quantification .....	59
5. Analyses microbiologiques des trois nectars élaborés.....	60
5.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles (GAM) .....	60
5.2. Dénombrement des levures .....	60
5.3. Dénombrement des moisissures .....	60
5.4. Dénombrement des bactéries Anaérobies Sulfito Réductrices (ASR) .....	61
5.5. Dénombrement de <i>Escherichia coli</i> .....	61
5.6. Dénombrement des salmonelles .....	61
5.7. Dénombrement des staphylocoques pathogènes .....	61
5.8. Dénombrement des <i>Clostridium</i> .....	62

5.9. Comptage des colonies des microorganismes .....	62
6. Traitement thermique : Pasteurisation .....	62
7. Caractérisation des profils sensoriels des trois nectars élaborés .....	62
7.1. Formation du jury .....	63
7.2. Sélection des échantillons et des descripteurs .....	63
7.3. Analyse descriptive .....	63
8. Détermination des index et charges glycémiques des trois nectars élaborés.....	65
8.1. Recrutement des volontaires .....	65
8.2. Réalisation des tests d'hyperglycémies provoquées par voie orale .....	65
8.3. Calcul de l'aire sous la courbe .....	65
8.4. Calcul de l'index glycémique (IG) et leur classification .....	65
8.5. Calcul de la charge glycémique (CG) et leur classification.....	66
9. Amélioration du profil sensoriel du nectar de Néré .....	66
9.1. Production de nectars de Néré améliorés .....	66
9.2. Test de dégustation et ajustement du taux de sucre .....	67
10. Traitements statistiques de données .....	67
RESULTATS ET DISCUSSION .....	69
CHAPITRE I: CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DE LA PULPE DES FRUITS DE BAOBAB, TOMI ET NERE.....	70
I. RESULTATS.....	70
1. Caractérisation biochimique des pulpes des trois fruits .....	70
1.1. Caractéristiques physicochimiques et énergétiques.....	70
1.2. Composition en sucres simples.....	71
1.3. Composition minérale.....	73
1.4. Composition en acides organiques .....	74
1.5. Composés phénoliques .....	74
1.6. Composés vitaminiques A et C .....	74
1.7. Composition anti-nutritionnelle et biodisponibilité minérale.....	76
2. Relation entre la composition biochimique des pulpes et l'apport journalier recommandé.....	77
3. Identification des principales caractéristiques biochimiques des pulpes des fruits de Baobab, de Tomi, et de Néré.....	78

3.1. Analyse en composantes Principales (ACP) des caractéristiques physicochimiques et énergiques.....	78
3.2. Analyse en Composantes Principales (ACP) des micronutriments .....	81
3.3. Analyse en Composantes Principales (ACP) des minéraux .....	84
II. DISCUSSION .....	87
III. CONCLUSION PARTIELLE .....	92
CHAPITRE II: CARACTERISATION BIOCHIMIQUE, MICROBIOLOGIQUE, SENSORIELLE ET DETERMINATION DES INDICES GLYCEMIQUES DES NECTARS DE BAOBAB, TOMI ET NERE.....	93
I. RESULTATS.....	93
1. Caractérisation biochimique des trois nectars élaborés .....	93
1.1. Caractéristiques physicochimiques et énergétiques.....	93
1.2. Composition en sucres simples.....	93
1.3. Composition minérale.....	95
1.4. Composition en acides organiques.....	95
1.5. Composés phénoliques .....	96
1.6. Composés vitaminiques A et C.....	96
1.7. Composition anti-nutritionnelle et biodisponibilité minérale (Ca et Fe) .	99
2. Identification des principales caractéristiques biochimiques des trois nectars élaborés.....	100
2.1. Analyse en Composantes Principales des caractéristiques physicochimiques et énergétiques.....	100
2.2. Analyse en Composantes Principales des micronutriments.....	103
2.3. Analyse en Composantes Principales des minéraux.....	106
3. Caractérisation microbiologique des trois nectars élaborés.....	109
3.1. Charge microbiologique des trois nectars non pasteurisés .....	109
3.2. Charge microbiologique des trois nectars pasteurisés .....	109
4. Réponses glycémiques des trois nectars élaborés .....	111
4.1. Caractéristiques cliniques et anthropométriques des sujets volontaires....	111
4.2. Réponse glycémique capillaire des trois nectars .....	112
4.3. Index glycémique (IG) et charge glycémique (CG) des trois nectars .....	112
5. Caractérisation sensorielle des trois nectars élaborés .....	114
5.1. Profil sensoriel .....	114

5.2. Identification des principales caractéristiques sensorielles.....	116
II. DISCUSSION .....	119
1. Propriétés biochimiques des trois nectars élaborés .....	119
2. Réponses glycémiques des trois nectars élaborés .....	124
3. Profil sensoriel des trois nectars élaborés.....	126
III. CONCLUSION PARTIELLE .....	129
CHAPITRE III: AMELIORATION TECHNOLOGIQUE ET SENSORIELLE DU NECTAR DE NERE .....	130
I. RESULTATS.....	130
1. Profil sensoriel des nectars de Néré améliorés .....	130
2. Regroupement des nectars de Néré améliorés en fonction des meilleurs descripteurs sensoriels.....	133
2.1. Analyse en Composantes Principales (ACP) des principaux descripteurs sensoriels .....	133
2.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des principaux descripteurs sensoriels .....	136
II. DISCUSSION .....	137
III. CONCLUSION PARTIELLE .....	139
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	140
BIBLIOGRAPHIE.....	143
ANNEXES.....	166

## DEDICACES

### Je dédie cette thèse

A mon grand-père, **KOUAKOU Kouamé Bolaty**

Vous m'avez toujours encouragé au travail bien fait. Votre sens de formation et ton sens de l'humour m'ont modelé depuis ma tendre enfance. Puisse votre âme reposer dans la paix du Tout Puissant Dieu.

A mon père, **YAO Kouassi**

Vous m'avez enseigné la patience et l'endurance en toute chose. Mais vous êtes parti plus tôt que j'aurais souhaité. Vous restez un modèle pour moi. Puisse votre âme reposer dans la paix du Tout Puissant Dieu.

A ma mère, **N'DOLI Affoué**

Pour votre tendresse, ton amour, ton soutien, ta patience et vos sacrifices tout au long de ma vie et de mes parcours scolaire et universitaire. Que Dieu vous donne la santé et vous comble de bonheur.

A la famille, **KOUASSI Kouakou Nestor**

Ma reconnaissance est minime face à vos efforts conjugués pour la réussite de ce travail

A ma bien aimée, **KOUAME Adjoua Isabelle,**

Pour ta compréhension, tes réconforts et tes encouragements dans mes moments de doute.

A mes très chers fille et fils **Héliane, Gaël et Jean Aurel,**

Pour la joie que vous m'apportez aux périodes les plus difficiles. Que Dieu lui-même vous protège et vous oriente dans votre vie et dans vos parcours scolaire et universitaire.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au sein des Laboratoires d'Agro-valorisation de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE et de Biochimie alimentaire et Technologie des produits Tropicaux de l'UFR STA de l'Université Nangui ABROGOUA.

Une thèse, tant nominative soit-elle, est avant tout un travail de réflexion collective. Ainsi, au terme de ce travail, il est pour nous un plaisir et un devoir de remercier sincèrement toutes les personnes qui ont participé à sa réalisation.

Nous adressons nos chaleureux remerciements et toute notre gratitude au **Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE**, Présidente de l'Université Jean Lorougnon GUEDE pour nous avoir acceptés dans son institution et qui nous fait également l'honneur de présider le jury de cette thèse, malgré ses nombreuses occupations universitaires.

Nous tenons à remercier **Professeur KONE Tidiani**, Vice-Président chargé de la Pédagogie, de la Vie universitaire et de l'Innovation Technologique de l'Université Jean Lorougnon GUEDE qui a toujours été disponible pour répondre aux préoccupations des étudiants au plan académique.

Nous tenons à dire également merci au **Docteur AKAFFOU Doffou Selastique**, Maître de Conférences, Vice-Président chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures de l'Université Jean Lorougnon GUEDE pour son implication au bien-être des étudiants.

Ses remerciements s'adressent aussi à Monsieur **AKA Joseph Longin** et au **Docteur KOUAME Victor** respectivement Secrétaire Général et Directeur de la Scolarité pour leur humanisme et chaleureux accueils qui nous ont été réservés chaque fois que nous avons eu besoins de leur service.

Nos remerciements s'adressent également au **Docteur TRAORE Karidia**, Maître de Conférences, Directrice de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE (UJLoG), à qui nous exprimons toute notre reconnaissance pour sa disponibilité et son dynamisme à la tête de l'UFR Agroforesterie.

Nous exprimons toute notre reconnaissance au **Docteur BEUGRE Grah Avit Maxwell**, Maître de Conférences, pour avoir assuré la direction de cette thèse. Il nous a conseillé tout au long de ces années de recherche avec beaucoup de rigueur, de responsabilité et de patience. Nous avons pu bénéficier de sa disponibilité, de son aide inestimable, de son expérience et de son immense générosité. Trouvez ici Docteur, l'expression de notre sincère gratitude.

Nous remercions **Docteur ANGAMAN Djédoux Maxime**, Maître de Conférences à l'UFR Agroforestérie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE, pour la célérité avec laquelle il a analysé cette thèse. C'est aussi pour nous un plaisir de vous compter parmi les membres du jury de cette thèse.

Nous remercions **Docteur KRA Kouassi Aboutou Sévérin**, Maître de Conférences à l'UFR Biosciences de l'Université Felix-Houphouët BOIGNY pour la sollicitude qu'il nous a témoignée. Nous sommes sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de faire partie de ce jury.

Nous exprimons également notre reconnaissance à **Docteur KONATE Ibrahim**, Maître de Conférences à l'UFR Agroforestérie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE, pour avoir accepté d'apporter sa contribution à cette thèse en tant que membre du jury.

Nous voudrions aussi être reconnaissants au **Professeur Amani Georges**, Directeur du Laboratoire de Biochimie Alimentaire et Technologie des Produits Tropicaux de l'UFR STA de l'Université Nangui ABROGOUA pour nous avoir accueillis au sein de sa structure. Il nous a toujours soutenus pour que nous puissions mener ce travail de recherche dans les meilleures conditions possibles. Ses remerciements s'adressent également au **Docteur N'dri Denis**, Maître de Conférences à l'UFR STA pour sa disponibilité et sa forte implication dans l'élaboration de cette thèse.

Nous adressons nos sincères remerciements aux **Docteurs NIABA Valery, GNAHE André, MANGOUA Jules, KOUAME Benjamin, KONAN Brou Roger, COULIBALY Mamadou** et **EKISSI Serges Elvis**, pour vos connaissances, vos nombreux conseils et vos temps qui nous ont généreusement été offerts pour l'avancement de cette thèse.

Nous sommes reconnaissants à Messieurs **TOURE Boubacar**, Enseignant de français, **MALEUGBEU Médard** et **YAO André**, Enseignants d'anglais, pour leur disponibilité et les corrections apportées à cette thèse.

Nous tenons également à dire merci à **Monsieur COULIBALY Moussa** et tous les villageois des sites explorés qui nous ont aidés à la récolte des différents fruits.

Nous remercions vivement les doctorants des Laboratoires de l'Agro-valorisation de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) et de Biochimie Alimentaire et de Technologie des Produits Tropicaux de l'UFR des Sciences et Technologiques des Aliments (STA) de l'Université Nangui Abrogoua notamment **EHILE Stéphane, ASSAHORE Clémentine, N'DJADJO Arnaud, OUPOH Bedos, BEDIACON Denis** et **KOUAKOU Koffi Jean-Michel** pour les échanges profitables et la bonne humeur créée au sein de ces deux Laboratoires.

Nous tenons à remercier notre famille notamment nos petits frères **YAO N'Guessan Bernard** et **KOUASSI Séraphin**, notre oncle **YAO Benoît** et nos cousins **KOUAKOU Dominique**, **KONAN Ferdinand**, **N'GUESSAN Armand**, **YAO Herman** et **YAO Germain** pour leur soutien et leur amour manifestés à notre personne. C'est le lieu de vous dire mille fois merci pour tous les efforts consentis à notre égard.

Nos remerciements vont plus particulièrement à l'endroit de nos amis **ATEBO N'da Pierre**, **M'BRA Alain**, **KODJO Bernard**, **TANOH Modeste**, **PALE Narcisse** et **BITTY François** pour leurs conseils avisés et soutiens inestimables.

Nous remercions enfin le personnel du Lycée Moderne Barou Adjéhi Valentin de Tabou avec à sa tête le proviseur **Monsieur FOFANA Laciné** et son adjoint **Monsieur DANGBEDJI Simphorin** qui nous ont toujours encouragé dans nos moments de doute.

Que tous ceux dont les noms ne figurent pas dans ce mémoire de thèse et qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre à l'élaboration de ce travail, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

## SIGLES ET ABREVIATIONS

<b>ACP</b>	: Analyse Composantes Principales
<b>AFNOR</b>	: Association Française de Normalisation
<b>ANC</b>	: Apports Nutritionnels Conseillés
<b>ANOVA</b>	: Analyse de variance
<b>AOAC</b>	: Association Officielle des Chimistes Analytiques
<b>ASR</b>	: Anaérobies Sulfite Réductrices
<b>AJR</b>	: Apport Journalier Recommandé
<b>ASC</b>	: Aire sous la courbe
<b>CAH</b>	: Classification Ascendante Hiérarchique
<b>CG</b>	: Charge Glycémique
<b>HPLC</b>	: Chromatographie liquide à haute performance
<b>IG</b>	: Index Glycémique
<b>ISO</b>	: International Standards Organization
<b>LCD</b>	: Liquid Crystal Display
<b>MS</b>	: Matière Sèche
<b>méq</b>	: Milliéquivalent
<b>NF</b>	: Norme Française
<b>RDI</b>	: Recommended Daily for Individuals
<b>tpm</b>	: Tour par Minute
<b>UFC</b>	: Unité Formant Colonies
<b>UFR</b>	: Unité de Formation et de Recherche

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Fruits sauvages consommés après préparation .....	11
Tableau II : Composition de la pulpe du fruit de <i>Adansonia digitata</i> .....	21
Tableau III : Gros et petits producteurs de Tamarins (non exhaustif) .....	27
Tableau IV : Principaux composés de la pulpe du Tamarin .....	30
Tableau V : Principaux composés responsables de l'arôme de la pulpe du Tamarin.....	30
Tableau VI : Composition biochimique de la pulpe des fruits de Néré .....	40
Tableau VII : Descripteurs utilisés pour les analyses sensorielles et leur définition.....	64
Tableau VIII: Caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, de Tomi et Néré .....	72
Tableau IX : Concentration en sucres simples des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré (g/100g) .....	72
Tableau X : Composition minérale (mg/100g) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	73
Tableau XI: Composés en acides organiques (g/100g) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré .....	75
Tableau XII : Composés phénoliques (mg/100g) des pulpes des fruits de Baobab Tomi et Néré.....	75
Tableau XIII : Composés vitaminiques (mg/100g) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	75
Tableau XIV : Composants antinutritionnels (mg/100g) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré .....	76
Tableau XV : Biodisponibilité minérale (Ca et Fe) des pulpes des fruits Baobab, Tomi et Néré .....	76
Tableau XVI : Composition biochimique des pulpes de Baobab, Tomi et Néré, et Apport Journalier Recommandé (AJR) chez les enfants (4-8 ans) .....	77
Tableau XVII: Valeurs propres de l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétique des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré .....	79
Tableau XVIII : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré .....	79

Tableau XIX: Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	79
Tableau XX : Valeurs propres de l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	82
Tableau XXI : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des micronutriments des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	82
Tableau XXII : Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des micronutriments des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	82
Tableau XXIII : Valeurs propres de l'ACP des minéraux des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré .....	85
Tableau XXIV: Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des minéraux des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	85
Tableau XXV : Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des minéraux des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.....	85
Tableau XXVI : Caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	94
Tableau XXVII : Concentrations en sucres simples des nectars de Baobab, Tomi et Néré (g/100 g) .....	94
Tableau XXVIII : Composition minérale des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL) .....	97
Tableau XXIX : Composés en acides organiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré (g/100 mL) .....	97
Tableau XXX : Composés phénoliques des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL .....	98
Tableau XXXI : Composés vitaminiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL .....	98
Tableau XXXII : Composants antinutritionnels des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL).....	99
Tableau XXXIII : Biodisponibilité minérale (Ca et Fe) des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	99
Tableau XXXIV : Valeurs propres des axes de l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	101

Tableau XXXV : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré.....	101
Tableau XXXVI : Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	101
Tableau XXXVII : Valeurs propres des axes de l'ACP des micronutriments des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	104
Tableau XXXVIII : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des micronutriments des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	104
Tableau XXXIX: Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des micronutriments des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	104
Tableau XL : Valeurs propres des axes de l'ACP des minéraux des nectars de Baobab, Tomi et Néré.....	107
Tableau XLI : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des minéraux des nectars de Baobab, Tomi et Néré.....	107
Tableau XLII : Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des minéraux des nectars de Baobab, Tomi et Néré.....	107
Tableau XLIII : Charge microbiologique des trois nectars non pasteurisés (UFC.mL <sup>-1</sup> ) .....	110
Tableau XLIV : Charge microbiologique (UFC.mL <sup>-1</sup> ) des trois nectars pasteurisés (75 °C/5min) .....	110
Tableau XLV : Caractéristiques clinico-morpho-anthropométriques des sujets volontaires.....	111
Tableau XLVI : Aire sous la courbe, index glycémiques et charges glycémiques des nectars de Baobab, de Tomi et de Néré .....	113
Tableau XLVII : Moyennes des notes attribuées à chaque descripteur sensoriel pour chaque nectar de fruits.....	115
Tableau XLVIII : Valeurs propres des axes de l'ACP des critères sensoriels des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	117
Tableau XLIX : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des critères sensoriels des nectars de Baobab, Tomi et Néré.....	117
Tableau L : Contribution des variables (%) relative à l'ACP des critères sensoriels des nectars de Baobab, Tomi et Néré.....	117

Tableau LI : Notes des scores des attributs sensoriels des nectars de Néré améliorés au jus de citron .....	131
Tableau LII : Notes des scores des attributs sensoriels des nectars de Néré améliorés au jus de passion.....	132
Tableau LIII : Matrice des valeurs propres et corrélations entre les paramètres sensoriels et les principaux axes .....	135

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	: Morphologie de l'arbre de <i>Adansonia digitata</i> L. ( <i>Bambacaceae</i> ) .....	15
Figure 2	: Aspect morphologique de la fleur (A), des feuilles (B) et des fruits (immatures et matures) (C et D) de <i>Adansonia digitata</i> (Baobab).....	15
Figure 3	: Aire (en noir) de répartition approximative de 8 espèces de Baobab en Afrique .....	17
Figure 4	: Pulpe des fruits de <i>Adansonia digitata</i> (Baobab) recueillie dans un récipient.....	18
Figure 5	: Diagramme décrivant des procédés traditionnels (à gauche) et modifié (à droite) d'élaboration du nectar des fruits de Baobab.....	22
Figure 6	: Morphologie de l'arbre de <i>Tamarindus Indica</i> L. ( <i>Caesalpinioideae</i> )...	25
Figure 7	: Aspect morphologique des fleurs (A), des fruits (B) et des feuilles (C) de <i>Tamarindus Indica</i> (Tomi).....	25
Figure 8	: Aire (en noir) de distribution du Tamarinier en Afrique .....	27
Figure 9	: Pulpe des fruits de <i>Tamarindus Indica</i> (Tomi) .....	28
Figure 10	: Diagramme de transformation de la pulpe de Tamarin en nectar .....	32
Figure 11	: Morphologie de l'arbre de <i>Parkia biglobosa</i> L. ( <i>Mimosoideae</i> ).....	36
Figure 12	: Aspect morphologique des feuilles (A), des fleurs (B) et des fruits (C) de <i>Parkia biglobosa</i> (Néré) .....	36
Figure 13	: Aire de répartition de <i>Parkia biglobosa</i> (Néré) en Afrique .....	38
Figure 14	: Pulpe des fruits de <i>Parkia biglobosa</i> (Néré) .....	39
Figure 15	: Diagramme de production du nectar de Néré .....	41
Figure 16	: Fruits secs de Baobab (A), Tomi (B) et Néré (C), les pulpes (A'), (B') et (C') et les farines (A'') et (C'') résultantes .....	44
Figure 17	: Sites de collette des fruits de Baobab, Tomi et Néré .....	46
Figure 18	: Procédés d'élaboration des nectars de Baobab (A), de Tomi (B) et de Néré (C).....	49
Figure 19	: Projection des caractéristiques physicochimiques et énergétiques et des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.....	80
Figure 20	: Projection de la composition en micronutriments et des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP .....	83

Figure 21	: Projection de la composition minérale et des pulpes des fruits Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP .....	86
Figure 22	: Projection des caractéristiques physicochimiques et énergétiques et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP .....	102
Figure 23	: Projection des micronutriments et des nectars de Baobab, Tomi et de Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP .....	105
Figure 24	: Projection de la composition minérale et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP .....	108
Figure 25	: Profil glycémique post-prandial comparatif du glucose et des nectars de Baobab, Tomi et Néré testés chez des sujets normaux (n=10) .....	113
Figure 26	: Profil sensoriel comparatif des nectars de Baobab, Tomi et Néré .....	115
Figure 27	: Projection des caractéristiques sensorielles et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP .....	118
Figure 28	: Contribution des axes .....	134
Figure 29	: ACP des différents nectars de Néré améliorés .....	134
Figure 30	: Dendrogramme des différents nectars de Néré améliorés .....	136

## **LISTE DES ANNEXES**

- ANNEXE 1 : Profils sensoriels des nectars de Baobab (A), Tomi (B) et Néré (C).
- ANNEXE 2 : Matrices de corrélations des paramètres nutritifs, anti-nutritifs et sensoriels des différentes pulpes et leurs nectars.
- ANNEXE 3 : Chromatogrammes des vitamines A et C, des acides organiques, des composés phénoliques et des sucres simples.
- ANNEXE 4 : Diagrammes de production des deux additifs (citron et passion).
- ANNEXE 5 : Séances de dégustation des nectars de fruits
- ANNEXE 6 : Fiche d'analyse sensorielle (dégustation des nectars de fruits)

---

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION

Dans les pays tropicaux, les plantes sauvages alimentaires sont reconnues pour leur importance socio-économique (Nikiema, 1993 et Babalola, 2012), nutritionnelle (Lockett *et al.*, 2000 ; Murray *et al.*, 2001 ; Osman, 2004) et alimentaire (Kouamé *et al.*, 2008). Leur intérêt pour l'alimentation des populations rurales est également très largement reconnu dans plusieurs sociétés traditionnelles africaines. Autrefois, ces ressources naturelles ont contribué à la survie de nombreuses populations locales pendant les périodes difficiles (pénurie alimentaire, périodes de guerre, sécheresse, invasion des cultures par les criquets pèlerins...). De nos jours encore, elles sont d'un grand intérêt pour la sécurité alimentaire de plusieurs peuples (Campbell, 1986; Bergeret & Ribot, 1990, Herzog, 1992; Kouamé *et al.*, 2015).

En Afrique occidentale, environ 350 espèces de plantes sauvages ont été recensées et décrites par Baumer (1995). Ces plantes sauvages alimentaires produisent divers organes comestibles (feuilles, racines, écorces, tubercules, graines, et fruits...). Parmi ces organes, les fruits sont les plus consommés par les communautés rurales du fait de leur goût sucré et de leur mésocarpe juteux (Kouamé *et al.*, 2008).

En Côte d'Ivoire, les espèces fruitières sauvages comestibles sont disséminées sur toute l'étendue du territoire (Aubreville, 1959) où elles occupent une place de choix dans l'alimentation des populations locales sous forme de repas et de boissons (Tébé, 1980 et 1986, N'dri, 1986 ; Gautier-Béguin, 1992 ; Ambé, 2001 ; Kouamé *et al.*, 2008). Ces ressources fruitières naturelles parviennent à combler de nombreuses déficiences nutritionnelles du fait de leur richesse en de nombreux nutriments notamment en vitamines, protéines et minéraux (Herzog, 1992 ; N'dri, 2010 ; Kouamé *et al.*, 2008 et 2015). En dépit de leur importance dans l'alimentation, ces ressources fruitières sauvages comestibles sont négligées et menacées de disparition du fait de l'homme (croissance démographique et changements profonds des valeurs et modes de vie) et de ses activités telles que la surexploitation du milieu naturel, les feux de brousse, le progrès de l'urbanisation et l'industrialisation (Aké-Assi & Boni, 1990 ; Kouamé *et al.*, 2008). Toutefois, quelques espèces fruitières sauvages continuent encore d'être utilisés sur le territoire ivoirien par certaines populations locales à des fins thérapeutique, socioculturelle, économique et alimentaire (Herzog, 1992 ; Ambé, 2001).

Du point de vue alimentaire, les espèces fruitières sauvages de la savane guinéenne de la Côte d'Ivoire se consomment sous six formes à savoir la bouillie et l'huile alimentaire, les épices pour l'assaisonnement de divers plats, les légumes, les plats principaux et les fruits dont la pulpe sert à produire de la boisson fraîche. De tous les arbres fruitiers rencontrés dans cette savane, seuls les fruits de *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* et *Parkia biglobosa*

## INTRODUCTION

sont utilisés pour la production de boissons fraîches (Ambé, 2001). Ces boissons fraîches proviennent des boissons élaborées à partir de la pulpe de fruits communément appelés *Sira* (*Adansonia digitata* L.), *Tomi* (*Tamarindus indica* L.) et *Néré* (*Parkia biglobosa* L.) en nom vernaculaire d'ethnie malinké en Côte d'Ivoire pour donner respectivement les boissons correspondantes *Siradji*, *Tomidji* et *Nérédji* (Ambé, 2001). Ces différentes boissons sont appréciées par les consommateurs locaux qui s'en procurent aussi bien sur la plupart des marchés ruraux et urbains que chez des vendeuses aux abords des établissements scolaires (primaires et secondaires) et universitaires, et même aux abords des routes des villes et des grandes agglomérations.

Ces boissons fraîches (*Siradji*, *Nérédji* et *Tomidji*) sont relativement consommées et peu connues d'une frange importante des populations ivoiriennes contrairement aux boissons de fruits d'arbres fruitiers cultivés comme *Hibiscus sabdaiiffa* (*Bissap*), *Passiflora edulis* (*Passion*) et *Zingiber officinale* (*Gnamankou*) qui sont largement consommés pendant les cérémonies de mariage, baptême, etc. Cette méconnaissance de ces boissons (*Siradji*, *Nérédji* et *Tomidji*) est liée au manque de valorisation qui découle d'une insuffisance de connaissances scientifiques relatives à leur valeur nutritionnelle et leur profil sensoriel. La plupart des études réalisées, ont porté sur la caractérisation botanique, ethnobotanique (Bonkougou, 1987 ; Ambé, 2001 ; Diallo *et al.*, 2007) et agronomique (Von Maydell, 1990 ; Bowe, 2007 ; De Caluwé *et al.*, 2009 ;) de ces arbres fruitiers sauvages. De plus, la plupart des données scientifiques émanent de la littérature existante ne font mention seulement que de la composition biochimique et de la valeur alimentaire et nutritionnelle des pulpes de ces fruits au détriment de leurs boissons respectives (Bonkougou, 1987 ; Grollier *et al.*, 1998 ; Cissé, 2012). Excepté les travaux de Cissé *et al.* (2008) qui ont permis d'évaluer les teneurs protéiques (0,2 %) et en cendres (0,2 %) du nectar de Baobab (*Siradji*) au Sénégal et ceux d'autres auteurs tels que Grollier *et al.* (1998) ; Cissé *et al.* (2008) ; Ouattara (2011) ; Cissé (2012) qui ont relevé le caractère acide (2 pH 4) et astringent de ces boissons fraîches (*Siradji*, *Tomidji* et *Nérédji*), aucune étude en rapport avec la composition biochimique, la valeur nutritive et le profil sensoriel de celles-ci n'a été rapportée dans la littérature. De même, aucune étude scientifique n'a encore évalué l'impact de la consommation de ces trois boissons issues des fruits de Baobab, Tomi et Néré sur la santé à travers l'analyse de leur index glycémique (IG) et de leur charge glycémique (CG). Pourtant, c'est sous ces formes de boissons fraîches (*Siradji*, *Nérédji* et *Tomidji*) que les fruits des arbres fruitiers sauvages de *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* et *Parkia biglobosa* sont largement rencontrés et

## INTRODUCTION

consommées en Côte d'Ivoire. Dans ce contexte de manque exhaustif d'informations scientifiques sur les pulpes de ces trois arbres fruitiers sauvages et les boissons dérivées, toute contribution de nature à combler les lacunes existantes serait la bienvenue.

La présente étude a donc pour but de valoriser les boissons fraîches élaborées à partir de la pulpe des fruits des arbres fruitiers de *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* et *Parkia biglobosa*. Pour ce faire, elle s'est fixée comme objectif général de caractériser du point de vue biochimique, les pulpes de fruits de ces trois espèces fruitières sauvages comestibles en Côte d'Ivoire et de déterminer les valeurs nutritionnelle et sensorielle des boissons fraîches dérivées. Il s'agit plus spécifiquement de (i) établir le profil biochimique en macronutriments et en micronutriments de la pulpe de ces trois fruits, (ii) d'évaluer les propriétés biochimiques, sensorielles et d'analyser la réponse glycémique post-prandiale des boissons fraîches élaborées à partir de la pulpe de ces trois différents fruits et (iii) d'améliorer la qualité sensorielle du nectar de Néré qui semble ne pas être trop apprécié par une frange importante des populations en Côte d'Ivoire.

Ce document comporte trois parties : la première partie est consacrée à la revue bibliographique traitant des généralités sur les espèces fruitières sauvages comestibles à production fruitière et sur les trois espèces fruitières sauvages étudiées, la seconde partie décrit le matériel et les méthodes, la troisième partie concerne les résultats obtenus au cours des expérimentations suivi de leurs discussions.

---

# REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

## I. GENERALITES SUR LES PLANTES SAUVAGES A PRODUCTION FRUITIERE

### 1. Définition

Okigbo (1977) distingue quatre catégories de plantes à production fruitière utilisées par l'homme :

- les plantes qui poussent spontanément et sans aucune influence humaine ;
- les plantes protégées, qui poussent à l'état sauvage mais qui sont entretenues ;
- les plantes semi-sauvages qui peuvent pousser spontanément mais que l'on sème ou plante également ;
- les plantes cultivées, qui sont semées et améliorées génétiquement.

En général, le terme «plantes sauvages à production fruitières» désigne une plante qui appartient à l'une des trois premières catégories. Ce sont donc des plantes qui ont un accroissement naturel et dont les fruits peuvent avoir diverses utilisations par l'homme : ils s'emploient comme aliments, stimulants ou comme drogues pour des applications médicales.

### 2. Importance alimentaire

Les fruits sauvages comestibles sont très appréciés par les populations rurales du fait de leur goût sucré et leur mésocarpe juteux (Kouamé *et al.*, 2008). Ils peuvent avoir diverses utilisations pour leur alimentation (Okigbo, 1977). Il s'agit surtout de fruits consommés crus ou préparés en sauce. De plus, certaines noix et graines de ces fruits sauvages sont utilisées pour la confection d'huiles alimentaires (Herzog, 1992). En temps de crise et de pénurie alimentaires, elles peuvent même s'avérer indispensables. Au Sud-Est du lac Tchad dans des régions où les récoltes sont mauvaises du fait de l'irrégularité des pluies ou dans les cas où les paysans étaient souvent empêchés de cultiver leur terre à cause des guerres tribales récurrentes, les fruits de rôniers (*Borassus aethiopicum* L.), figues (*Ficus gnaphalocarpa* L.) et divers autres fruits sauvages assurent la survie comme «plantes de famine» (Seignobos, 1979). Cette utilité alimentaire des fruitiers sauvages mérite d'être soulignée dans la mesure où ils servent et continuent de servir lors des crises causées par des événements extraordinaires comme la guerre, la sécheresse et les criquets pèlerins. Ils permettent aussi de surmonter des périodes de pénurie qui précèdent régulièrement les nouvelles récoltes (Campbell, 1986).

### 3. Importance nutritionnelle

Les ressources fruitières naturelles peuvent combler la déficience en de nombreux nutriments. Même dans des sociétés qui peuvent compter sur des rendements agricoles suffisants et réguliers, l'approvisionnement en nutriments particuliers peut être faible. Souvent le poisson et la viande sont rares et les gens sont obligés de couvrir une bonne partie de leurs besoins protéiques dans les sources végétales. Les fruits des plantes sauvages peuvent y contribuer considérablement (Campbell, 1986).

Lockett *et al.* (2000), Murray *et al.* (2001) et Osman (2004) ont trouvé dans les fruits des six espèces de baobab en Afrique, des teneurs en protéines variant entre 2,6 % à 17 % de la matière sèche, supérieures à celles rapportées par d'autres auteurs comme Rodrigues *et al.* (2001) et Besco *et al.* (2007) dans certains fruits de grande consommation tels que la papaye (0,5 g/100g de matière sèche (MS)), le kiwi (1,14 g/100g de matière sèche (MS)) et les fruits de la passion (2,6 g/100g de matière sèche (MS)). Bonkougou (1987) a montré que les fruits de Néré (*Parkia biglobosa* L.) du Burkina Faso avaient des teneurs moyennes en protéines de 3,4 % et 34,6 % de la matière sèche respectivement dans la pulpe et la graine. Divers autres travaux menés en Afrique du Sud (Wehmeyer, 1971), en Afrique centrale (Malaisse & Parent, 1985) et même au Sénégal (Becker, 1983; Bergeret, 1988) ont indiqué des valeurs protéiques de même ordre de grandeur. Tous ces auteurs ont insisté sur l'importance des espèces fruitières comestibles sauvages pour l'approvisionnement en protéines.

C'est surtout dans les apports en minéraux et en vitamines que les espèces fruitières sauvages peuvent contribuer à l'alimentation quotidienne. A cet effet, Sizaret (1972) a rapporté qu'au Niger, malgré la faible teneur en calcium des aliments de base, les carences sont rares. Cela s'explique par la consommation des fruits de Baobab (*Adansonia digitata* L.), qui sont riches en calcium. Becker (1983) a montré la contribution considérable des fruits sauvages au Nord du Sénégal, dans la région de Ferlo à l'approvisionnement de la population en vitamines A, B<sub>2</sub> et C. Dans ce même pays, Bergeret & Ribot (1990) en quantifiant l'apport en énergie et nutriments des fruits de cueillette consommés en sauces par les ethnies Socé, Peul et Wolof, ont montré que ceux-ci contribuent significativement de 72 à 75 % en l'approvisionnement en vitamine C, 65-92 % en vitamine A, 24-40 % en riboflavine et 30-52 % en calcium. Selon Grivetti *et al.* (1987), il y a un manque d'information sur les teneurs en nutriments des fruits sauvages en Afrique alors qu'on estime à des centaines voire des milliers ces plantes à usage alimentaire sur le continent.

#### **4. Importance socio-économique**

Il existe des sociétés dont l'économie est basée uniquement sur les ressources fruitières naturelles. Les *Aka* (un peuple de pygmées) par exemple vivant dans la forêt centrafricaine ont leurs femmes et leurs filles qui passent une bonne partie de la journée à la recherche de fruits mûrs (Bahuchet, 1989). Ce mode de vie est possible non seulement en forêt, mais aussi dans les zones arides comme au Tchad, à la frontière du Soudan, où vivent les *Zaghawa*. C'est un peuple d'éleveurs et de chasseurs qui ne cultivent le sol qu'occasionnellement du fait que les baies et autres fruits sauvages leur apportent un indispensable appoint au repas familial. La cueillette et le ramassage des fruits constituent donc une part importante des activités féminines et des occupations des jeunes bergers (Tubiana, 1969). Ainsi, le commerce de certains de ces fruits représente une source de revenus et d'emploi notamment pour les femmes (Nikiema, 1993 ; Babalola, 2012).

Contrairement à ces deux peuples, qui sont encore très proches de leurs origines, la plupart des peuples africains forment des sociétés paysannes, vivant essentiellement de l'agriculture. Ainsi, les petits bergers lobi dans la région de la frontière commune entre le Ghana, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire qui gardent les troupeaux de leurs parents, ont ainsi le temps et maintes occasions de connaître puis d'utiliser les diverses espèces fruitières sauvages (Savonnet, 1980). Il y a plus de quatre décennies, Blanc-Pamard (1975 et 1979) avait déjà mentionné que la cueillette des fruits était une activité importante dans la vie des habitants au Sud du V-Baoulé où les gens ramassent des noix de cola, des fruits de palmiers et d'autres fruits sauvages comme aliments pendant les saisons de disette.

#### **5. Pressions économique et démographique sur les fruitiers sauvages**

Pour une utilisation efficiente des espèces fruitières sauvages, deux conditions doivent être remplies : d'une part, le milieu naturel doit être intact du point de vue écologique, c'est-à-dire que les espèces fruitières doivent être disponibles en quantité suffisante et d'autre part, une connaissance de ces espèces et de leurs vertus est indispensable. Malheureusement, ces deux conditions dont dépend l'une de l'autre sont fortement menacées de nos jours. En effet, dans beaucoup de régions d'Afrique, la croissance démographique mène à une surexploitation du milieu naturel, provoquant ainsi la raréfaction voire la disparition des ressources naturelles dont les espèces fruitières sauvages comestibles. Pourtant, les peuples agro-pastoraux de la région sahéenne du Sine-Saloum au Sénégal par exemple, connaissent et emploient plusieurs espèces fruitières sauvages, en majorité des arbres et des arbustes. Mais, depuis la fin des années soixante, celles-ci sont exploitées par des charbonniers pour approvisionner en

combustibles la population grandissante de Dakar. Au début des années quatre-vingt, l'exploitation était devenue si intense qu'elle dépassait la productivité de la végétation d'un facteur presque trois, provoquant ainsi la dégradation de la savane arbustive, la désertification et la disparition complète de certaines espèces fruitières (Bergeret, 1986). Selon cet auteur, chaque plante qui disparaît entraîne avec elle la perte du savoir qui lui est lié, savoir portant sur la plante elle-même et sur les usages dont elle fait l'objet. Pour Getahun (1974), c'est une baisse de l'intérêt des jeunes générations pour l'utilisation des espèces fruitières naturelles en Ethiopie. Il explique cela par le progrès de l'urbanisation et de l'industrialisation, qui provoquent des changements profonds des valeurs et des modes de vie.

Chevalier (1912) justifie cette perte de connaissance des espèces fruitières sauvages par le délaissement de l'agriculture africaine. Et cela, au profit des cultures rentables telles que les fruits de bananiers, les agrumes, le riz, le maïs, les fruits de tomates, le piment et les fruits de cocotier qui proviennent de l'Amérique du Sud et de l'Asie. C'est aussi le cas de la Côte d'Ivoire qui est un réservoir de ressources fruitières naturelles (Aubreville, 1959). Cependant, au niveau de la connaissance, la sauvegarde, la protection et la valorisation de ce patrimoine, les approches interdisciplinaires qui permettraient une stratégie plus globale sont quasi inexistantes (Kouamé *et al.*, 2015). Tout cela a entraîné la diminution de la superficie occupée par ces écosystèmes végétaux. Environ 12 millions d'hectares de forêt ont disparu en moins de 40 ans sous l'effet de l'exploitation forestière anarchique et de l'agriculture itinérante. Dans les milieux ruraux, cette déforestation est fortement ressentie à la fois par la diminution des terres cultivables et à la raréfaction des fruitiers sauvages comestibles (Aké-Assi & Boni, 1990). Les régions du Nord défavorisées par leur climat et la rareté des pluies, sont les plus touchées (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). Toutefois, des fruits sauvages y sont encore consommés par certaines communautés rurales. Si quelques espèces fruitières sont épargnées lors des défrichements, la plupart d'entre elles sont détruites au profit des cultures plus rentables économiquement (Ambé, 2001). Ceci a constitué également l'un des facteurs de paupérisation de ces communautés rurales du fait que certaines pratiques culturelles et savoir-faire traditionnels sont en voie de disparitions.

## 6. Plantes sauvages à production fruitière en Côte d'Ivoire

En Côte d'Ivoire, la littérature fait mention de quelques travaux sur les espèces fruitières sauvages. Dès les années soixante-dix, Blanc-Pamard (1975 et 1979) montrait déjà que la cueillette des fruits sauvages représentait une activité importante dans certains villages. N'dri (1986) a établi un inventaire des espèces fruitières sauvages alimentaires dans la région de Divo au Sud de la Côte d'Ivoire. A travers une enquête ethnobotanique, Kouamé *et al.* (2008) ont pu inventorier 50 espèces fruitières comestibles réparties en 43 genres et appartenant à 32 familles dans la région des fromagers (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Quant à Djaha & Gnahoua (2014), ils ont recensé 22 espèces fruitières sauvages appartenant à 20 familles dans les zones d'Agboville, Abidjan, Divo et Oumé. Téhé (1986) a énuméré les fruits sauvages utilisés dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire par les *Guéré* et *Oubi* en deux grands groupes notamment, ceux utilisés comme friandises et ceux utilisés pour la préparation de sauces. Gautier-Beguin (1989, 1990 et 1992) et Herzog (1992) ont étudié les profils biochimique et nutritionnel de quelques fruitiers sauvages de deux villages dans le Sud du V-Baoulé. Une étude plus poussée d'Ambé (2001) fait recenser le niveau de connaissance de 75 espèces de fruits sauvages comestibles du peuple Malinké en savanes guinéennes au Nord de la Côte d'Ivoire.

Toutes ces différentes études ont permis de catégoriser trois espèces fruitières sauvages nutritives que sont les espèces les plus connues, les moyennement connues et les peu connues (Ambé, 2001 ; Djaha & Gnahoua, 2014 ; Kouamé *et al.*, 2008 et 2015). Les caractéristiques communes des fruits bien connus semblent être le goût et la disponibilité. C'est le cas de *Adansonia digitata* L., *Parkia biglobosa* L. et *Dialium guineense* L. Les espèces dont les fruits possèdent une pulpe charnue et juteuse, sont également bien connues. Il s'agit de *Uvaria chamae*, *Annona senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Landolphia owariensis*, *Aframomum alboviolaceum* ou encore les *Vitex*. Les fruitiers moyennement connus sont limités à des habitats spécifiques et donc moins répandus dans la végétation. Certains possèdent des fruits au goût peu agréable et sont peu exploités, d'autres par contre possèdent des fruits succulents et sont bien exploités (Ambé, 2001). Parmi les plantes bien exploités pour leurs fruits, se trouve *Vitellaria paradoxa* (le karité) dont les fruits sont utilisés comme ingrédients de la cuisine locale. Parmi ces espèces fruitières, d'autres se révèlent comme des fruitiers très peu connus, mais bien exploités, c'est-à-dire, utilisés au moins une fois en alimentation par la majorité des individus qui les connaissent ; c'est le cas de *Carapa procera* et *Pentadesma butyracea* (Ambé, 2001).

### 7. Modes d'utilisation des fruits sauvages en Côte d'Ivoire

Les travaux d'Ambé (2001) ont permis d'identifier six modes de consommation des espèces fruitières sauvages de la savane guinéenne de la Côte d'Ivoire. Ce sont les fruits dont les graines servent à produire de la bouillie et de l'huile alimentaire ; les fruits qui servent d'épice pour l'assaisonnement de divers plats ; les fruits qui servent de légume ; les fruits qui servent de plat principal et les fruits dont la pulpe sert à produire de la boisson fraîche (Tableau I). La présente thèse est essentiellement portée sur les trois espèces fruitières dont la pulpe est utilisée pour produire de la boisson fraîche.

**Tableau I : Fruits sauvages consommés après préparation**

Mode d'utilisation	Espèces	Organes utilisés
Bouillie	<i>Uriapicta</i>	Graine
Epice	<i>Adansonia digitata</i>	Pulpe
	<i>Khaya senegalensis</i>	Graine
	<i>Parkia biglobosa</i>	Graine
	<i>Ricinodendron heudelotti</i>	Amande
	<i>Xylopia aethiopica</i>	Fruit entier
Huile alimentaire	<i>Carapa procera</i>	Graine
	<i>Lophira alata</i>	Amande
	<i>Parinari curatellifolia</i>	Amande
	<i>Pentadesma butyracea</i>	Graine
	<i>Vitellaria paradoxa</i>	Amande
Légume	<i>Bombax costatum</i>	Fruit jeune
Plat principal	<i>Artocarpus altitis</i>	Fruit entier
Boisson Fraîche	<i>Adansonia digitata</i>	Pulpe
	<i>Tamarindus indica</i>	Pulpe
	<i>Parkia biglobosa</i>	Pulpe

Source : Ambé (2001)

## II. FRUITIERS SAUVAGES A CONSOMMATION SOUS FORME DE BOISSONS FRAICHES EN COTE D'IVOIRE

Ambé (2001) a montré que les espèces fruitières sauvages dont la pulpe est consommée sous forme de boisson fraîche sont le *Adansonia digitata* L. (Baobab), le *Parkia biglobosa* L. (Néré) et le *Tamarindus indica* L. (Tomi). Ces plantes sont communément et respectivement appelées Sira, Néré, et Tomi en nom vernaculaire Dioula de la Côte d'Ivoire (Ambé, 2001).

### 1. *Adansonia digitata* L. (*Bombacaceae*)

#### 1.1. Historique

*Adansonia digitata* L. communément appelé Baobab est originaire d'Afrique tropicale. Le mot «baobab» serait une translittération du terme arabe «*bu hubub*» signifiant «fruit aux nombreuses graines». L'origine du terme est néanmoins controversée (Diop *et al.*, 2005). Au XVe siècle, dans sa «*Cronica dos Feites da Guiné*», l'explorateur portugais Gomes Eanes de Zurara lui donnera le nom de «plante calebassier» («cabaçevre» en portugais), dénomination qui sera couramment utilisée jusqu'au XVIIIe siècle (Wickens, 1982 ; Baum, 1995). Une description détaillée de la plante est proposée vers 1750 par le botaniste français Michel Adanson, ayant séjourné plusieurs années au Sénégal (Adanson, 1771). Il mentionne pour la première fois le terme «pain de singe» pour ses fruits (Wickens, 1982 ; Baum, 1995). En référence en ce Botaniste qui rapporta des échantillons à Paris, Carl Von Linné et Bernard de Jussieu proposèrent à cette époque *Adansonia digitata* L. comme nom scientifique définitif de l'arbre (Wickens, 1982 ; Baum, 1995).

Cet arbre séculaire, imposant par sa taille est le plus massif des espèces ligneuses connues des savanes africaines. Contrairement aux autres espèces du genre *Adansonia* qui sont strictement endémique à Madagascar ou en Australie, *A. digitata* est présent dans la plupart des régions subhumides à semi-arides du sud du Sahara. Remarquable par sa forme particulière et sa grande taille, le Baobab est caractéristique des paysages de savane en zones sahéliennes. Il tient une place prépondérante dans les cultures et les croyances autochtones et est souvent choisi comme emblème régional (Diop *et al.*, 2005).

Essentiellement exploité à l'état sauvage, le Baobab produit des fruits dont la pulpe et les graines sont traditionnellement consommées par les populations locales (Codjia *et al.*, 2001 ; Sidibé & Williams, 2002 ; Assogbadjo *et al.*, 2006).

## 1.2. Description botanique

### 1.2.1. Taxonomie

**Règne** : Plantae

**Sous-règne** : Tracheobionta

**Division** : Magnoliopsida

**Sous-classe** : Dilleniidae

**Ordre** : Malvales

**Famille** : Bombacaceae

**Genre** : *Adansonia*

### 1.2.2. Arbre

*Adansonia digitata* L. est un arbre imposant et très massif à cime arrondie (Figure 1). Il mesure couramment entre 15 et 20 m de haut. Son tronc cylindrique, souvent renflé à la base, peut atteindre 10 m de diamètre. Les fleurs et les fruits sont portés par de longues tiges pendantes (Figure 2A). Les pétales sont aussi larges que longs (Chevalier, 1906 ; Baum, 1995). Bien que la dendrochronologie ne puisse être utilisée sur de vieux arbres du fait de la présence fréquente de creux dans le tronc, ceux dont le diamètre est supérieur à 5 m correspondraient à des individus très probablement âgés de plus de 1000 ans (Berhaut, 1974 ; Patrut *et al.*, 2007). La cime de *Adansonia digitata* L. est arrondi et souvent assez régulière. La description des principaux éléments caractéristiques de la plante a donné lieu à diverses publications (Berhaut, 1974 ; Bonassieux, 1988).

Le tronc se ramifie au sommet en plusieurs branches courtes et larges, souvent irrégulières et tortueuses. Il est constitué de tissus parenchymateux, riches en mucilages et gorgés d'eau permettant à la plante de faire face aux longues périodes de sécheresse. La quantité d'eau emmagasinée par la plante est très importante, estimée pour certains individus à plus de 120 m<sup>3</sup> (Diop *et al.*, 2005). Son bois est très mou, fibreux et spongieux et n'a pas d'utilisation commerciale. Son écorce épaisse est molle et fibreuse. Elle est recouverte d'une pellicule lisse, gris argentée, parfois brunâtre ou violacée. Elle exsude une gomme en cas de blessure.

Les feuilles (Figure 2B) atteignent jusqu'à 20 cm de diamètre, caduques en saison sèche, elles sont alternes, digitées et présentent 5 à 7 folioles oblongues (2 à 7cm x 5 à 16

cm), longuement pétiolées de 8 à 16 cm, acuminées à l'apex, décourtes à la base, qui comportent 13 à 20 paires de nervures secondaires. Le limbe, à marge entière ou denticulée, est le plus souvent glabre et brillant sur sa face supérieure et légèrement pubescente sur sa face inférieure (Kerharo & Adam, 1974 ; Wickens, 1982).

Les fleurs (Figure 2A) sont de couleur blanche parfois verdâtre ou brunâtre. Elles mesurent de 8 à 20 cm de diamètre et sont suspendues à un pédoncule de 15 cm à 1m de long. *Adansonia digitata* est ainsi la seule espèce qui présente des fleurs pendulaires; les fleurs étant érigées sur un court pédoncule pour toutes les autres. Les pétales sont ovales, aussi larges que longs, arrondis à leur extrémité et souvent légèrement pubescents. Ils présentent de très nombreuses nervures rayonnantes. Les fleurs comportent de 700 à 1600 étamines et des ovaires de 5 à 10 loges. Le bouton floral est globuleux ou ovale et mesure de 5 à 7 cm de diamètre. Son apex est conique ou apiculé (Diop *et al.*, 2005).

Le fruit (Figure 2CD), appelé pain de singe ou «*buy*» en Wolof, est de forme et de taille assez variables. Il est le plus souvent ovoïde, mais il peut également présenter une forme sphérique, fusiforme, très allongée ou en massue (7 à 20 x 7 à 54 cm). Il pèse entre 150 à 350 g. L'apex parfois apiculé est pointu ou arrondi. L'épicarpe très lignifié a une épaisseur de 0,8 à 1 cm. Sa surface duveteuse, de couleur brunâtre, jaunâtre ou verdâtre. Les graines, appelées «*gif*» en Wolof, sont noires à brun foncé; elles mesurent (10 à 13 mm) x (8 à 10 mm) x (4 à 5 mm) mm et pèsent environ 0,4 g. Elles sont noyées dans une pulpe sèche, crayeuse, blanche à crème, et fragmentée en morceaux anguleux qui sont reliés entre eux par un enchevêtrement de grosses fibres brunes rougeâtres. L'amande qui représente environ 55 % du poids de la graine est difficile à séparer de ses téguments et renferme une huile comestible (Kerharo & Adam, 1974 ; Kenne, 1994).

L'arbre développe un système racinaire latéral assez important. Les racelles peuvent s'étendre jusqu' à 50 m du tronc et 10 m de profondeur. Ce volume d'exploitation souterraine permet aux Baobabs de trouver l'eau nécessaire à leur végétation. Néanmoins, les racines principales dépassent rarement quelques mètres et restent superficielles. Certaines d'entre elles sont tubérisées à leur extrémité (Diop *et al.*, 2005).



Figure 1: Morphologie de l'arbre de *Adansonia digitata* L. (*Bombacaceae*)  
Source : De la présente étude

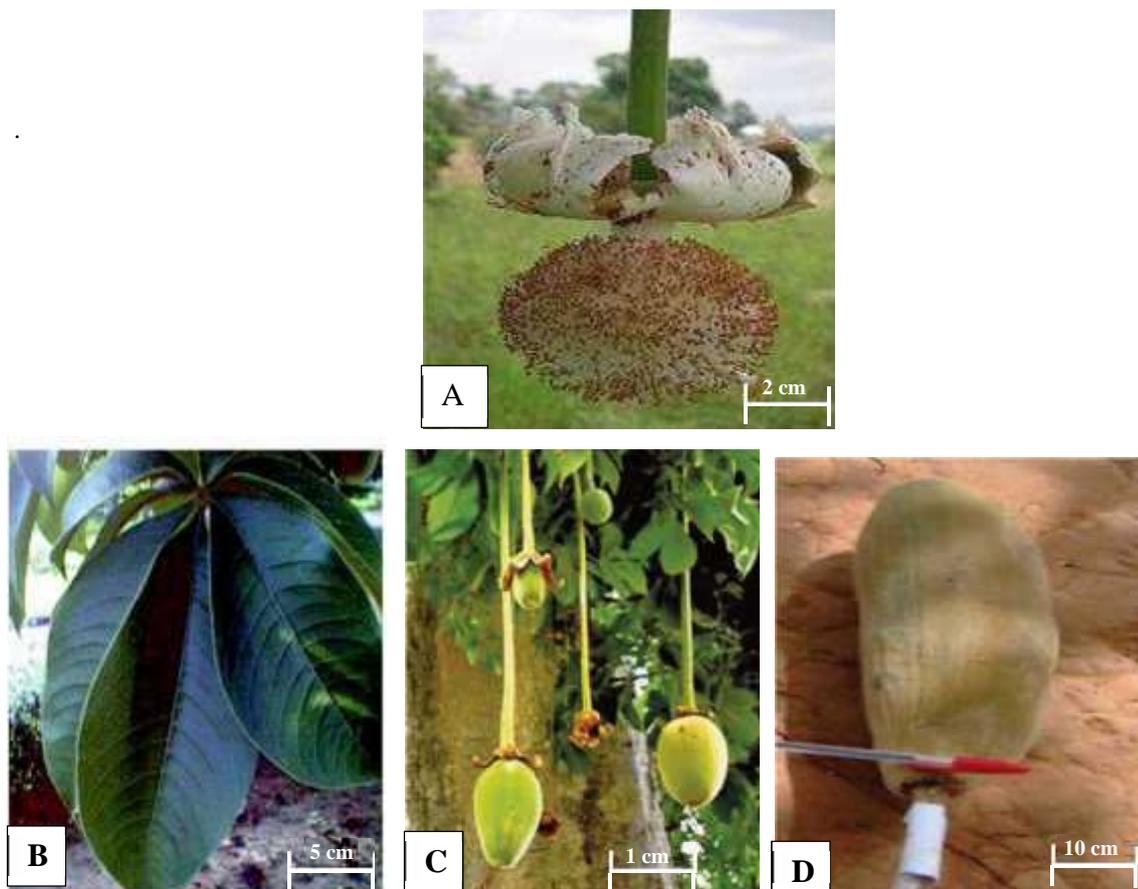


Figure 2: Aspect morphologique de la Fleur (A), des feuilles (B) et des fruits (immatures et matures) (C et D) de *Adansonia digitata* (Baobab).  
Source : De la présente étude

### 1.3. Répartition agro-écologique

*Adansonia digitata* est indigène des steppes Sahéliennes et des savanes Soudano-sahéliennes (Guinko, 1988 ; Leong Pock & Lumaret 2010). Cette espèce de baobab est présente dans la plupart des régions semi-arides et subhumides au Sud Du Sahara (Figure 3). Elle est souvent localisée à proximité des habitations. La zone de distribution du Baobab est très vaste. A l'Ouest, elle s'étend du Cap-Vert aux plaines côtières du Ghana, Togo et Benin. Au Nord, elle est limitée par le Sahara. En Erythrée et en Somalie, l'arbre est typique des plaines, tandis qu'au Soudan il se développe dans les montagnes du Nouba et jusqu' à 1500 m d'altitude en Ethiopie. Au Kenya et plus au Sud vers la Mozambique, les populations de *Adansonia digitata* sont côtières ou dispersées dans les zones de basse altitude et dans la savane. En Angola et en Namibie elle est plutôt trouvée dans les régions boisées tandis qu'au Zimbabwe et au Nord de l'Afrique du Sud, c'est une composante de la savane (Wickens, 1982 ; Mulin, 2003). Elle est également répandue dans certaines zones au climat plus équatorial telles que Gabon (Walker, 1953 ; Sillans, 1961), la République Démocratique du Congo et sur les îles africaines à saison sèche marquée, l'Ouest du Madagascar, les Comores et le Sao Tomé. Cette vaste zone de distribution sur le continent africain est notamment liée au peu d'exigences de la plante quant à la qualité du sol, avec néanmoins une préférence pour les sols calcaires, et une large gamme de conditions climatiques favorables (Guinko, 1988 ; Le Bellec *et al.*, 1997 ; Leong Pock & Lumaret, 2010).

Au Sénégal, des peuplements de *Adansonia digitata* sont présents dans tout le pays. En Côte d'Ivoire leur peuplement s'est fait dans les savanes arborée et herbeuse au Centre et au Nord (Diop *et al.*, 2005). Le Baobab est localement implanté dans de nombreuses régions d'Asie (Inde, Sri Lanka, Malaisie, Java, Philippines, Taiwan), dans le Sud de la péninsule arabique, dans bon nombre d'Iles de l'arc Caraïbe, en Guyane, en Floride, à Hawaï, à l'Ile de la Réunion, ou encore en Nouvelle Calédonie (Burton-Page, 1969 ; Wickens, 1982 et Baum, 1995).

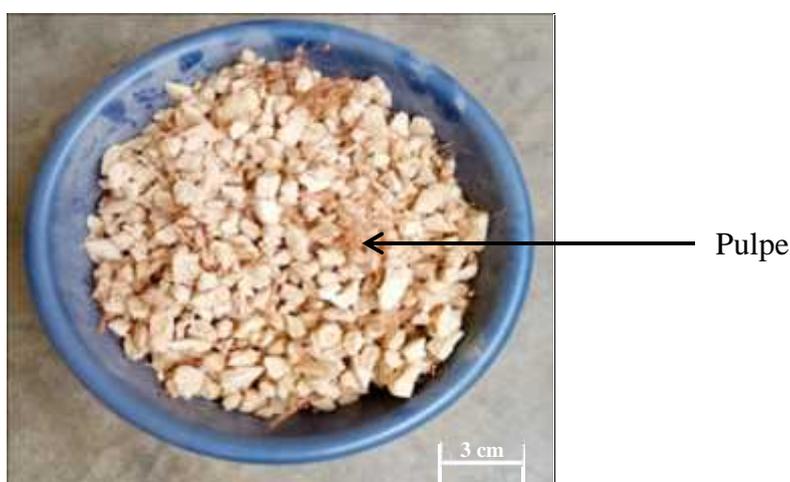


Figure 3: Aire (en noir) de répartition de 8 espèces de Baobab en Afrique.  
Source: Diop *et al.* (2005)

#### 1.4. Usage alimentaire de la pulpe des fruits

Les feuilles tout comme les fruits du Baobab, ont un usage alimentaire. Toutefois, la pulpe (Figure 4) est la composante du fruit la plus largement valorisée. La séparation des graines et des fruits de la pulpe est réalisée soit par voie sèche (pilage modéré puis tamisage) pour obtenir une poudre, soit par voie humide (trempage/malaxage dans l'eau puis tamisage) pour obtenir un produit de consistance pâteuse à liquide (Cissé *et al.*, 2008). La pulpe est alors utilisée directement comme ingrédient dans diverses préparations pour ses propriétés liante, épaississante et acidifiante dans la composition de nombreuses préparations céréaliers telles que les bouillies ou couscous (le «*mutchoyan*» au Bénin ou le «*ngalakh*» au Sénégal) et les sauces ou crèmes d'accompagnement (crème sucrée à base d'arachide grillée et pilée au Sénégal) (Kenne, 1994 ; Haddad, 2000 ; Codjia *et al.*, 2003).

La pulpe est parfois utilisée pour faire coaguler le lait, pour activer la fermentation alcoolique lors de la préparation de boissons à base de jus de cannes à sucre ou de bières de céréales, ou pour épaissir des préparations sucrées cuites à base de fruits locaux (mangue, orange, ditax, etc.) (Leger, 1977 ; Kenne, 1994 ; Yazzie *et al.*, 1994 ; Delisle *et al.*, 1997 ; Sena *et al.*, 1998 ; Maundu *et al.*, 1999 et Codjia *et al.*, 2001). Additionnée d'eau ou de lait à raison de 200 à 400 g/L, la pulpe du fruit du baobab peut être utilisée pour obtenir des boissons sucrées riches en vitamine C ou pour élaborer des sorbets (François, 1993). Elle est de plus en plus valorisée comme «*glace*» et commercialisée sur les places publiques en Afrique. Sur les marchés de Dakar, le prix du pain de singe débarrassé de sa coque (pulpe + graines + fibres) varie de 300 à 400 FCFA/kg selon la période de l'année (Kenne, 1994 ; Sidibé *et al.*, 1998 ; Haddad, 2000).



**Figure 4: Pulpe du fruit de *Adansonia Digitata* recueillie dans un récipient.  
Source : De la présente étude**

### 1.5. Propriétés nutritionnelles de la pulpe des fruits

La pulpe représente entre 14 et 28 % de la masse totale du fruit (Favier *et al.*, 1993 ; Soloviev *et al.*, 2004). Elle se caractérise par une faible teneur en eau, le plus souvent voisine de 15 %. Comme pour la plupart des fruits, les glucides représentent plus de 70 % de la matière sèche et se composent pour moitié de sucres solubles. Parmi les sucres solubles, le glucose est le moins représenté, mais la teneur en sucres réducteurs (glucose + fructose) est supérieure à la teneur en saccharose. La pulpe semble contenir beaucoup d'amidons et de composés pectiques, pour la plupart soluble dans l'eau et faiblement méthoxylés (Tableau II) (Maundu *et al.*, 1999 ; Muray *et al.*, 2001)). La pulpe est relativement riche en fibres de valeur moyenne de  $7 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (Favier *et al.*, 1993 ; Scheuring *et al.*, 1999 ; Gustad *et al.*, 2004 ; Soloviev *et al.*, 2004 ; DeCaluwé *et al.*, 2009). La pulpe du fruit du baobab contient des fibres solubles (22,54 %) et non solubles (22,04 %) dont la quantité peut atteindre 45 g par 100 g de produit (Arnal-Peyrot & Adrian, 1974). La teneur en protéines est voisine de  $1,5 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Et tous les acides aminés essentiels sont présents (Chadare *et al.*, 2009). La teneur en lipide est généralement faible ( $2 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (Nour *et al.*, 1980 ; Lockett *et al.*, 2000). Dans 100 g de pulpe du fruit du Baobab, Wehmeyer (1996) a observé une teneur de 75,6 % de glucides, 2,3 % de protéines et très peu de lipides 0,7 %. Les acides palmitique et linoléique sont les acides gras les plus représentés (Glew *et al.*, 1997).

L'acidité titrable est élevée (supérieure à  $40 \text{ mEq} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ). Parmi les acides organiques présents, l'acide citrique semble être majoritaire et associé à l'acide malique. La présence d'acide tartrique est controversée. Le goût acidulé de la pulpe est dû aux acides organiques tels que l'acide citrique, acide tartrique, acide malique et succinique (Cissé *et al.*, 2008).

La pulpe est riche en composés minéraux. Comme dans la plupart des fruits, le potassium prédomine et le sodium est peu présent. En revanche, les teneurs en calcium, en magnésium et en phosphore sont exceptionnellement élevées. Enfin, la pulpe contient du cuivre, du fer, du manganèse et du zinc. Une masse de 100 g de pulpe contient 293 mg de calcium, 231 mg de potassium, 118 mg de phosphore et 27 mg d'acide alpha linoléique (Busson, 1965 ; Tindall, 1965 ; Toury *et al.*, 1965 ; Municr, 1973 ; Oliveira & De Carvalho, 1975 ; Rivière, 1977).

La qualité vitaminique du produit est intéressante. Sa teneur en acide ascorbique est comprise entre 200 et  $500 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  ; ce qui permet de le classer parmi les fruits riches en vitamine C. Cette teneur semble très variable en fonction de l'arbre et de la maturité du fruit (Favier *et al.*, 1993 ; Scheuring *et al.*, 1999 ; Haddad, 2000 ; Murray *et al.*, 2001 ; Soloviev *et*

*al.*, 2004 ; DeCaluwé *et al.*, 2010). Après extraction à sec de la pulpe du fruit, la teneur en vitamines notamment en acide ascorbique, chute significativement après quelques semaines de stockage à température ambiante, même en emballage clos (Okoh, 1984 ; Iblyemi *et al.*, 1988). Le fruit du Baobab est connu pour sa haute teneur en acide ascorbique. Une masse de 100 g de pulpe peut en effet contenir jusqu'à 300 mg de vitamine C, une quantité 6 fois supérieure à celle présente dans une orange (Cissé *et al.*, 2008). La vitamine A y est également présente en quantités importante. Le fruit contient aussi des quantités importantes d'autres vitamines essentielles, à savoir la thiamine (vitamine B1) la riboflavine (vitamine B2) et la niacine (vitamine pp ou B3) (Benefice & Chevassus-Agnes, 1981 et Mulin, 2003).

Toutes ces propriétés du Baobab font que la pulpe du fruit est souvent immergée dans l'eau pour préparer une boisson rafraichissante et nourrissante (François, 1993).

### **1.6. Transformation de la pulpe en nectar**

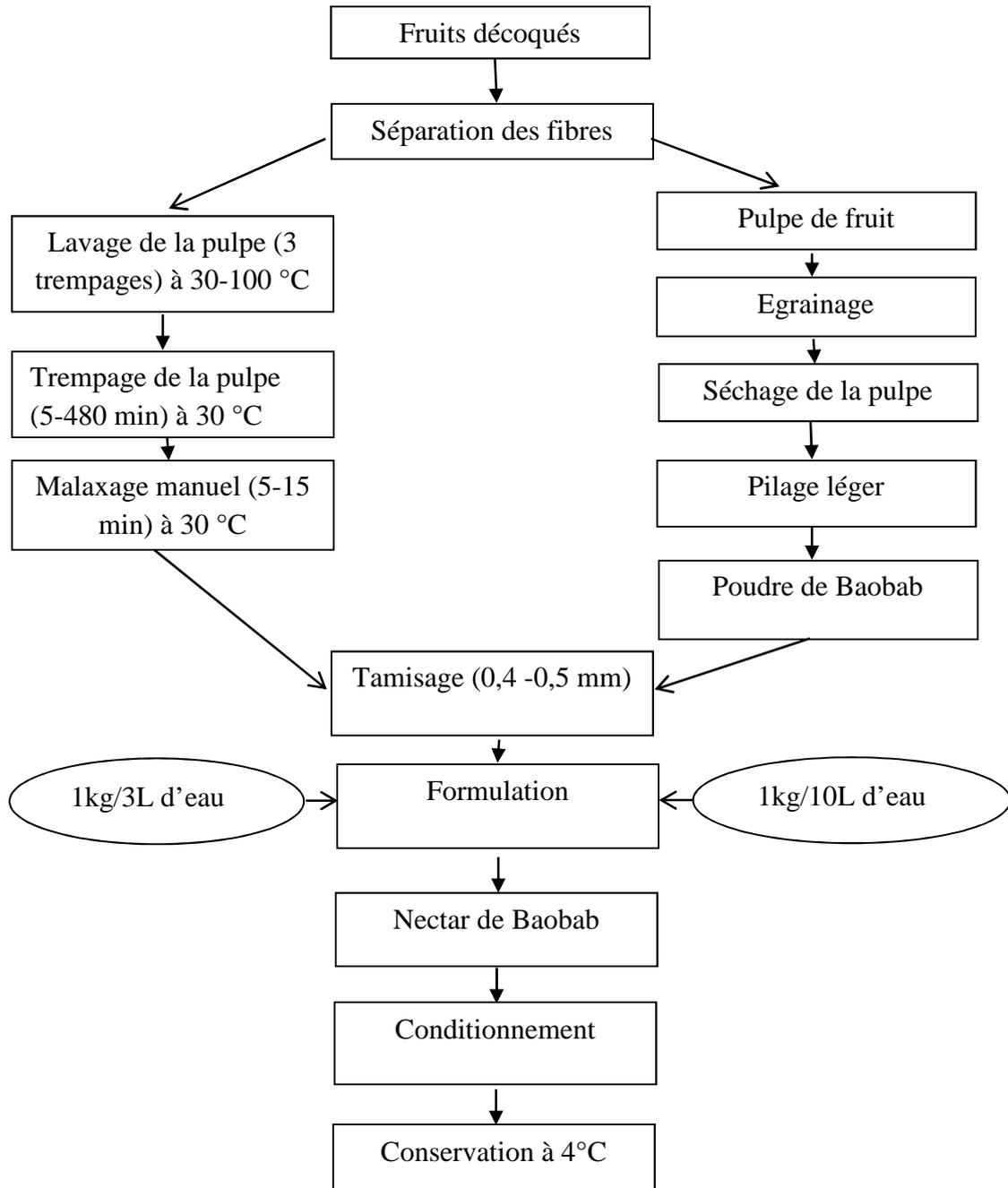
Le fruit du Baobab reste sous-exploité malgré ses caractéristiques nutritionnelles intéressantes. En Afrique, le fruit de baobab est consommé sous différentes formes où il est exclusivement valorisé de manière traditionnelle sous forme de boissons aqueuses ou lactées, généralement destinées au marché de proximité. Le nectar de Baobab reste de loin la boisson la plus vulgarisée. La transformation du fruit et même l'impact des traitements technologiques sur la qualité des produits de boissons ne sont pas suffisamment référencés dans la littérature scientifique. Pourtant, l'évaluation du potentiel technologique de ces fruits, est un préalable au développement de leurs produits de transformation sur les marchés locaux, régionaux et internationaux (Favier *et al.*, 1993 ; Soloviev *et al.*, 2004).

Pour la préparation du nectar au Sénégal, la séparation de la pulpe des graines et des fibres est réalisée par trempage, puis tamisage (Figure 5). Cette séparation de la pulpe des graines et des fibres peut être aisément obtenue en associant un trempage à froid au malaxage (Diop *et al.*, 2005 ; Cissé *et al.*, 2008). Un autre procédé traditionnel amélioré d'élaboration du nectar de Baobab a également été décrit par Cissé (2012) en Côte d'Ivoire. Ces deux procédés diffèrent par le remplacement du trempage direct de la pulpe dans de l'eau par la mise en solution de la poudre de Baobab dans de l'eau (45 °C) et par la proportion d'ingrédients utilisés (160 g/10 L d'eau pour 10 kg de pulpe) comme décrit par Cissé (2012).

**Tableau II: Composition physicochimique et biochimique de la pulpe du fruit de Baobab (*Adansonia digitata* L.) exprimé par kg**

Caractéristique	Unités	Pulpe base humide
Energie	MJ	8,1-13,9
Acidité titrable	meq	400-630
Matière sèche	g	662-953
Glucides totaux		444-804
Sucres solubles totaux		51-346
Saccharose		81-102
Glucose		67-85
Fructose		142-179
Amidon		481
Composés pectiques		450
Cellulose		11
Fibres		11-430
Lipides		1-41
Protéines		14-15
Cendres		18-53
Al	mg	trace
Ca		1560-6550
Cu		98
Ba		trace
Fe		14-76
K		7260
Mg		2090-2300
Mn		8-21
Na		7-46
P		600-3840
Zn		9-21
Acide ascorbique	g	0,2-5,0
Thiamine (B1)	mg	0,1-10,0
Riboflavine (B2)		0,6-0,9
Niacine (B3)		5-22
Pyridoxine (B6)		0,02-0,2
Pro-vitamine A (éq. rétinol)		0,03-3,0

**Source: Wickens (1982); Haddad (2000); Murray *et al.* (2001); Sidibé & Williams (2002)**



**Figure 5 : Diagramme décrivant des procédés traditionnels (à gauche) et modifiés (à droite) d'élaboration du nectar des fruits de Baobab.**

Source : Diop *et al.* (2005) ; Cissé *et al.* (2008) et Cissé (2012)

## 2. *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae)

### 2.1. Historique

Trois thèses sont avancées pour expliquer l'origine du tamarinier à travers le monde. Certains auteurs pensent qu'il serait originaire de l'Inde (Poupon et Chauwin, 1983 ; Bärtels, 1994 ; Wunderlin, 1998), alors que d'autres favorisent la thèse africaine (Grollier *et al.*, 1998). Pour les auteurs tels que Aubreville (1950) cité par Diallo *et al.*, (2007); Giffard (1974) cité par El-Siddig *et al.*, (2006) ; Von Maydell, (1990) et Grovel, (1993), il serait originaire de Madagascar. D'autres auteurs encore pensent qu'il serait originaire des zones des savanes sèches de l'Afrique tropicale au vue d'une faible variabilité morphologique observée au sein de la population (El-Siddig *et al.*, 2006). Très tôt introduit en Inde, d'où il tire d'ailleurs son nom de l'expression «*Tamar Hindi*» ou «datte d'Inde» (principalement du fait de l'aspect de sa pulpe séchée). Cependant, l'espèce a été connue et cultivée en Egypte dès 400 ans avant Jésus Christ. Dans les sculptures indiennes de Brahmasamhita, l'arbre apparaît entre 1200 et 200 ans avant Jésus Christ (Bärtels, 1994 ; Wunderlin, 1998). Au Moyen-âge, les marchands arabes et voyageurs de retour des contrées en Afrique ont permis de faire découvrir le Tamarin aux Européens. Au XVIIe siècle, le Tamarinier fut introduit aux Antilles par les Espagnols (Coronel & Verheji, 1991; Salim *et al.*, 1998).

La vaste distribution à travers le monde lui confère plusieurs appellations : *Tamarindo* (espagnol/portugais), *Tamarin* ou *Tamarinier* (français), *Tamarindizio* (italien), *Mak-kharm* (Thaïlande), *Tamarijn* (antillais), *Ampil* ou *Khous me* (Cambodge), *Mak kham* (Laos) et *Me* (Vietnam) (Morton, 1987 ; Diallo *et al.*, 2007).

### 2.2. Description botanique

#### 2.2.1. Taxonomie

**Règne** : Plantae

**Sous-règne** : Tracheobionta

**Division** : Magnoliopsida

**Sous-classe** : Rosidae

**Ordre** : Fabales

**Famille** : Caesalpinioideae

**Genre** : *Tamarindus*

### 2.2.2. Arbre

Du point de vue botanique, le Tamarinier (Figure 6) du nom scientifique : *Tamarindus indica* L. (Synonymes, *T.occidentalis* Gaerth ; *T.officinalis* Hook) est communément appelé *Tom* en Côte d'Ivoire. Il appartient au sous-embranchement des Angiospermes et à la classe des Dicotylédones, sous-classe des Rosidaes. Cette sous-classe comprend 18 ordres dont celui des Fabales à qui appartient la famille des Fabacées. Le Tamarinier appartient à la famille des fabacées, sous-famille des Caesalpinioïdées (Morton, 1987 ; Diallo *et al.*, 2007) dont il représente la seule espèce dans le genre *Tamarindus* bien qu'il existe plusieurs variétés par continent (El-Siddig *et al.*, 2006). D'une grande longévité, le Tamarinier est un arbre fruitier pérenne de la zone tropicale pouvant atteindre 20 à 30 m de hauteur (Diallo, 2001 ; El-Siddig *et al.*, 2006 ; Bowe, 2007).

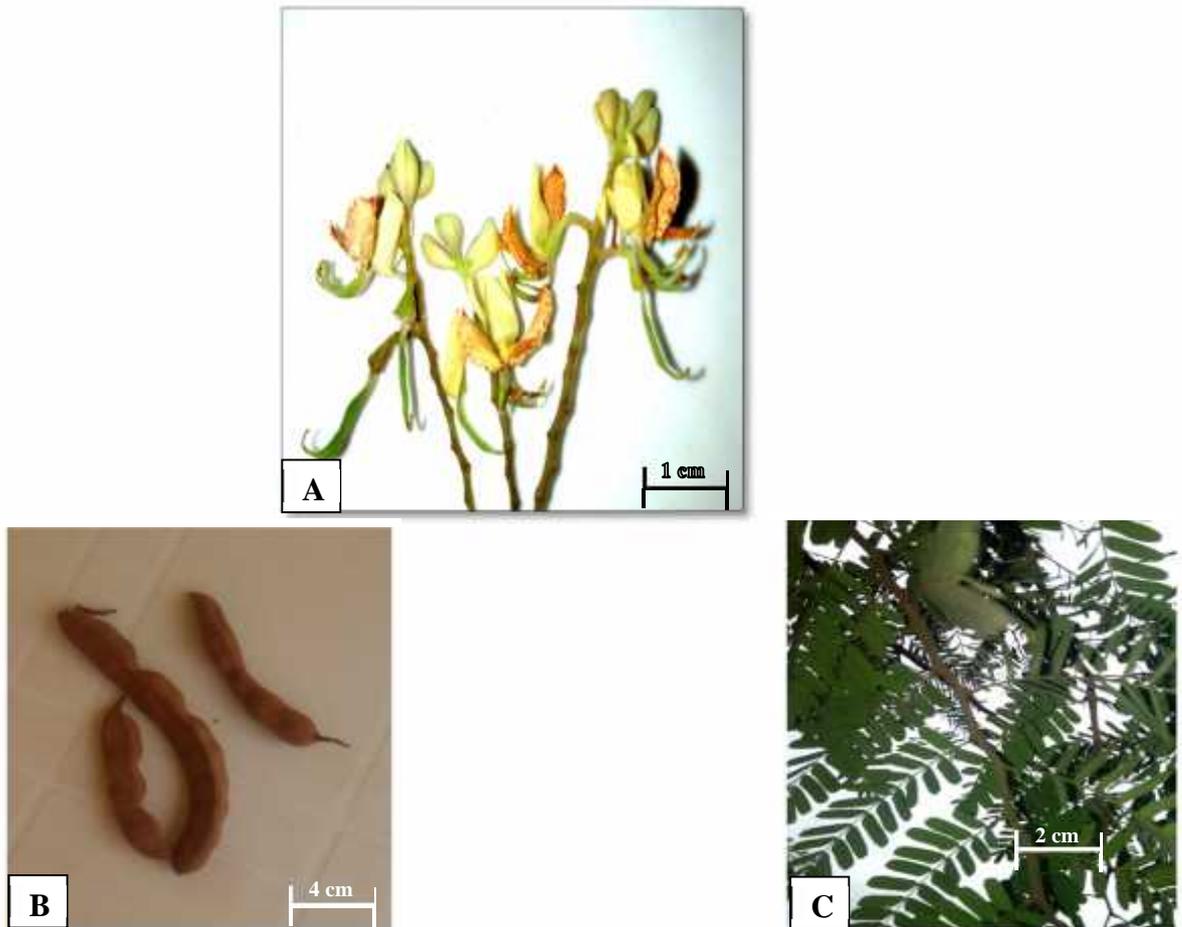
Son large tronc de 8 m de circonférence, porte un feuillage épais et persistant. L'écorce, de couleur grise-brunâtre, est crevassée et écaillée (Figure 6). L'arbre produit une racine drainante profonde et un vaste système racinaire latéral.

Les feuilles (Figure 7C) sont alternes et paripennées (20 à 30 folioles opposées, arrondies aux deux bouts), avec de courts pétioles (environ 1,5 cm de longueur). Les fleurs (Figure 7A) sont de petites tailles (2,5 cm de diamètre) et sont disposées en grappes. Au stade de complète ouverture, elles comptent 4 sépales et une corolle de 5 pétales jaunes striés de rouge.

Le Tamarin (Figure 7B) est une gousse indéhiscente généralement, veloutée de forme allongée (5 à 18 cm de long et 1 à 2 cm de large), droite ou recourbée, plus ou moins bosselée et aux extrémités arrondies (Diallo, 2001 ; El-Siddig *et al.*, 2006 ; Bowe, 2007). La gousse dispose d'un épicarpe externe écaillé, gris clair ou marron, appelé cosse. A l'intérieur se trouve une pulpe (Figure 9) ferme mais douce, épaisse et de couleur brune ou noirâtre. Celle-ci est cernée de trois fibres rigides, branchées depuis la base jusqu'à l'apex. La pulpe est traversée de cavités contenant des graines aplaties, marron et à l'aspect brillant. Chaque gousse peut contenir entre une et douze graines, dont la taille est variable. Une graine comprend une enveloppe externe (25 %) renfermant une amande ou endosperme (75 %). Le poids moyen d'un fruit varie entre 10 et 15 g, approximativement repartis en 30 % de pulpe, 40 % de graine et 30 % de cosse et de fibre (Coronel & Verheji, 1991 ; Salim; *et al.*, 1998 ; Clarins, 2011).



**Figure 6: Morphologie de l'arbre du *Tamarindus indica* L. (*Caesalpinioideae*)**  
Source : Bowe (2007)



**Figure 7: Aspect morphologique des fleurs (A), des fruits (B) et des feuilles (C) de *Tamarindus indica* (Tomi).**  
Source : De la présente étude

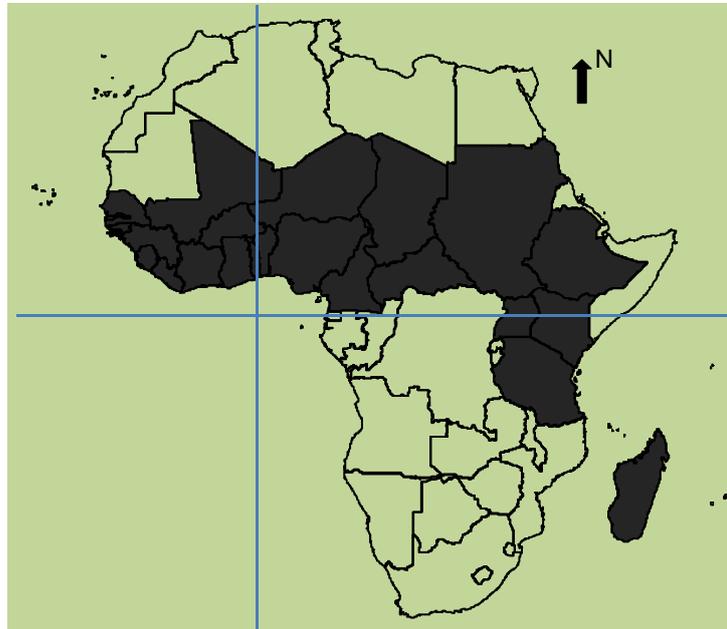
### 2.3. Répartition agro-écologique

Le Tamarinier tolère plusieurs types de sol et des conditions climatiques variables (Diallo, 2001 ; Bowe, 2007 ; Diallo *et al.*, 2007). Il est le plus souvent signalé dans des savanes arborisées à faible altitude. Le Tamarinier prospère de préférence dans les régions arides et la prairie boisée, et se rencontre le long des cours d'eau en zone sèche. Il tolère également l'environnement salin (zone côtière) et le climat de mousson (El-Siddig *et al.*, 2006). Il ne supporte pas le gel même si les sujets adultes présentent une meilleure résistance au froid (El-Siddig *et al.*, 2006 ; Diallo *et al.*, 2007 ; Bowe & Haq, 2010). Dans des zones de production de blé (Pakistan), la bonne production de ce dernier est selon les paysans locaux, prédite par la grosseur des fruits du Tamarinier (Mojeremane & Tshwenyane, 2004).

Le Tamarinier se développe dans des zones où les précipitations annuelles moyennes sont bien réparties et varient de 500 à 1500 mm/an avec une précipitation minimale autour de 250 mm/an (El-Siddig *et al.*, 2006 ; Bowe, 2007). Dans les zones de pluviométrie faible (300-500 mm), les arbres sont habituellement observés dans des zones avec une nappe phréatique superficielle ou le long de cours d'eau (région de *Gnibi* au Sénégal). Une humidité relative faible (< 30 %), est bonne pour le développement du fruit. L'arbre produit plus de fruits une fois qu'il a été soumis à une période sèche assez longue (6 à 8 mois) au cours de l'année et précédent la floraison. Sa résistance à ce climat aride serait due à son système racinaire pivotant et profond (El-Siddig *et al.*, 2006). Le tamarinier peut tolérer des précipitations de 400 mm/an si le sol est drainé mais ne fleurit pas dans de telles conditions (Diallo, 2001). C'est une espèce essentiellement tropicale avec des exigences thermiques se situant entre les bornes de 9-20 °C et de 33-37 °C (Morton, 1987 ; Mojeremane & Tshwenyane, 2004).

Le Tamarinier couvre une aire géographique vaste au niveau mondial, principalement dans les continents américains (régions centrale et latine) et asiatiques (Inde). Sa culture est bien développée en Afrique, mais les plus grands producteurs sont en Amérique (Puerto Rico, Mexique et Costa Rica) mais surtout en Asie notamment l'Inde qui est le plus grand producteur mondial de fruits avec 300000 t/an (Tableau III) (El-Siddig *et al.*, 2006).

En Afrique, l'aire de distribution du tamarinier se retrouve dans la partie au Sud du Sahara qui s'étend du Sénégal à Djibouti et jusqu'à Madagascar (Figure 8). Certains pays africains ont une volonté politique de conservation et de propagation du tamarinier au regard de son importance économique et nutritionnelle reconnue (Burkina Faso, Cameroun, Tchad, Côte d'Ivoire, Guinée, Kenya, Nigeria et Sénégal) selon Diallo (2001) et Bowe & Haq (2010)



**Figure 8: Aire (en noir) de distribution du Tamarinier en Afrique**  
**Source: El-Siddig *et al.* (2006)**

**Tableau III: Gros et petits producteurs de tamarins (non exhaustif)**

Gros producteurs	Production par an (t)	Petits producteurs
Brésil	-*	Cambodge
Costa Rica	221 (1997)	Kenya
Cuba	-*	Sénégal
Puerto Rico	23 (1997)	Tanzanie
Guatemala	-*	Vietnam
Inde	300000 (2000)	Zanzibar
Indonésie	-*	Fiji
Mexico	37 (2000)	Zambie
Sri Lanka	-*	Madagascar
Thaïlande	140000 (1995)	République Dominicaine

-\* Absence de donnée

Source: El- Siddig *et al.* (2006)

#### 2.4. Usage alimentaire de la pulpe des fruits

Bien que le Tamarin soit un fruit, il est très peu consommé frais en dessert. Traditionnellement, la pulpe (Figure 9) est utilisée comme condiment dans l'élaboration de plats tels que les currys en Inde ou certaines sauces en Afrique et Asie. Il est également consommé sous forme de bonbon acidulé pimenté, sucré (Asie, Réunion) ou salé (Mexique). Le plus souvent, la pulpe de tamarin acide et riche en sucre est utilisée pour la confection de boissons, que ce soit sous forme d'infusions ou de jus comme l'«eau de tamarin» en Afrique (Diallo, 2001). Ces jus sont généralement composés, d'eau, de pulpe et de sucre permettant de neutraliser l'acidité du fruit. Ces boissons acidulées sont connues sous le nom de *Refresco de Tamarindo* en Amérique latine ou *Tamarinade* aux Antilles et *Tomidji* en Côte d'Ivoire. La pulpe est employée comme épice dans la cuisine indienne et du Moyen-Orient. Elle donne une saveur aigre. Il est utilisé dans les plats de lentille, les chutneys doux, ou sert à parfumer le riz. C'est un ingrédient important de la *Worcestershire sauce*. Le jus très acide (riche en acide tartrique) trouve un usage comparable au jus du citron (El-Siddig *et al.*, 2006 ; Orwa *et al.*, 2009).



**Figure 9: Pulpe des fruits de *Tamarindus indica* (Tomi)**  
Source : De la présente étude

## 2.5. Propriétés nutritionnelles de la pulpe des fruits

A maturité du fruit, la pulpe est acidulée, sucrée et de couleur brune rougeâtre. Le Tamarin se caractérise par une faible teneur en eau qui avoisine 38 %, et une quantité importante de protéines, de glucides et d'éléments minéraux (Tableau IV). Il s'agit sans doute du fruit le plus riche en ces trois catégories de nutriments. La pulpe présente également une quantité abondante de pectines (Grollier *et al.*, 1998). Riche en sucres réducteurs, la pulpe renferme également une quantité importante d'acides organiques. Ces derniers sont constitués à 98 % par l'acide tartrique inhabituel dans les tissus végétaux, présent sous forme libre ou sous forme de bitartrates de calcium et de potassium. A la différence des autres fruits, l'acidité du tamarin ne s'estompe pas avec la maturation, ce qui indique que l'acide tartrique n'est pas utilisé lors du développement du fruit. Pendant ce temps, la quantité de sucres réducteurs augmente pour donner un goût plus doux à ce fruit aigre. C'est pourquoi, le Tamarin est connu comme étant le fruit le plus acide et sucré à la fois (Grollier *et al.*, 1998).

Par ailleurs, la quantité d'acide ascorbique présente dans la pulpe de Tamarin est non négligeable. D'autres acides organiques sont également présents comme les acides oxalique, succinique, citrique et quinique. En dehors de l'acide ascorbique, la pulpe est une bonne source en certaines vitamines. La riboflavine, la thiamine et la niacine sont présentes dans des quantités intéressantes. Cependant, la pulpe est dépourvue de vitamine A. La pulpe de Tamarin renferme également d'importantes quantités de minéraux. En effet, la pulpe est riche en potassium, phosphore, calcium, magnésium et sodium. Elle a une bonne source de fer, mais le contenu en zinc est plutôt faible (Grollier *et al.*, 1998). Malgré sa richesse en protéines, glucides, vitamines et minéraux, et sa forte valeur énergétique, le Tamarin profite peu à l'homme qui le consomme rarement frais. Le principal composé responsable de l'arôme de la pulpe est le 2-acétyl-furanne. Néanmoins, il est associé à de nombreux composés volatiles. Les constituants volatiles majoritaires dans la pulpe sont des dérivés furanes (44,4 %) et des acides carboxyliques (38,2 %), dont le furfural (38,2 %), l'acide palmitique (14,8 %), l'acide oléique (8,1 %) et la phénylaldéhyde (7,5 %). Ces composés sont les plus représentés. Hormis ces quelques substances, il existerait 81 molécules volatiles différentes dans la pulpe dues à un anthocyane rouge-rose soluble dans l'eau (Tableau V).

**Tableau IV: Composition physicochimique et biochimique de la pulpe du Tamarin**

Éléments nutritifs	Pulpe
Eau (g)	-
Matière sèche (g)	62,0
Protéines (g)	6,3
Glucides (g)	81,0
Lipides (g)	1,4
Acide tartrique (g)	21,2
Fibre (g)	-
Cellulose (g)	5,6
Pectine (g)	2,8
Cendre (g)	-
Éléments minéraux (g)	3,5
Acide ascorbique (mg)	18,0
Thiamine ( <b>B1</b> ) (mg)	0,6
Riboflavine ( <b>B2</b> ) (mg)	0,2
Niacine ( <b>B3</b> ) (mg)	0,6
K (mg)	597,8
P (mg)	155,0
Ca (mg)	179,9
Mg (mg)	78,0
Na (mg)	75,3
Fe (mg)	3,1
Cu (mg)	21,8
Zn (mg)	1,1
S (mg)	36,0
Mn (mg)	9,6
Ni (mg)	0,5

- Absence de donnée

Sources : Grollier *et al.* (1998) et El-Siddig *et al.* (2006)

**Tableau V: Principaux composés responsables de l'arôme de la pulpe du Tamarin**

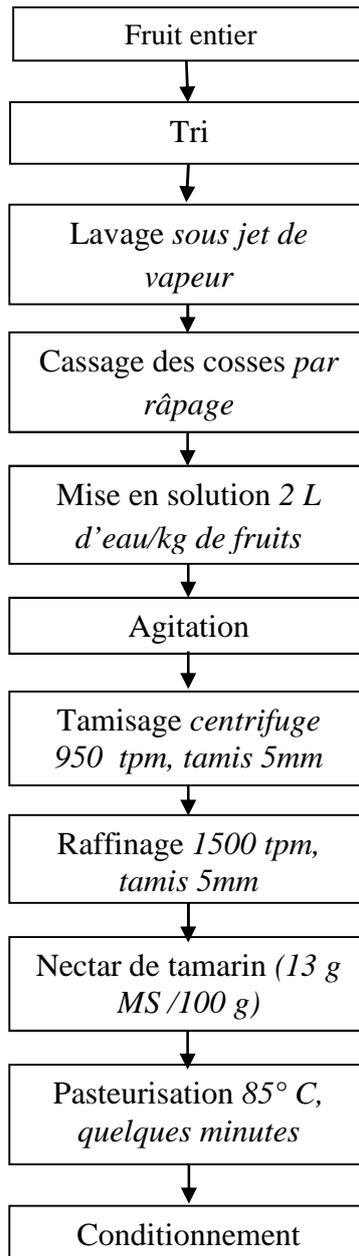
Note caractéristique	Composé d'arôme
Balsamique	2- cétyl-furanne, furfural, 5-méthylfurfural
Grillé	5-pyrazines, 2-alkythiazoles
Agrume	Limonène, terpinène-4-ol, néral, -terpinéol, gérianol
Epicé	Salicylate de méthyle, safrol, ionones, cinnamaldéhyde, cinnamate d'éthyle

Source: Grollier *et al.* (1998)

## 2.6. Transformation de la pulpe en nectar

Le nectar de Tamarin est le produit de transformation le plus consommé dans le monde issu du Tamarinier (Grollier *et al.*, 1998). Les principales étapes de fabrication industrielle du jus de tamarin sont représentées sur la Figure 10. L'extraction de la pulpe est une opération délicate car, de par sa faible teneur en eau, la pulpe est de nature collante. Une extraction mécanique seule du jus n'est donc pas possible. Il est nécessaire de l'associer à une mise en solution (à chaud ou à froid) du fruit écosé pour permettre la séparation de la pulpe des fibres et des graines. L'extraction à froid présente l'avantage de ne pas extraire les bitartrates insolubles: le produit final ne présentera pas de trouble lors du stockage. L'extraction à chaud, bien que plus rapide, est plus coûteuse en énergie. De plus, les bitartrates sont extraits par la chaleur et une fois refroidi, ils précipiteront et l'extrait présentera un trouble.

Pour obtenir des jus limpides, une clarification est possible. Au Venezuela, une clarification par collage à la gélatine suivie d'un filtrage a été mise en place (Merceron, 1997). Cependant, celle-ci modifie la couleur, l'arôme et la saveur du jus. De par cette technologie, la boisson obtenue ne peut pas légalement être appelée «jus», puisqu'il s'agit en fait d'une extraction par diffusion. Le produit final est donc une solution de substances solubles, et non un jus de fruit. Ces boissons titrent entre 10 et 20 ° Brix et ont une acidité comprise entre 2 et 4 % (Grollier *et al.*, 1998). Le jus de tamarin est produit partout dans le monde et peut être conditionné sous différentes formes notamment en canettes en Thaïlande, la brique en carton en Martinique, en bouteille et en verre au Brésil, et en doypack en Madagascar.



**Figure 10 : Diagramme de transformation de la pulpe de Tamarin en nectar**

**Source : Grollier *et al.* (1998)**

### 3. *Parkia biglobosa* L. (Mimosoideae)

#### 3.1. Historique

*Parkia biglobosa* est originaire des zones sahéliennes et soudanaises. Le nom de l'épithète spécifique «*biglobosa*» fait référence au capitule sphérique précédé d'une autre partie globuleuse au sommet du pétiole, ce qui fait deux globes l'un sur l'autre. Le genre *Parkia* a été décrit pour la première fois par Robert Brown en 1826 et lui donna le nom de Mungo Park, un Ecossais qui a fait 2 voyages remarquables d'exploration, à l'intérieur de l'Afrique occidentale, en 1795-1797 et en 1805 (Hagos, 1962 ; Busson, 1965 ; Diop, 2005 ; Orwa *et al.*, 2009). Selon Adanson (1757), la mention écrite la plus reculée concernant l'espèce a été citée par nombreux explorateurs d'Afrique dont René Caillé au cours de ses voyages entre 1819 et 1828. Après plusieurs révisions de ladite mention, la plus récente est proposée par Hopkins (1983), qui s'est inspiré des travaux de plusieurs auteurs dont Keay (1958) et Hagos (1962). Hopkins (1983) a listé les binômes *P. africana* R.Br. et *P. clappertoniana* Keay, les synonymes *P. biglobosa* de même que ses noms usuels suivants: Néré, Nété, Mimosa poupre, Arbre à farine, caroubier.

#### 3.2. Description botanique

##### 3.2.1. Taxonomie

**Règne** : Plantae

**Sous-règne** : Tracheobionta

**Division** : Magnoliopsida

**Sous-classe** : Rosidae

**Ordre** : Fabales

**Famille** : Mimosaceae

**Genre** : *Parkia*

##### 3.2.2. Arbre

*Parkia* appartient à la famille des Mimosoideae ou Mimosaceae (Bonkougou, 1987). C'est un genre pantropical renfermant 34 espèces réparties dans 3 centres de diversités distinctes en Amérique du Sud (18 espèces), en Afrique (4 espèces dont une à Madagascar) et en Asie (12 espèces) (Hopkins, 1983 et 1986 ; Hopkins & White, 1984 ; Luckow & Hopkins, 1995 ; Luckow, 2005 ; Sina, 2006). Les 4 espèces africaines sont *Parkia biglobosa*, *Parkia*

*bicolore*, *Parkia filicoidea* et *Parkia madagascariensis*. Parmi ces espèces seule *Parkia biglobosa* (Figure 11) est caractéristique des savanes arborées de la région soudanienne alors que les deux autres espèces africaines continentales sont principalement des espèces de forêts pluviales. L'espèce de Madagascar se distingue des autres espèces du genre par le type et la disposition des fleurs sur le capitule, la couleur et la forme des inflorescences, la taille des feuilles et la fusion de la corolle (Luckow & Hopkin, 1995 ; Luckow, 2005 et Sina, 2006). Cet arbre est appelé couramment Néré de son nom en bambara. Il est aussi connu en langue française sous le nom de Mimosa pourpre (en raison de sa ressemblance de sa feuille), arbre à farine, arbre fauve, et caroubier africain pour la ressemblance de sa gousse avec celle du caroubier (Kerharo & Adam, 1974 et Hopkins, 1983). C'est un arbre de 10 à 20 m de haut mais pouvant atteindre 30 m, à cime dense s'étalant largement et en forme d'ombrelle, constituée de grosses branches formant une couronne large, se propageant largement avec des branches basses sur un tronc robuste, cylindrique, jusqu'à 130 cm de diamètre, souvent ramifié à faible hauteur.

L'écorce de cet arbre est distinctement fissurée longitudinalement, souvent avec des écailles plus ou moins régulières entre les fissures, épaisses, gris cendré à brun grisâtre, tranche fibreuse et brun rougeâtre, exsudant une gomme ambrée (Hagos, 1962 ; Satabié, 1989 ; Aké-Assi & Guinko, 1991 ; Arbonnier, 2002). Les fleurs de *Parkia biglobosa* (Figure 12B) sont étroites, de couleur rouge, gamopétales, hermaphrodites avec des lobes de corolle petits (1 à 3 cm de longueur) (Ouédraogo, 1995 et Ouédraogo *et al.*, 2012). Les fruits sont de longues gousses, suspendus en grappes, contenant de nombreuses graines noires enrobées de pulpe jaune. Un arbre peut donner jusqu'à 100 kg de graines par an. La gousse de couleur brune rose à brun foncé en maturité mesure environ 45 cm de long et 2 cm de large. Elle peut contenir jusqu'à 30 graines noyées dans un péricarpe jaune (Figure 12C). Les gousses brunâtres glabres sont légèrement aplaties plus ou moins linéaires de 12 à 30 cm de longueur et 1,5 à 2 cm de largeur. Elles pendent à l'extrémité de longs pédoncules (Ouédraogo, 1995).

Les graines ovoïdes, de couleur brunâtre à noirâtre, à tégument dur, lisse avec pleurogramme, sont contenues dans une pulpe farineuse jaunâtre, sucrée comestible. Il est possible de compter jusqu'à 23 graines, tapissant toute la cavité de la gousse. Ces graines sont de grande taille avec de grands cotylédons formant environ 70 % de leur poids. Les feuilles bipennées alternes avec des rachis long de 20 à 40 cm comprennent 6 à 18 paires de pennes, comprenant 13 à 60 paires de foliolules, 0,5 à 1,5 cm de largeur et 1,5 à 2 cm de longueur, à sommet arrondi et base asymétrique, présentant 3 nervures sur la face supérieure et serrées les

unes contre les autres. Les foliolules sont glabres, seuls les bords sont finement pubescents. Le pétiole long de 4 à 10 cm, à base épaisse, porte une glande cratériforme caractéristique (Figure 12A). Les inflorescences en larges capitules sphériques de 4,5 à 7 cm de longueur et 3,5 à 6 cm de diamètre, biglobose mais avec une partie distale beaucoup plus large, pendent à l'extrémité de longs pédoncules de 10 à 35 cm de long (Ouédraogo, 1995). Le système racinaire du *P. biglobosa* dispose d'une racine pivotante avec un diamètre qui devient moins important plus la racine explore les profondeurs du sol. Selon Breman & Kessler (1995), sa longueur est inférieure à 2 m. En dehors des racines pivotantes, des racines latérales dont la longueur peut atteindre 10 m sont aussi rencontrées (Tomlinson *et al.*, 1988).



**Figure 11: Morphologie de l'arbre de *Parkia biglobosa* L. (Mimosoideae)**  
Source : De la présente étude



**Figure 12 : Aspect morphologique des feuilles (A), de la fleur (B) et des fruits (C) de *Parkia biglobosa* (Néré).**  
Source : De la présente étude

### 3.3. Répartition agro-écologique

L'aire naturelle des peuplements du Néré se situe dans la bande comprise entre 5 °N et 15 °N et s'étend de la côte atlantique au Sénégal jusqu'au Sud du Soudan et au Nord de l'Ouganda. La zone est plus large en Afrique de l'Ouest (maximum 800 km) et se rétrécit vers l'Est, soit approximativement entre le 18° degré de longitude Ouest et le 30° degré de longitude Est (Hopkins & White, 1984).

En Afrique (inclus São Tomé) et à Madagascar, les quatre espèces du genre *Parkia* sont: *Parkia biglobosa*, répandue dans les savanes soudanaise et guinéenne, *Parkia bicolor*, dans les forêts secondaires et primaires, *Parkia filicoideae*, dans les forêts primaires et *Parkia madagascariens* dans l'île de Madagascar. D'après Shao (2000), *Parkia biglobosa* est représentée dans 20 pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée Bissau, Mali, Niger, Nigeria, Sénégal, Sierra Leone, Togo), du Centre (Cameroun, Centrafrique Tchad, République démographique du Congo) et de l'Est (Soudan, Ouganda) (Figure 13). Des plantations expérimentales ont été établies en Tanzanie. Il a été introduit aux Indes occidentales dans les Caraïbes, il y a plus de 200 ans, probablement suite au commerce des esclaves, et plus tard probablement en Guyane (Bonkoungou, 1987). Sa présence en Ethiopie est signalée par Hagos (1962) et Hopkins (1983). Le Néré est un arbre des anciennes forêts sèches guinéennes (Aubreville, 1950). *Parkia biglobosa* est enregistré très tôt dans la littérature des Antilles où il a apparemment été introduit comme une plante alimentaire au 18e siècle, en provenance de l'Afrique occidentale.

Espèce de savanes soudanaise et Soudano-guinéenne répandue dans les champs et jachères, le Néré supporte un large éventail climatique dont la principale constante est en général une saison de 5 à 7 mois par an. Ainsi, il peut pousser dans des régions à pluviométrie annuelle de 500-800 mm du sahel, mais il est trouvé également dans des régions à pluviométrie beaucoup plus élevée comme en Guinée-Bissau (2200 mm), en Sierra Léone (3500 mm) et en Guinée Conakry (4500 mm). Il préfère les régions avec une température annuelle moyenne de 27 °C (Sina & Traoré, 2002) mais supporte des températures plus basses et on le trouve jusqu'à 1350 m d'altitude du côté des monts du Fouta Djallon en Guinée Conakry (Hopkins et White, 1984 ; Von Maydell, 1990 ; Hall *et al.*, 1997). Même s'il préfère les sols limoneux profonds bien drainés et fertiles, il est aussi rencontré sur des sols latéritiques peu profonds, des pentes caillouteuses et des collines rocailleuses. Au Burkina Faso, la prospection des peuplements naturels de l'espèce révèle sa présence sur les sols sableux, sablo-argileux, argilo-sableux, gravillonnaire (Maïga, 1987).

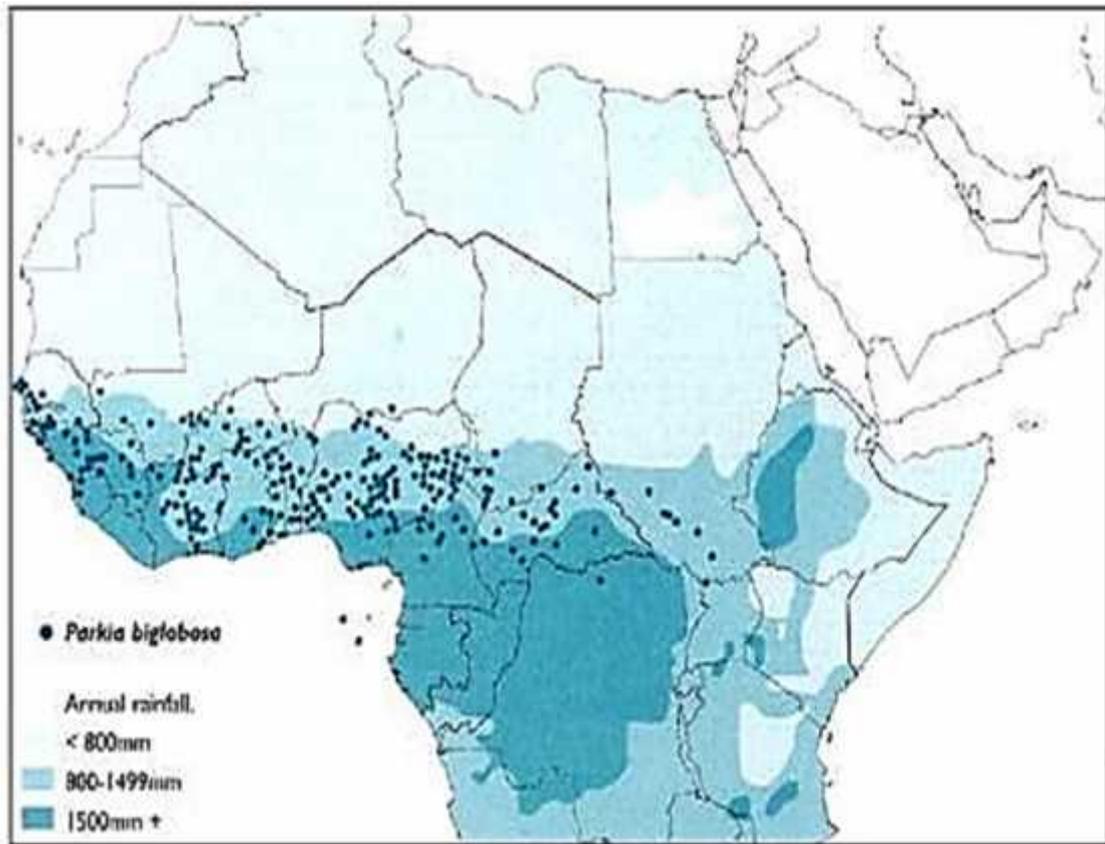
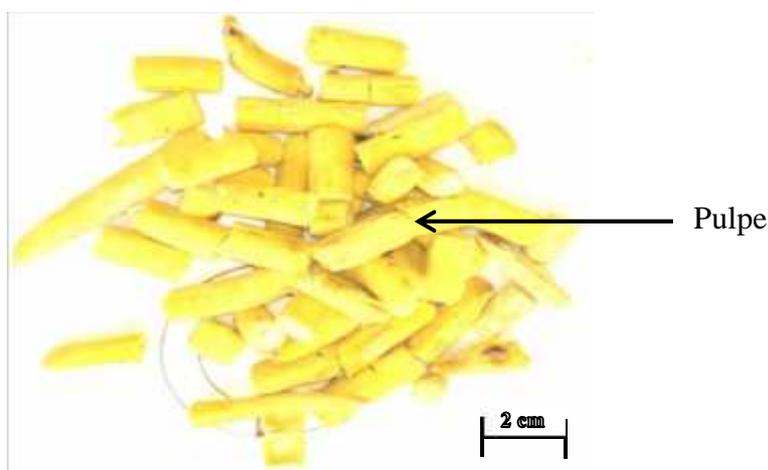


Figure 13: Aire de répartition de *Parkia biglobosa* (Néré) en Afrique  
Source: Hall *et al.* (1997).  
Point bleu : présence de *Parkia biglobosa*

### 3.4. Usage alimentaire de la pulpe des fruits

La pulpe de Néré (Figure 14) représente 39 % en poids du fruit débarrassé de sa gousse (Bonkougou, 1987 ; Busson, 1965). Elle est généralement consommée dans les mois qui suivent la récolte. Les enfants en sont très friands et ils la consomment à même la gousse ou bien délayée dans de l'eau et plus rarement dans du lait. La pulpe joue un rôle alimentaire important à une période de l'année où les céréales commencent à faire défaut et où les travaux champêtres s'amorcent. Des cultivateurs du Nord de la Côte d'Ivoire ont l'habitude de consommer la pulpe de Néré le matin avant d'aller travailler aux champs, sans éprouver la moindre sensation de faim jusqu'au soir (Ouédraogo, 1995).

La pulpe joue en effet le rôle d'un substitut de céréales ou de tubercules. Les personnes âgées constituent des stocks de pulpes pour les périodes de pénuries alimentaires, précisément lorsque les jeunes travailleurs quittent les villages pour rejoindre les campements pendant plusieurs jours de suite (Aubreville, 1950). De façon générale, la pulpe est consommée par les producteurs eux-mêmes et son commerce est bien localisé que celui des graines. La farine peut se consommer sans préparation ou après délayage dans de l'eau pour produire un breuvage ou une pâte plus ou moins solide selon les goûts. La pulpe farineuse des fruits est consommée ou mélangée avec de l'eau afin de préparer une boisson sucrée et rafraîchissante riche en hydrates de carbone. Elle est aussi fermentée pour donner de la boisson alcoolisée. Mélangée à la farine de maïs, la pulpe est utilisée pour la préparation de couscous. Elle est délayée dans de l'eau pour produire une pâte solide qui donne des gâteaux après friture (Bonkougou, 1987 ; Ki, 1994 ; Ouédraogo, 1995 ; Sina & Traoré, 2002 ; Sina, 2006).



**Figure 14: Pulpes des fruits de *Parkia biglobosa* (Néré)**  
**Source : De la présente étude**

### 3.5. Propriétés nutritionnelles de la pulpe des fruits

La pulpe jaunâtre contenue dans le fruit (Figure 14) fournit une farine très riche en saccharose qui en fait un excellent aliment énergétique (Tableau VI). La teneur en hydrates de carbone de la pulpe est élevée (63,7 g pour 100 g de matière sèche) et en lipides est comparée à celle de la mangue. Ces hydrates de carbones sont composés de sucres réducteurs et de sucres non réducteurs. La pulpe de Néré contient une faible teneur en protéines (2,1 %) par rapport à celle du baobab ou pain de singe (3,2 %). Toutefois, les protéines contenues dans la farine de Néré apportent la totalité des acides aminés essentiels à l'organisme dont les plus importants sont l'acide glutamique (39,7 mg/g) et l'acide aspartique (21,4 mg/g). La farine de Néré est une excellente source de potassium (1525-1817 mg/100 g), de fer (de l'ordre de 15,5 mg/100 g) mais aussi de vitamines C (de l'ordre 291 mg/g) et B<sub>2</sub> (Bonkougou, 1987 ; Sacandé & Clethero, 2007).

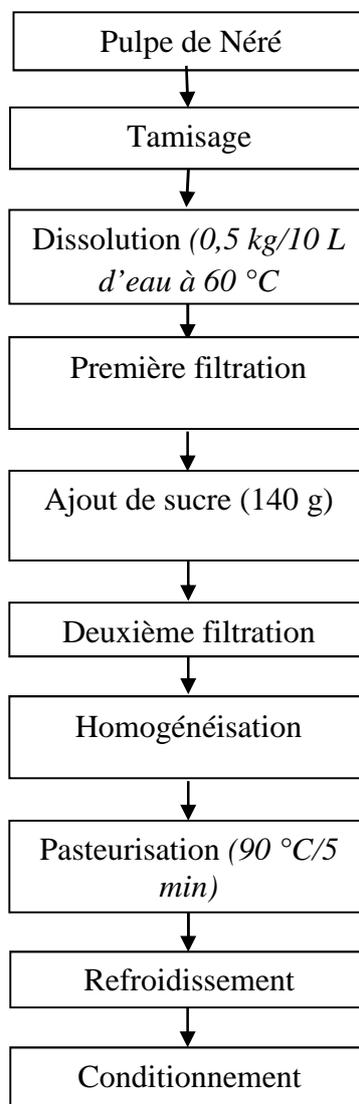
**Tableau VI: Composition biochimique de la pulpe des fruits de Néré**

Caractéristique	Unités	Pulpe
Eau	g/100 g	4,8
Protides	//	2,1
Lipides	//	1
Hydrate de carbone	//	63,7
Cendre	//	28,7
Valeur énergétique	Kcal/100 g	272
Calcium	mg/100 g	100-150
Phosphore	//	96-100
Fer	//	7,97-19,49
Sodium	//	164-179
Zinc	//	1,16-1,75
Nitrate	//	237,82-261,82
Ammonium	//	63,89-79,34
Soufre	//	183,38-394,03
Cuivre	//	0,3-0,49
Magnésium	//	162-233

Sources: Kerharo & Adam (1974) ; Diawara *et al.* (2004)

### 3.6. Transformation de la pulpe en nectar

Traditionnellement, la pulpe est consommée crue ou sous forme de bouillie ou avec de l'eau. Les populations consomment entre les repas quand la pulpe ne remplace pas ces repas. Autrefois, les populations la mélangeaient avec du miel et ou du citron (Bonkougou, 1987 ; Ki, 1994). Dans certaines régions, la consommation de la pulpe connaît une perte de vitesse. Pour des raisons économiques, une partie des gousses de Néré sont cueillies encore vertes pour la vente exclusive et imminente des graines. Dans une dynamique de valorisation de pulpe, Ouattara (2011) a mis en place un procédé de production du nectar à partir de la pulpe de Néré (Figure 15).



**Figure 15: Diagramme de production du nectar de Néré.**  
**Source: Ouattara (2011)**

### III. VALEURS NUTRITIVES DES NECTARS DE BAOBAB, TOMI ET NERE

D'après la définition encyclopédique, le jus de fruits correspond au suc naturel des fruits obtenu par pression ou centrifugation. Suite à cette définition, la réglementation européenne (décret français no 2003-238 du 1<sup>er</sup> septembre 2003) a défini 5 types de jus : **1.** « **le jus de fruits** » obtenu par simple pression des fruits ; **2.** « **le jus de fruits** » obtenu à partir d'un concentré, produit obtenu en remettant dans le jus de fruits concentré l'eau extrait lors de la concentration ; **3.** « **le jus de fruits concentré** », jus obtenu par élimination d'environ 50 % de l'eau de constitution ; **4.** **le jus de fruits deshydraté/en poudre**, produit obtenu par élimination de la quasi-totalité de l'eau de constitution ; **5.** « **le nectar de fruits** », produit obtenu en ajoutant de l'eau et du sucre à une purée (pulpe) de fruit deshydratée.

Les nectars de Baobab, Tomi et Néré sont rencontrés sur les marchés ruraux et urbains et même aux abords des routes des villes et grandes agglomérations. Force est de constater que la littérature scientifique ne fait mention que de la composition biochimique et de valeur alimentaire et nutritionnelle des pulpes utilisées pour élaborer ces nectars (Bonkougou, 1987 ; Grollier *et al.*, 1998 ; Cissé, 2012). Malheureusement, les données relatives à la caractérisation biochimique et à la valeur nutritive des boissons issues de ces trois fruits restent encore insuffisantes. Seuls les travaux de Cissé *et al.* (2008) ont permis d'évaluer les contenus protéiques (0,2 %) et en cendres (0,2 %) du nectar de Baobab au Sénégal.

Bien que des études plus ou moins récentes sur ces trois différents nectars (Cissé *et al.*, 2008 ; Grollier *et al.*, 1998 ; Ouattara, 2011) ont révélé leur caractère acide (2 pH 4), il n'existe aucune information sur leur profil sensoriel en vue de prendre en compte les aspirations des consommateurs pour des améliorations technologiques. L'évaluation ou l'analyse sensorielle est un ensemble de techniques permettant de mesurer les perceptions sensorielles provoquées par un produit grâce au 5 sens humains (vue, ouïe, odorat, goût, toucher). De même, aucune donnée sur les conséquences de la consommation de ces nectars sur l'organisme n'a encore été abordée sachant que leur élaboration est faite à partir des pulpes riches en sucres simples avec apport de sucres. Cette dernière approche peut être perçue à travers la connaissance des index glycémique (IG) et charge glycémique (CG) de ces nectars. En effet, l'IG apparaît être le baromètre clinique, capable de donner des renseignements sur le comportement des glucides d'un aliment dans l'organisme. L'IG est donc la mesure qui permet de décrire l'influence de la consommation de glucides sur la glycémie (Wolever, 2013). Il est utilisé pour décrire le type de glucides contenus dans un aliment susceptible d'avoir une influence sur l'augmentation de la glycémie. Il permet de

quantifier le pouvoir hyperglycémiant d'un aliment donné en fonction de celui d'un aliment de référence (le pain blanc ou le glucose) (Brouns *et al.*, 2005 ; Kalergis *et al.*, 2005 ; Wolever, 2013). L'IG de chaque aliment est calculé en divisant l'aire sous la courbe (ASC) de l'aliment par l'aire sous la courbe (ASC) du glucose, le tout multiplié par 100 chez un même sujet. Les aliments testés sont classés selon qu'ils ont un IG bas:  $IG \leq 55$ , un IG moyen:  $55 < IG < 70$  ou un IG élevé :  $IG \geq 70$  (Augustin *et al.*, 2015; FAO/OMS, 1998 ; ISO/FDIS 26642: 2010, 2010).

Si la notion d'index glycémique reste la plus répandue pour mesurer les variations d'impact d'un aliment sur la glycémie, la charge glycémique (CG) de l'aliment est également une notion importante car elle renseigne sur la quantité physiopathologique de glucides ingérés. Dérivée du concept de l'IG, la notion de CG a été introduite en 1997 par des chercheurs de l'Université de Harvard aux États-Unis pour mesurer l'effet glycémique global d'une portion d'aliment (Salmerón *et al.*, 1997). À ce jour, la CG est devenue un outil incontournable et particulièrement en épidémiologie nutritionnelle pour évaluer les effets physiologiques des apports glucidiques sur l'incidence d'un état pathologique (Afssa, 2004). Par définition, la CG d'un aliment correspond au produit de son IG par la quantité de glucide disponible ingérée d'une portion donnée de cet aliment, divisé par 100 (Salmerón *et al.*, 1997). La CG permet de prédire la répercussion qu'aura la consommation d'une quantité bien déterminée d'aliments sur la glycémie et par conséquent sur la réponse insulinaire lors d'un repas (Augustin *et al.*, 2015). Sa conception a en outre permis de faire disparaître l'exclusion conférée à certains aliments comme par exemple la carotte. En effet, les carottes possèdent un IG élevé mais la quantité totale de glucides apportée par une consommation usuelle de carottes est faible, d'où une CG peu élevée. Les aliments ayant une  $CG \geq 20$  ont été considérés comme CG élevée. Ceux dont la CG est comprise entre 11 et 19 ont été considérés comme CG moyens et les aliments à CG basse l'ont été pour des valeurs  $\leq 10$  (Brand Miller *et al.*, 2003 ; Venn & Green, 2007). La CG journalière est basse si elle est inférieure à 80 g et élevée si elle est supérieure à 120 g. Pour une santé optimale, une CG quotidienne inférieure à 100 est à maintenir.

---

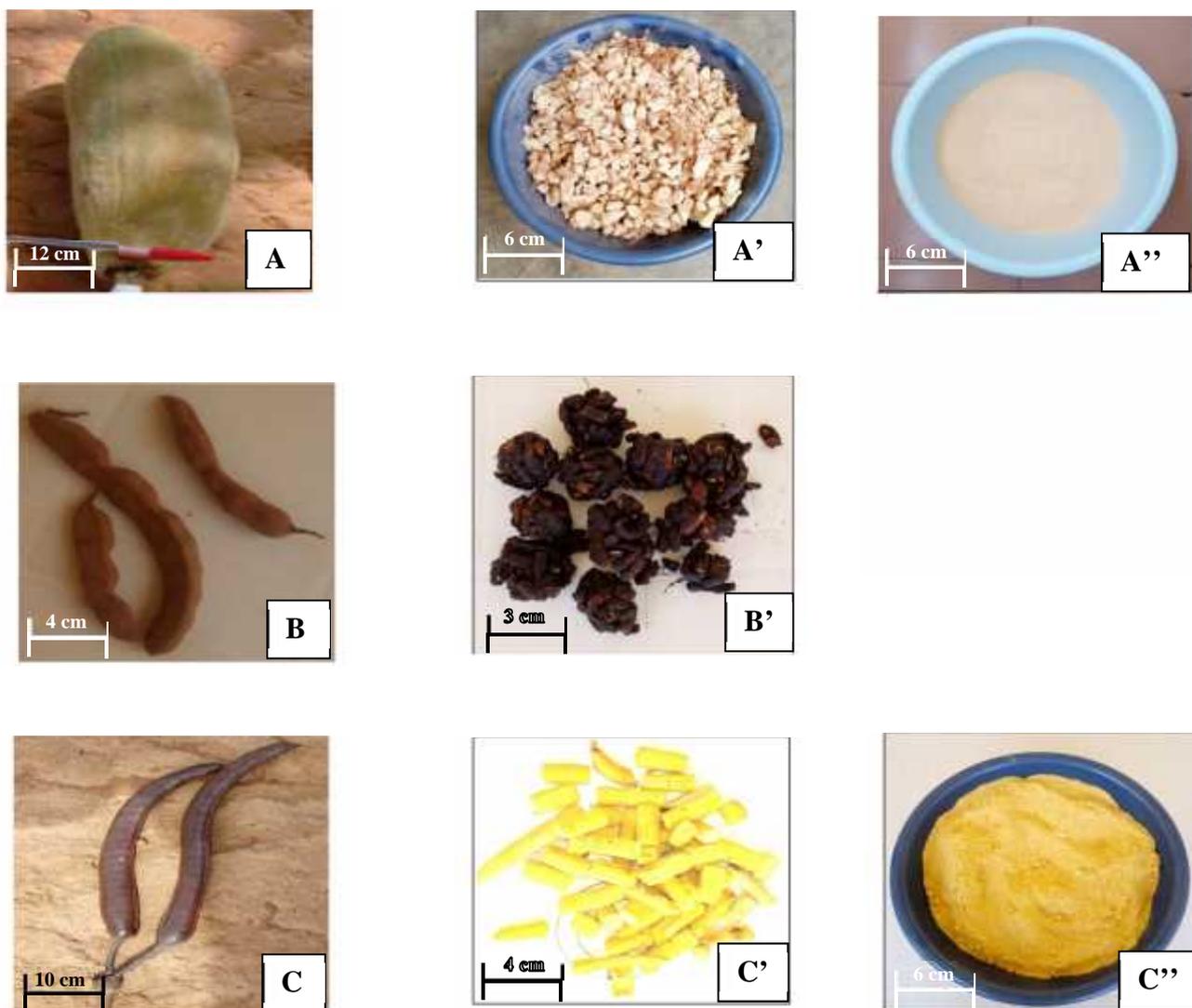
# MATERIEL ET METHODES

---

## I. MATERIEL

### 1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est constitué de fruits matures de *Adansonia digitata* L. (Baobab), de *Tamarindus indica* L. (Tomi) et de *Parkia biglobosa* L. (Néré). Ces fruits récoltés à maturité (A, B et C), leurs pulpes correspondantes (A', B' et C') et la farine issue des pulpes de Baobab (A'') et de Néré (C'') sont présentés à la figure 16. Ces fruits ont été récoltés dans le département de Korhogo.



**Figure 16: Fruits secs de Baobab (A), Tomi (B) et Néré (C), les pulpes (A'), (B') et (C') et les farines (A'') et (C'') résultantes.**

Source : Photos Kouassi Antoine (2017)

## **2. Matériel technique**

Le matériel technique est constitué d'une part, de matériel d'analyse de Laboratoire et d'autre part, de fiches qui ont servi de supports relatifs aux technologies d'élaboration et à l'analyse sensorielle (Annexe 6) des trois différents nectars. Tous les produits chimiques et réactifs utilisés pour les analyses physicochimiques étaient de qualité analytique et ont été achetés auprès de Sigma Chemical Co (St Louis, MO, USA).

## **II. METHODES**

### **1. Méthodes d'échantillonnage et de collecte des fruits**

Le choix du département de Korhogo comme zone d'échantillonnage a été fait sur la base d'enquête préliminaire chez 10 commerçants grossistes de ces trois fruits du marché Gouro de la commune d'Adjamé, dans le District d'Abidjan. De cette enquête sous forme d'entretien direct, il est ressorti que les trois fruitiers sauvages (Baobab, Tomi et Néré) se rencontrent facilement au Nord de la Côte d'Ivoire dans les savanes du département de Korhogo. La collecte des fruits s'est faite plus précisément dans la commune de Korhogo et les localités environnantes de Tioro, Lamekaha, Napié, Nangokaha et Koni (Figure 17) situées respectivement à 15 km, 25 km, 20 km, 15 km et 15 km de Korhogo (Chef-lieu de département). Elle a été faite avec deux (2) guides villageois volontaires par localité. Dans chaque localité et pour chaque type d'arbre fruitier, sur 5 arbres plus ou moins équidistants de 3 km autour de la sous-préfecture ou du village, 5 kg de fruits mûres par arbre fruitier ont été collectés, soit une masse de 25 kg de fruits par localité investiguée pour un total de 150 kg de fruits sur les 6 sites visités.

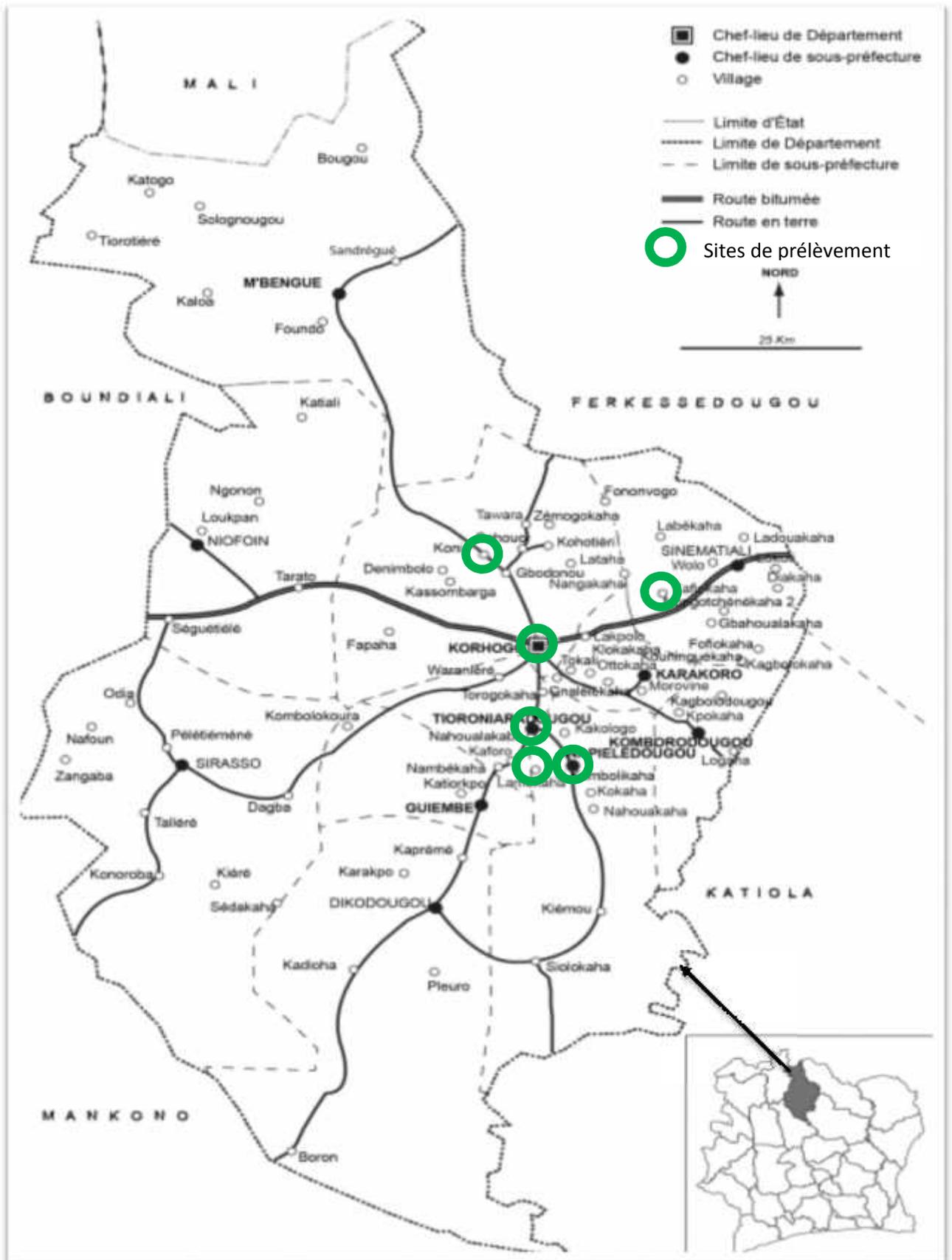


Figure 17: Sites de collecte des fruits de Baobab, Néré et Tomi  
Source: Données cartographiques 2015 (Google maps)

## **2. Traitements des échantillons**

Après la récolte, les fruits obtenus ont été séchés au soleil pendant trois jours puis triés, nettoyés avec de l'eau et cassés à la main. Les pulpes récupérées (Figure 16A', B', C') ont été conditionnées dans des sachets plastiques et transportées au Laboratoire de Biochimie Alimentaire et Technologie des Produits Tropicaux de l'UFR STA de l'Université Nangui Abrogoua à Abidjan (Côte d'Ivoire). Par la suite, les pulpes de Baobab et de Néré ont été moulues à l'aide de pilon dans un mortier avant d'être tamisées (0,8 mm) pour les débarrasser des fibres et des graines (Figure 16A'', C''). Les poudres obtenues constituant les échantillons analytiques, ont été conditionnées dans des boîtes en plastique puis conservées à température de la salle (25-27 °C) pour les différentes analyses. Quant à la pulpe de Tomi (Figure 16C'), du fait de sa nature collante, elle n'a pas fait l'objet d'extraction avant d'être conservée dans les mêmes conditions de température.

## **3. Méthodes d'élaboration des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

### **3.1. Nectar de Baobab**

La méthodologie de production du nectar de Baobab a été celle décrite par Cissé (2012). Un kilogramme (1 kg) de poudres a été mis en solution dans 10 L d'eau (eau de robinet chauffée à 45 °C). La solution obtenue est filtrée avec un tamis de mailles 0,4 mm puis du sucre de table (saccharose) y est ajouté (160 g/L). Le nectar de Baobab est obtenu après que l'ensemble soit bien homogénéisé. Il est conditionné dans des bouteilles en plastique (1,5 L) et conservé au réfrigérateur (4 °C) après un traitement thermique de 75 °C pendant 5 minutes (Figure 18A).

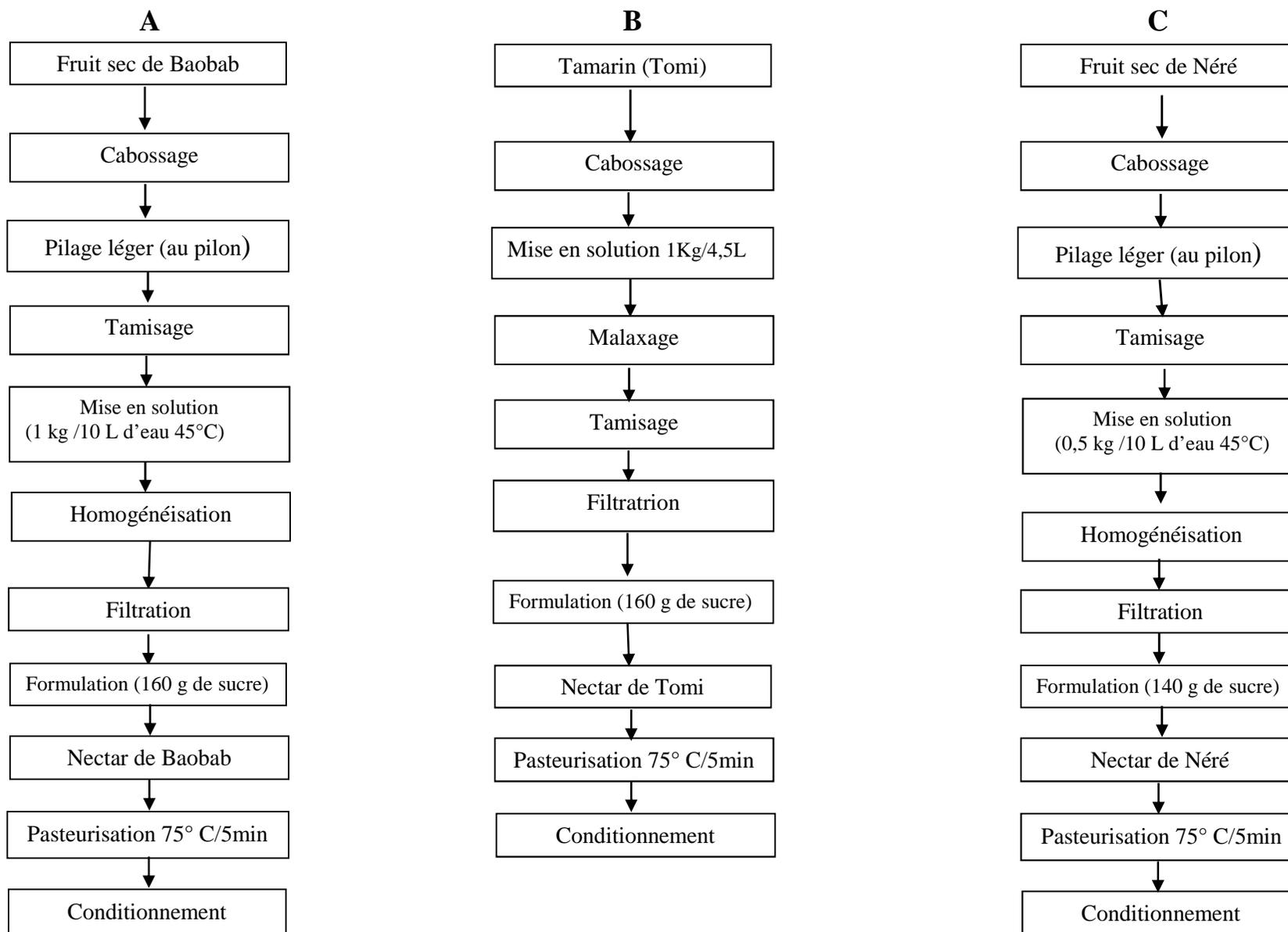
### **3.2. Nectar de Tomi**

Le procédé de production de nectar de Tomi est celui décrit par Grollier *et al.* (1998). Un kilogramme (1 kg) de coque (pulpe + graine) a été mis dans 4,5 L d'eau (eau froide de robinet) pour l'extraction de la pulpe. La solution ainsi obtenue est tamisée et filtrée avec un tamis de mailles 0,4 mm. Le nectar de Tomi est obtenu à la suite de l'addition de sucre (saccharose) (160 g/L) à la solution obtenue. Celui-ci conditionné dans des bouteilles en plastique (1,5 L) et conservé au réfrigérateur (4 °C) après un traitement thermique de 75 °C pendant 5 minutes (Figure 18B).

### **3.3. Nectar de Néré**

La production du nectar de Néré a été faite selon la méthodologie décrite par Ouattara (2011). Une masse de 500 g de poudres a été mise dans 10 L d'eau (eau de robinet chauffée à 45 °C). La solution obtenue est homogénéisée puis filtrée avec un tamis de mailles 0,4 mm. Le nectar est obtenu après avoir additionné du sucre de table (saccharose) (140 g/L) à la solution obtenue. Il est ensuite conditionné dans des bouteilles en plastique (1,5 L) et conservé au réfrigérateur (4 °C) après un traitement thermique de 75 °C pendant 5 min (Figure 18C).

MATERIEL ET METHODES



**Figure 18: Procédés d'élaboration de nectars de Baobab (A), Tomi (B) et Néré (C)**

Sources : A : Cissé (2012) ; B : Grollier (1998) ; Ouattara (2011)

#### 4. Analyses physico-chimiques des pulpes et des nectars élaborés

##### 4.1. Humidité et matière sèche

L'humidité et la matière sèche ont été déterminées suivant la méthode AOAC (1990). Trois grammes (3 g) d'échantillons (pulpes ou nectars) ont été pesés ( $M_1$ ) dans une capsule préalablement tarée, puis placés à  $105 \pm 2$  °C dans une étuve pendant 24 h. Elle est pesée régulièrement jusqu'à poids constant de l'échantillon. La capsule a été retirée de l'étuve et refroidie dans un dessiccateur. Les échantillons ont été ensuite pesés ( $M_2$ ). Le taux de matière sèche (2) s'obtient par la différence de la masse totale au taux d'humidité (1).

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Matière sèche} = 100 - \text{Humidité (\%)} \quad (2)$$

$M_1$  : masse (g) de la pulpe ou du nectar avant étuvage

$M_2$  : masse (g) de la pulpe ou du nectar après étuvage

##### 4.2. Cendres

Les cendres totales ont été déterminées suivant la méthode AOAC (1990). Une masse de 3 g d'échantillons (pulpes ou nectars) ( $P_e$ ) est prélevée et mise dans un creuset préalablement pesé ( $M_{cv}$ ). Cet ensemble est placé dans un four à moufle (P. Selecta) à 550 °C pendant 8 h. Au bout du temps d'incinération, l'ensemble est retiré du four et déposé dans un dessiccateur pour le refroidissement ; par la suite, cet ensemble est pesé ( $M_{cc}$ ). Les pesées obtenues permettent de calculer le pourcentage de cendre selon l'expression mathématique 3.

$$\% \text{ Cendres} = \frac{M_{cc} - M_{cv}}{P_e} \times 100 \quad (3)$$

$M_{cc}$  = Masse du creuset contenant la cendre (g)

$M_{cv}$  = Masse du creuset vide

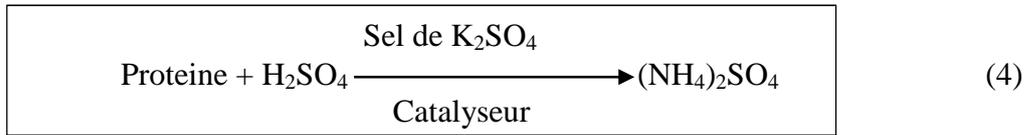
$P_e$  = prise d'essai

##### 4.3. Détermination de la teneur en protéines

Le dosage des protéines a été fait selon la méthode décrite par BIPEA (1976) utilisant le KJEDHALL. Un gramme (1 g) d'échantillons (pulpes ou nectars) est introduit dans des tubes Matras de Kjeldhall. Dans ces tubes, ont été ajoutés 12 mL d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré ainsi que quelques pastilles de sulfate de cuivre ( $CuSO_4$ ) utilisées comme

*MATERIEL ET METHODES*

catalyseur. L'ajout de sulfate de potassium ( $K_2SO_4$ ) a permis d'élever le point d'ébullition de l'acide sulfurique. Le principe de cette réaction a été la conversion de l'azote des protéines (azote organique) en sulfate d'ammonium selon la réaction suivante (4):



Le mélange contenu dans le Matras a été chauffé dans le digesteur (Tecator 2006, A. Perstorp Analytical Compagny) jusqu' apparition d'une fumée blanche. La liqueur obtenue se décolore jusqu'à obtention de la coloration vert-claire. Le chauffage continu à 420 °C pendant 1 h après la décoloration puis les matras ont été refroidis à la température ambiante.

Le matras avec son contenu on été installés au distillateur (2200 Kjeltex, Foss Tecator). Lors de la distillation, le sulfate d'ammonium est décomposé par la soude (0,5 N) à 40 %. L'ammoniac ainsi libéré a été entraîné par la vapeur d'eau. Ce distillat a été récupéré dans un bécher contenant une solution d'acide borique à 2 % et additionné d'indicateur de fin de réaction (rouge de méthyle et vert de bromocresol) dont la teinte passe du rouge au bleu. La distillation a été faite en dix (10) minutes. Un essai à blanc a été réalisé parallèlement à l'échantillon et dans les mêmes conditions. Le distillat récupéré a été dosé à l'aide d'une burette contenant de l'acide chlorhydrique à 0,983 N en présence d'un indicateur (le rouge de méthyle) de fin de réaction. Le titrage est achevé lors du virage du bleu au rose. Le résultat obtenu a permis de calculer la quantité totale de protéines (%) selon l'expression mathématique 6.

$\text{Taux d'azote total} = \frac{[V_{HCl} - V_o] \times N_{HCl} \times 0,014}{P_E} \times 100$	(5)
--	-----

$\% \text{ Protéines} = \text{Taux d'azote} \times 5,70$	(6)
--	-----

$V_{HCl}$  = Volume de l'acide chlorhydrique utilisé (mL)

$V_o$  = Volume de l'acide chlorhydrique utilisé dans le blanc (mL)

$N_{HCl}$  = Normalité de l'acide chlorhydrique

0,014 = Coefficient affecté à la concentration d'azote (Rapport de la masse molaire de l'azote par le volume de 1000 mL) de la solution normale

$P_E$  = Prise d'essai (g)

#### 4.4. Détermination de la teneur en lipides

La matière grasse contenue dans les échantillons (pulpes ou nectars) a été déterminée par la méthode AOAC (1990). L'extraction est réalisée par un mélange d'hexane/chloroforme (70:30 v/v). Dix grammes (10 g) (prise d'essai =  $P_e$ ) des échantillons sont pesés dans un cartouche d'extraction WATTMAN fermé par du coton cardé. Un ballon d'extraction est pesé ( $M_1$ ) puis à l'aide d'un bécher, une quantité de 150 mL du solvant organique (hexane/chloroforme) y est introduite. L'ensemble (cartouche et ballon) est monté sur un extracteur de SOXHLET (SOXTEC SYSTEM, TECCATOR) et l'extraction a été faite pendant quatre (4) h par un système de flux et reflux. Le solvant est recueilli dans un ballon. Celui-ci est ensuite placé à l'étuve à 130 °C pendant 30 min. Après l'étuvage, le ballon contenant la matière grasse est pesé ( $M_2$ ). Les pesées obtenues permettent de calculer le pourcentage de lipide selon l'expression des résultats ci-dessous:

$$\% \text{ Lipides} = \frac{M_2 - M_1}{P_e} \times 100 \quad (7)$$

$P_e$  = *Prise d'essai*

$M_1$  = *Masse de ballon*

$M_2$  = *Masse de ballon contenant la matière grasse*

#### 4.5. Détermination des sucres simples

##### 4.5.1. Extraction

L'extraction des sucres simples a été obtenue selon la méthode décrite par Cissé, (2012). Deux grammes (2 g) d'échantillons (pulpes ou nectars) ont été placés dans des ballons de 100 mL. Quatre vingt millilitres (80 mL) d'eau distillée et quelques pierres ponce y ont été ajoutés. L'ensemble a été porté à ébullition pendant 30 minutes. La solution est refroidie jusqu'à une température de 25 °C. L'extraction est répétée trois fois sur chaque lot. Les solutions ont été filtrées sur Célite de marque Labosi, puis ajustées à un volume de 100 mL avec de l'eau distillée. Les solutions ont été ensuite purifiées sur une cartouche C18. Un volume exact de 1 mL de l'extrait est récupéré dans des fioles de 25 mL complété par de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Les solutions contenues dans les fioles ont été filtrées pour être injectées dans le HPLC.

#### 4.5.2. Identification et quantification

Un chromatographe liquide LC- 20AB de marque Shimadzu est utilisé. Il est équipé d'une colonne ODS d'une longueur de 25 cm, d'un diamètre interne de 4,6 mm. La phase mobile utilisée est de l'acétonitrile/eau (80:20). Le volume d'injection est de 20 µL et l'analyse dure 10 minutes. L'identification des sucres est effectuée par un détecteur UV. Le débit est de 0,60 L/min et la limite de détection est de 0,007 mg/Kg. La température du four est de 30 °C. Les sucres réducteurs ont été quantifiés selon l'expression mathématique 8.

$$C = \frac{S_c \times C_e \times V}{S \times M} \quad (8)$$

*C* : concentration de sucre (mg/l)

*S<sub>c</sub>* : surface du pic de l'échantillon

*S<sub>e</sub>* : surface du pic de l'étalon

*C<sub>e</sub>* : concentration de l'étalon (mg/L)

*V* : volume d'extraction (L)

*Me* ou *V<sub>e</sub>* : masse de l'échantillon (Kg) ou volume de l'échantillon (L)

#### 4.6. pH et acidité titrable

Les pH et l'acidité titrable ont été déterminés suivant la méthode AOAC (1990). Dix grammes (10 g) d'échantillons ont été délayés dans 100 mL d'eau distillée. Le mélange a été filtré sur papier filtre (Whatman) et le filtrat recueilli dans un erlenmeyer pour la lecture du pH après étalonnage du pH-mètre. Par la suite, 10 mL du filtrat ont été prélevés et titrés par une solution de NaOH (0,1N) en présence de phénolphaléine jusqu'au virage au rose.

#### 4.7. Fibres

Les fibres totales ont été déterminées suivant la méthode AOAC (1990). Une masse de 0,5 g d'échantillons (pulpe ou nectar) a été bouillie dans 50 mL de détergeant acide (acide sulfurique et cétyltriméthyl ammonium bromide) pendant 1 h. Le creuset de Gooch qui a servi à une filtration, a été pesé avec une balance (SARTORIUS LC 6125) et sa masse est notée *M<sub>1</sub>*. La solution obtenue après ébullition subit une filtration sous-vide. Les résidus obtenus ont été encore filtrés avec de l'eau chaude jusqu'à ce que l'eau de rinçage soit limpide. Ils ont ensuite été rincés à l'acétone pour éliminer l'eau de rinçage puis placés à l'étuve à 105 °C pendant 12 h. Le creuset de Gooch contenant des fibres est alors refroidi au dessiccateur pendant 5 min puis pesé (*M<sub>2</sub>*). Les différentes teneurs ont été déterminées à partir de la relation suivante:

$$\% \text{ Fibres} = \frac{M_2 - M_1}{P_T} \times 100 \quad (9)$$

$M_1$  = Masse du creuset de Gooch (g)

$M_2$  = Masse du creuset de Gooch contenant des fibres

$P_T$  = Prise d'essai

#### 4.8. Glucides totaux

Le taux de glucides a été déterminé à partir de la méthode décrite par Antia *et al.* (2006) basée sur l'expression mathématique suivante :

$$\% \text{ Glucides totaux} = 100 \% - \% (\text{Humidité} + \text{Protéines} + \text{Lipides} + \text{Cendres} + \text{Fibres}) \quad (10)$$

#### 4.9. Sucres totaux

Le degré Brix est mesuré à l'aide d'un réfractomètre électronique ATAGO avec compensation automatique en température. Quelques gouttes (2 à 3) de pulpes ou de nectars sont déposées sur la surface propre du prisme du réfractomètre. La valeur du degré Brix correspondante est lue sur le cadran (LCD) après avoir appuyé sur la touche START trois secondes après le dépôt des échantillons.

#### 4.10. Valeur énergétique

La valeur énergétique a été déterminée par application des coefficients thermiques de Atwater et Rosa (1899). A partir de ces données, la somme des valeurs énergétiques des éléments nutritifs a été calculée pour obtenir la valeur énergétique de l'aliment considéré. Ainsi, pour 100 g d'échantillons, la valeur énergétique a été déterminée à partir de la relation suivante:

$$\text{Valeur énergétique (kcal/100 g)} = 9 \times \% \text{ Lipides} + 4 \times \% \text{ Protéines} + 4 \times \% \text{ Glucides} \quad (11)$$

1 g de glucides fournit 4 kcal

1 g de protéines fournit 4 kcal

1 g de lipides fournit 9 kcal

#### 4.11. Dosage des phénols totaux

Trois gramme (3 g) d'échantillons ont été utilisés pour le dosage des phénols totaux. L'échantillon est extrait par 10 mL d'un mélange acétone/eau (70/28; v/v) durant 10 minutes. L'opération a été répétée deux fois. Les fractions ont été rassemblées et filtrées sur papier filtre. Le dosage a été effectué à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu selon la méthode mise au

point par George *et al.* (2005). Cinq microlitres (5  $\mu$ L) de filtrat ont été complétés à 500  $\mu$ L avec du méthanol, puis dosés avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Parallèlement, 500  $\mu$ L de filtrat ont été additionnés à 3500  $\mu$ L d'eau et 2 mL de ce mélange ont été déposés sur une cartouche OASIS puis lavés avec 2 mL d'eau. Le volume total de la fraction éluée a été mesuré et 500  $\mu$ L de cette fraction ont été ensuite dosés. Les absorbances ont été mesurées à 760 nm par un spectrophotomètre UV 7200 (Cecil Instrument, Royaume Uni).

#### 4.12. Détermination des teneurs en oxalates

L'extraction et le dosage des oxalates totaux ont été réalisés selon la méthode décrite par Day et Underwood (1986). Un gramme (1 g) de pulpe broyée et délipidée a été homogénéisé dans 75 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sous agitation magnétique pendant 1 h. Le mélange a été filtré avec un papier filtre Whatman puis 25 mL du filtrat ont été prélevés et titrés à chaud avec une solution de KMnO<sub>4</sub> (0,05 M) jusqu'au virage au rose persistant. La teneur en oxalates a été donnée suivant l'expression mathématique 12 :

$$\text{Oxalate (mg/100g)} = \frac{2,2 \times V_{eq} \times 100}{Me} \quad (12)$$

*V<sub>eq</sub>* : Volume (mL) de KMnO<sub>4</sub> versé à l'équivalence ;

*Me* : Masse (g) de l'échantillon

#### 4.13. Détermination des teneurs en tanins

La teneur en tanins est déterminée par la méthode de Bainbridge *et al.* (1996). Une masse de 0,5 g d'échantillons est homogénéisée dans 20 mL de méthanol à 70 % (v/v) puis centrifugée à 1000 trs / min pendant 10 min. Le culot est repris dans du méthanol à 70 % (v/v) et centrifugé à nouveau à 1000 trs / min pendant 10 min. Un volume de 1 mL du surnageant est ajouté à 5 mL de réactif à la vanilline. La solution obtenue est laissée au repos pendant 20 min à l'obscurité et l'absorbance est lue au spectrophotomètre à 500 nm contre un blanc. Une gamme étalon est établie à partir d'une solution mère d'acide tannique (2 mg/mL) dans les mêmes conditions que l'essai pour la détermination de la quantité de tannins de l'échantillon.

#### **4.14. Détermination des teneurs en flavonoïdes**

Les flavonoïdes ont été dosés selon la méthode décrite par Meda *et al.*, (2005). Les flavonoïdes réagissent avec le chlorure d'aluminium en présence d'acétate de potassium pour donner un complexe de couleur jaune dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présents dans le milieu. Un volume de 0,5 mL d'extrait méthanolique a été introduit dans un tube à essai. Au contenu du tube, ont été ajoutés successivement 0,5 mL d'eau distillée, 0,5 mL de chlorure d'aluminium à 10 % (p/v), 0,5 mL d'acétate de potassium à 1 M et 2 mL d'eau distillée. Le tube a été laissé au repos pendant 30 min à l'obscurité et la densité optique (DO) a été lue à 415 nm contre un blanc. Une gamme d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions que l'essai à partir d'une solution mère de quercetine 0,1 mg/mL a permis de déterminer la teneur en flavonoïdes des échantillons.

#### **4.15. Détermination des vitamines**

##### **4.15.1. Dosage de la vitamine A**

###### **4.15.1.1. Extraction de la vitamine A**

L'extraction de la vitamine A a été faite selon la méthode décrite par Coulibaly (2018). Une masse des échantillons (pulpes ou nectars) exactement pesée (5 g sur base sèche) est transvasée dans un bécher de 100 mL. Puis, on ajoute environ 20 mL de méthanol. Le bécher est ensuite protégé de la lumière avec du papier aluminium. La solution obtenue est agitée à l'aide d'un agitateur (barreau aimanté) pendant 2h30 min à la température de la salle (25-30 °C). Le méthanol est extrait par filtration et mis quantitativement dans une fiole de 25 mL pour constituer les solutions essais. Une solution d'acétate de rétinol à 1µg/µL dans du méthanol sont préparées et gardées au frais (-20°C) dans un flacon teinté. Une solution standard de 0,01µg/µL de vitamine A est immédiatement préparée par simple dilution dans du méthanol (témoin).

###### **4.15.1.2. Identification et quantification**

Un chromatographe liquide de marque SHIMADZU SPD 6A a été utilisé. Il est équipé d'une colonne Lichrosorb MH2 d'une longueur de 25 cm, d'un diamètre interne de 4,6.10 µm. La phase mobile utilisée est de l'acétonitrile/tampon: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,005 M (73:27). Le volume d'injection est de 20 µL et l'analyse dure 10 minutes. L'identification de la vitamine A a été effectuée par un détecteur UV. Le débit est de 1,00 mL/min et la limite de détection est de 0,007 mg/Kg. La température du four est de 40 °C. La vitamine A a été quantifiée selon l'expression mathématique 13.

$$C = \frac{S_c \times C_e \times V}{S \times M} \quad (13)$$

*C* : concentration de la vitamine A (mg/L)

*S<sub>c</sub>* : surface du pic de l'échantillon

*S<sub>e</sub>* : surface du pic de l'étalon

*C<sub>e</sub>* : concentration de l'étalon (mg/L)

*V* : volume d'extraction (L)

*Me* ou *V<sub>e</sub>* : masse de l'échantillon (Kg) ou volume de l'échantillon (L)

#### 4.15.2. Dosage de la vitamine C

##### 4.15.2.1. Extraction de la vitamine C

La teneur en vitamines C a été déterminée par HPLC après son extraction à l'acide métaphosphorique/acide acétique 100/80 (v/v) (Cissé, 2012). Trois grammes (3 g) d'échantillons ont été homogénéisés dans 30 mL d'une solution métaphosphorique sous douce agitation pendant 30 min. les échantillons ont été filtrés à l'aide d'un filtre à papier Whatman.

##### 4.15.2.2. Identification et quantification

Un chromatographe liquide de marque SHIMADZU SPD 6A a été utilisé. Il est équipé d'une colonne Lichrosorb MH2 d'une longueur de 25 cm, d'un diamètre interne de 4,6.10 µm. La phase mobile utilisée est de l'acétonitrile/tampon: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,005 M (73:27). Le volume d'injection est de 20 µL et l'analyse dure 10 minutes. L'identification de la vitamine C a été effectuée par un détecteur UV. Le débit est de 1,00 mL/min et la limite de détection est de 0,007 mg/Kg. La température du four est de 40 °C. La vitamine C a été quantifiée selon l'expression mathématique 14.

$$C = \frac{S_c \times C_e \times V}{S \times M} \quad (14)$$

*C* : concentration de la vitamine C (mg/L)

*S<sub>c</sub>* : surface du pic de l'échantillon

*S<sub>e</sub>* : surface du pic de l'étalon

*C<sub>e</sub>* : concentration de l'étalon (mg/L)

*V* : volume d'extraction (L)

*Me* ou *V<sub>e</sub>* : masse de l'échantillon (Kg) ou volume de l'échantillon (L)

#### 4.16. Détermination des acides organiques

##### 4.16.1. Extraction des acides organiques

L'extraction des acides organiques a été obtenue selon la méthode décrite par Karacdeniz (2004). Les échantillons pesés dans des fioles de 25 mL et extraits avec de l'eau purifiée sont centrifugés à 4000 trs/min pendant 30 min. Le surnageant est recueilli et filtré sur du papier Whatman N° 4 et ensuite à travers un filtre millipore 0,45 µm (Sartorius AG, Goettingen, Germany). Les échantillons ainsi traités sont conservés à -20 °C avant analyse.

##### 4.16.2. Identification et quantification

L'appareil de HPLC (Shimadzu Corporation, Japon) est constitué d'une pompe (Shimadzu LC-20A Liquid Chromatograph), d'un détecteur UV (Shimadzu SPD-20A UV Spectrophotometric detector). La séparation chromatographique des acides organiques est réalisée avec une colonne ODS (250 mm x 4 mm, Interchrom, France) maintenue à 20 °C à l'aide d'un four Meta Therm™ (Interchrom, France). L'éluant est de l'acide sulfurique 0,0125 M /solution titrant 70 g/L en dihydrogénophosphate de potassium, 14 g/L en sulfate d'ammonium et ajustée à pH 2,1 par addition d'acide phosphorique, (50:50) à un débit d'élution de 0,80 mL/min et le détecteur est sélectionné à 264 nm. La limite de détection est 0,008 mg/Kg. Les acides organiques ont été quantifiés selon l'expression mathématique 15.

$$C = \frac{S_c \times C_e \times V}{S_e \times M} \quad (15)$$

*C* : concentration des acides organiques (mg/L)

*S<sub>c</sub>* : surface du pic de l'échantillon

*S<sub>e</sub>* : surface du pic de l'étalon

*C<sub>e</sub>* : concentration de l'étalon (mg/L)

*V* : volume d'extraction (L)

*Me* ou *V<sub>e</sub>* : masse de l'échantillon (Kg) ou volume de l'échantillon (L)

#### 4.17. Détermination des minéraux

Les minéraux ont été déterminés selon la méthode AOAC (1990). Le prélèvement de 0,1 g de cendres est effectué et dissout dans 10 mL d'acide chlorhydrique à 36 %. Ce volume est ensuite complété à 100 mL avec de l'eau distillée. Pour le dosage du calcium et du magnésium, c'est avec du chlorure de lanthane à 3 % qu'est complété le volume jusqu'à 100 mL. Le prélèvement de 5 mL d'aliquote est effectué et le dosage des minéraux au spectrophotomètre d'absorption atomique à l'aide de solution-étalons des différents minéraux.

## 4.18. Détermination des composés phénoliques

### 4.18.1. Extraction des composés phénoliques

Les composés phénoliques ont été extraits des échantillons selon la méthode décrite par Donovan *et al.* (1998). Un volume de 25 mL (pulpes ou nectars) a été ajouté à 75 mL d'une solution de méthanol diluée à 80 % et saturée en NaCl. Après avoir été agitée (30 min), la solution obtenue est centrifugée à 4000 trs/min pendant 5 min à 5 °C avec une centrifugeuse réfrigérée (Sigma Aldrich 2-PK). Le surnageant a été récupéré et le culot a été extrait deux fois de suite dans les mêmes conditions. Les surnageants sont évaporés à 35 °C à 50 mL à l'aide d'un évaporateur rotatif (HEILDOLPH Laborata 4003 Control, Schwabach, Allemagne). La solution restante a été diluée à 100 mL avec de l'eau distillée.

### 4.18.2. Identification et quantification

Les échantillons à analyser ont été filtrés à travers du papier Wathman N° 4 puis à travers une membrane millipore 0,45 µm (CARL ROTH, Karlsruhe, Allemagne). La composition en composés phénoliques a été analysée selon la méthode de Donovan *et al.* (1998). L'appareillage d'HPLC (Shimadzu, France) est un système muni d'une pompe binaire (LC-20A) couplée à un détecteur UV-VIS (SPD-20A). La colonne utilisée pour cette analyse est de l'hypersyl ODS C18, 250 x 4.6 mm, 5µm (Thero, Runcom, Angleterre). La séparation a été effectuée en gradient d'élution. La phase mobile est constituée de 5 mmol/L de solutions de potassium dihydrogénophosphate, d'une solution d'acétonitrile (82:18, v/v). Le débit d'écoulement est de 1,00 mL/min. Le volume injecté est de 10 µL avec une limite de détection de 0,006 mg/Kg. La température du four est 40 °C. Les pics sont ensuite identifiés par comparaison des temps de rétention et des spectres avec les substances authentiques de référence. Les composés phénoliques ont été quantifiés selon l'expression mathématique 16.

$$C = \frac{S_c \times C_e \times V}{S_e \times M} \quad (16)$$

*C* : concentration des composés phénoliques (mg/L)

*S<sub>c</sub>* : surface du pic de l'échantillon

*S<sub>e</sub>* : surface du pic de l'étalon

*C<sub>e</sub>* : concentration de l'étalon (mg/L)

*V* : volume d'extraction (L)

*Me* ou *V<sub>e</sub>* : masse de l'échantillon (Kg) ou volume de l'échantillon (L)

## 5. Analyses microbiologiques des trois nectars élaborés

Une étude quantitative des germes présents dans les trois différents nectars élaborés a été réalisée. Elle a permis d'évaluer la qualité hygiénique venant des producteurs d'une part et d'autre part d'appréhender l'effet des différents processus sur la qualité des nectars. La numération a porté sur quelques indicateurs (GAM, levures et moisissures, ASR, des *Escherichia coli*, des salmonelles, des Staphylocoques pathogènes, des *Clostridium*).

### 5.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles (GAM)

Le dénombrement des GAM ont été faits selon la norme AFNOR NF V08-051. Un (1) mL de la suspension mère du produit dilué (dilutions décimales:  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) a été placé dans des boîtes de Pétri. Sans changer de pipette, les dilutions ont été remontées jusqu'à 1 première dilution (2 boites/ dilution). L'inoculum a été recouvert d'une couche de 12-15 mL de gélose PCA (Plate Count Agar) en surfusion (40-45 °C), et le mélange a été homogénéisé grâce à des mouvements circulaires. Après solidification, une seconde couche (4-5 mL) de gélose PCA a été ajoutée. Ce qui a eu pour effet l'immobilisation des bactéries et donc la formation des colonies bien définies. L'incubation a été faite à 30 °C pendant 24 à 72 h. Toutes les colonies présentes dans les boîtes contenant 30 à 300 colonies, ont été considérées et dénombrées. Le comptage des colonies a été fait après 24, 48 et 72 h d'incubation à l'aide d'un compteur de colonies.

### 5.2. Dénombrement des levures

Le dénombrement des levures a été effectué suivant la méthode de la norme NF ISO 6611. Un (1) mL des trois dernières dilutions ( $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) a été étalé sur le milieu gélosé de Sabouraud additionné d'un antibiotique (Chlorophénicile) pour les levures. Les boîtes de Pétri ont été incubées à 30 °C pendant 24 à 72 heures. Les colonies des levures apparaissent blanchâtres, lisses et bombées avec une odeur de pain et d'un diamètre de 0,5 à 2 mm.

### 5.3. Dénombrement des moisissures

La norme NF ISO 6611 a été utilisée pour dénombrer les moisissures. Un volume de 1 mL des trois dernières dilutions ( $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) a été étalé sur le milieu gélosé PDA (Potatoes Dextrose Agar) pour l'isolement des moisissures. Les boîtes de Pétri ont été incubées à 30 °C pendant 24 à 72 heures. Les moisissures sont duveteuses, cotonneuses et poudreuses.

#### **5.4. Dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)**

Le dénombrement des bactéries ASR a été fait par ensemencement dans la masse de la gélose tryptone sulfite néomycine (TSN). Un volume de 1 mL de la solution mère et des dilutions décimales ont été ensemencés dans des tubes contenant la gélose TSN préalablement fondue et conservée en surfusion en tube à 45 °C. Les tubes ont été incubés par la suite à 46 °C pendant 48 heures et les grosses colonies noires perceptibles ont été énumérées (Harmon *et al.*, 1971).

#### **5.5. Dénombrement de *Escherichia coli***

Le dénombrement de *Escherichia coli* a été effectué selon la norme NF ISO 03 453, 1999. La gélose utilisée est l'Eosine et le Bleu de méthylène (EMB). Ainsi, 0,1 mL de la solution mère diluée (dilutions décimales) a été étalé à la surface de la gélose préalablement coulée et refroidie en boîte de Pétri. Les boîtes ont été incubées à 37 °C (24 h). Les colonies présomptives de *E Coli* ont été énumérées dans des boîtes contenant 15 à 150 colonies.

#### **5.6. Dénombrement des salmonelles**

La recherche et le dénombrement des salmonelles ont été réalisés suivant la norme ISO 46579 V, 2000. La recherche s'est faite suivant trois étapes essentielles. Le pré-enrichissement a consisté à prélever 25 g d'échantillons et l'introduire dans 225 mL d'eau peptonée puis les boîtes ont été incubées à 35 - 37 °C pendant 24 h. L'enrichissement qui a suivi, a consisté à prélever 1 mL de la culture (inoculum) et transférer dans 10 mL de RV (Rappaport Vassiliadis). Le tout a été incubé à 37 °C pendant 24 h. Après cette étape, l'inoculum a été réssorti et prélevé (0,1 mL) à l'aide d'une pipette, qui a été ensemencé sur le milieu Hektoen et XLD. Les boîtes sont incubées par la suite à l'étuve à 37 °C pendant 24 h.

#### **5.7. Dénombrement des Staphylocoques pathogènes**

Le dénombrement des Staphylocoques a été réalisé selon la norme ISO 6888-1 V 1999. Le milieu de culture de choix employé est celui de BP (Baird Parker). La gélose BP a été fondue, refroidie et coulée dans des boîtes de pétri. A l'aide d'un étaleur en verre stérilisé, 0,1 mL de la dilution  $10^{-2}$  prélevée, est étalée à la surface d'une boîte de pétri contenant le milieu BP solidifié. Les boîtes sont placées à incubation dans une étuve à 37 °C. Une première lecture est faite au bout de 24 h. Une seconde au bout de 48 h d'incubation. Les colonies de Staphylocoques sont noires, brillantes, bombées et entourées d'un précipité blanc et d'un halo d'éclaircissement.

### 5.8. Dénombrement des *Clostridium*

La recherche des *Clostridium* s'est faite suivant la norme ISO 15213 V 2003. Les *Clostridium* ont été isolés sur un milieu sélectif TSN (Tryptone, Sulfite, Néomycine). Quatre (4) tubes contenant 5 mL de TSN ont étéensemencés à partir des dilutions  $10^{-1}$  de suspension mère (SM) prélevés à l'aide d'une pipette. Ces tubes sont incubés à 46 °C pendant 24 h et les colonies sont noires.

### 5.9. Comptage des colonies des microorganismes

Chaque colonie est marquée sur le fond de la boîte de Pétri avec un marqueur indélébile. Le dénombrement des colonies présumées a été déterminé par la formule suivante:

$$N = \frac{\sum C}{V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) \times d} \quad (17)$$

$n_1$  = nombre de boîtes de la toute première dilution par laquelle on a pu compter les colonies.  
 $n_2$  = nombre de boîtes de la dilution qui précède la toute première dilution par laquelle on a pu compter les colonies

$v.$  = volume de dilution utilisé

$d$  = taux de dilution de la première dilution à laquelle les colonies ont pu être comptées.

$N$  = dénombrement moyen de colonies en UFC/ g d'échantillon.

$C$  = somme des colonies comptées dans toutes les boîtes

## 6. Traitement thermique : Pasteurisation

Les trois nectars ont été pasteurisés selon la méthode décrite par Cissé (2012). Des flacons de 250 mL remplis de nectars ont été utilisés. A l'intérieur de chaque flacon, une sonde de thermomètre (Checktemp 1, Hanna instruments) possédant une gamme de lecture comprise entre - 50 °C et + 150 °C avec une précision de  $\pm 0,2$  °C, a été placée. Cette sonde a permis de suivre la température au centre de la bouteille (flacon) qui est le point le plus difficile à atteindre par la chaleur. Une autre sonde placée à l'extérieur du flacon, a permis de suivre la température de l'eau du bain-marie. Chaque minute, la température est relevée par les deux thermomètres. Arrivée à la température fixée (75 °C) à l'intérieure de chaque nectar, celle-ci est stabilisée par addition d'eau moins chaude.

## 7. Caractérisation des profils sensoriels des trois nectars élaborés

L'évaluation ou l'analyse sensorielle est un ensemble de techniques permettant de mesurer les perceptions sensorielles provoquées par un produit grâce au 5 sens humains (vue, ouïe, odorat, goût, toucher). Les profils organoleptiques des échantillons ont donc été caractérisés par des analyses sensorielles descriptives: celles-ci sont utilisées pour décrire et

évaluer en intensité, un ensemble de caractéristiques sensorielles appelées descripteurs ou critères. Ces analyses ont été réalisées grâce à un jury de dégustation, sélectionné pour l'étude suivant les normes ISO 13300-1,2006 et ISO 13300-2,2006.

### **7.1. Formation du jury**

La formation a concerné 20 étudiants de l'Université Nangui Abrogoua qui ont une expérience en termes d'analyses sensorielles. En effet, ces étudiants ont participé à plusieurs séances d'analyses sensorielles de divers produits alimentaires dont les nectars. Vu l'expérience assez riche de ces panélistes, la formation a consisté dans un premier temps en une explication théorique des critères de qualité des nectars qui feront l'objet d'analyse. Il s'agit des critères visuels (couleur des nectars), olfactifs (odeur des nectars) et gustatifs. Après la phase théorique, des exercices pratiques sur des jus de fruits et nectars vendus dans les restaurants de l'Université ont été réalisés. Après ces séances de formation, 15 dégustateurs ayant accumulé les meilleures performances, ont été retenus pour les différents essais.

### **7.2. Sélection des échantillons et des descripteurs**

Une première dégustation des différentes pulpes a été réalisée par le jury de 15 membres retenus après sélection. Cette première étape a permis de générer une liste commune de descripteurs caractérisant les trois produits (Tableau VII) utilisée pour l'analyse sensorielle descriptive.

### **7.3. Analyse descriptive**

La qualité des échantillons a été évaluée par le jury selon la méthode d'établissement du profil de la flaveur (ISO 6564-1985). Onze (11) critères sensoriels ont été proposés au jury (Tableau VII). L'évaluation sensorielle de chaque nectar se déroule en deux (2) phases pendant lesquelles les experts évaluent chaque produit suivant les onze (11) critères organoleptiques préalablement définis. Tout d'abord, chaque panéliste procède à une analyse visuelle et olfactive du produit, et note les intensités aromatiques et la couleur. Ensuite, chaque panéliste évalue les produits suivant les descripteurs gustatifs.

Des fiches d'évaluation ont été générées à partir des paramètres suivants: la liste des descripteurs, l'échelle de notation (0 à 5), le nombre de juges (15), le nombre de produit à déguster (3) ainsi que leur nom. Pour chaque séance, chaque juge dispose d'un crachoir et d'une fiche d'évaluation de chaque nectar. Les produits numérotés de façon aléatoire (codes avec trois chiffres) sont disposés en ligne (Barthelemy *et al.*, 2003 ; Meilgaard *et al.*, 2003).

**Tableau VII: Descripteurs utilisés pour les analyses sensorielles et leur définition**

Descripteurs	Significations
Couleur du nectar	Aspect visuel
Odeur du nectar	Aspect olfactif
Sucrosité	Perception du goût de sucre de table
Acidité	Sensation aigre liée à la fermentation
Texture en bouche	Sensation de présence de fines particules ou grumeaux dans la bouche
Turbidité	Caractère trouble : sensation de présence de particules en suspension
Viscosité	Aptitude à s'écouler
Astringence	Resserrement des tissus des papilles gustatives après absorption
Amertume	Goût amer ressenti lors de l'absorption
Arrière-goût	Autre goût ressenti après absorption
Appréciation générale	Perception globale en tenant compte de tous les descripteurs

## **8. Détermination des index et charges glycémiques des trois nectars élaborés**

### **8.1. Recrutement des volontaires**

Les participants ont été recrutés sur une base de volontariat après information, explication avec leur consentement libre et éclairé. Dix (10) sujets en bonne santé apparente dont l'âge varie entre 25 et 30 ans, ont été choisis sans distinction de sexe. Cependant, les femmes enceintes et allaitantes, les sujets diabétiques, les obèses et les hypertendus, les patients sous prescription médicale et ceux ayant des troubles hépato-digestives connues ont été exclus.

### **8.2. Réalisation des tests d'hyperglycémies provoquées par voie orale**

Les tests d'hyperglycémies provoqués par voie orale (HGPO) ont été réalisés sur les 10 volontaires qui ont fait un jeûne nocturne de 12 heures, à qui il a été demandé de ne pas pratiquer d'activités physiques inhabituelles, de ne ni boire ni fumer. A chaque test, les sujets ont consommé un volume de nectar (aliment test) contenant 50 g de glucides disponibles en comparaison avec 50 g de glucose pur anhydre (COOPER, V03, Melun, France) qui est l'aliment de référence. Ensuite, la glycémie capillaire postprandiale a été mesurée toutes les 15 minutes pendant la première heure puis chaque 30 minutes jusqu'à la fin de la 2<sup>ème</sup> heure.

### **8.3. Calcul de l'aire sous la courbe (ASC)**

La courbe de la glycémie (mmol/L) en fonction du temps (2 h) a été tracée pour chaque sujet. L'ASC de la réponse glycémique a été calculée de manière géométrique en excluant toute aire située en dessous de cette dernière ligne (Brouns *et al.*, 2005).

### **8.4. Calcul de l'index glycémique (IG) et leur classification**

L'index glycémique (IG) des aliments tests (les trois nectars) est calculé en divisant l'ASC des aliments testés par celle de l'aliment de référence, exprimée en pourcentage, d'un même sujet. L'IG final est la moyenne des IG de tous les sujets. Chaque volontaire est testé à plusieurs reprises pour le même aliment (une fois) et pour l'aliment de référence (trois fois). La moyenne des IG par sujet est retenue. Pour obtenir l'IG final de l'aliment, la moyenne à partir des moyennes respectives de chaque volontaire est effectuée. Dans le cas où les valeurs de l'IG individuel étaient plus ou moins 2 fois l'écart type (ET) de la moyenne du groupe, l'IG est considéré comme une valeur aberrante et est exclue du calcul final (FAO/OMS, 1998 ; ISO/FDIS 26642:2010, 2010 ; Wolever, 2013).

Les aliments testés ont été classés selon qu'ils ont un IG bas :  $IG \leq 55$ , un IG moyen :  $55 < IG \leq 70$  ou un IG élevé :  $IG > 70$  (Augustin *et al.*, 2015; ISO/FDIS 26642 : 2010, 2010; FAO/OMS, 1998).

### 8.5. Calcul de la charge glycémique (CG) et leur classification

La CG de l'aliment a été calculée en multipliant l'IG moyen de l'aliment par la masse de glucide disponible ingérée contenue dans cet aliment, le tout divisé par 100 (Salmerón *et al.*, 1997). Les aliments ayant une  $CG \leq 20$  ont été considérés comme CG élevée. Ceux dont la CG est comprise entre 11 et 19 ont été considérés comme CG moyens et les aliments à CG basse l'ont été pour des valeurs  $\leq 10$  (Brand Miller *et al.*, 2003 ; Venn & Green, 2007 ).

## 9. Amélioration du profil sensoriel du nectar de Néré

L'analyse des profils sensoriels a relevé des insuffisances au niveau sensoriel notamment au niveau de l'odeur et de l'arrière-goût du nectar de Néré tel qu'élaboré par Ouattara (2011). De plus, l'exploration de la glycémie post-prandiale dans cette présente étude montre que le nectar de Néré a un index glycémique et une charge glycémique élevés ( $IG = 89,54$  ;  $CG = 29,22$ ) contrairement aux autres nectars ( $IG/CG$  Baobab =  $66,48/13,24$  et  $IG/CG$  Tomi =  $60,41/12,87$ ) (Cf. pages 114 & 116). Ainsi, pour une meilleure acceptation et pour minimiser son impact sur la santé du consommateur du nectar de Néré, des améliorations technologiques et sensorielles ont été nécessaires pour une meilleure valorisation.

### 9.1. Production de nectars de Néré améliorés

La production de nectar de Néré a été faite selon la méthodologie proposée par Ouattara (2011) avec cette fois-ci de profondes modifications. Ainsi, un essai de production de nectar de Néré a été fait avec ajout distinct de jus de citron (*Citrus limonium*) et de jus de fruit de la passion (*Passiflora edulis*) (Annexe 4) tout en diminuant et en faisant varier la quantité de saccharose ajouté. La production de nectar de Néré a obéit au plan factoriel suivant : *Nombre de nectar à modifier*  $\times$  *Nombre d'additif à ajouter*  $\times$  *les volumes d'additif à ajouter*  $\times$  *les quantités de sucre ajouté*. Soit une production de 1 (Nectar de Néré)  $\times$  2 (Jus de citron et de fruits de la passion)  $\times$  4 (0 ; 1 ; 2 ; 3 mL pour le jus de citron et 0 ; 0,5 ; 1 et 1,5 mL pour le jus de passion)  $\times$  3 (120 g, 130 g et 140 g de saccharose ajouté) pour un total de 24 nectars à produire pour les essais sensoriels. Les deux additifs ont été choisis sur la base de leurs agréables arômes et parfums. Cette production a été faite dans le but de sélectionner la meilleure production du point de vue organoleptique.

## 9.2. Test de dégustation et ajustement du taux de sucre

Chaque nectar a été dégusté par un panel de 15 dégustateurs précédemment cités. Les tests de dégustation ont consisté à servir dans un verre de thé, les différents échantillons aux dégustateurs. Ces verres ont été codés. Des fiches d'analyses sensorielles comportant la liste des descripteurs sensoriels (11), l'échelle de notation (0 à 5), le nombre de produit à déguster ainsi que leur nom ont été remises aux dégustateurs.

## 10. Traitements statistiques des données

Les données moyennes sont issues de trois essais. Elles ont été sujettes à deux types de traitements par les techniques de Data Mining. Des comparaisons de moyennes (ANOVA et Test de Tukey au besoin) et des diagrammes en bandes ont été construits pour apprécier la répartition des différentes variables.

Une analyse en ACP et en correspondances multiples (ACM) ont été nécessaires afin de comprendre les interactions entre les modalités des différentes variables. Les analyses multifactorielles sont à la fois descriptives et inférentielles. Elles fournissent des méthodes visant à décrire l'information globale dont l'on dispose quand l'on considère les paramètres étudiés dans leur ensemble. Les interrelations entre les paramètres et leurs effets sur la structuration de la population ont été prises en considération (Watine *et al.*, 2002; Lauerjat *et al.*, 2005). Les statistiques multifactorielles réalisées ont été l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Le logiciel XLStat version 2014.5.03 (Anonyme, 2014) a été utilisé pour l'ACP et le logiciel Statistica 8.0 (Anonyme, 2008) pour CAH. L'ACP a permis de regrouper les différents nectars de fruits analysés, selon les descripteurs sensoriels. L'ACP est une méthode d'analyse factorielle qui permet de traiter les variables quantitatives. Elle propose, à partir d'un tableau de données comportant les valeurs de  $p$  variables quantitatives pour  $n$  unités (appelées aussi individus), des représentations géométriques de ces unités et de ces variables. Le principe de l'ACP est de condenser des variables plus ou moins corrélées entre elles en un nombre plus petit de variables synthétiques indépendantes. Ces nouvelles variables ou axes de composantes principales sont des combinaisons linéaires de variables mesurées, décrites par leurs valeurs propres et leur pourcentage d'inertie. L'ACP sert également à réduire la dimension du tableau à analyser en créant de nouvelles variables (composantes principales) combinaison linéaire des variables de départ (Dagnelie, 1986; Lee *et al.*, 2005).

La CAH a été utilisée pour agglomérer les nectars par similarité de descripteurs. La CAH consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilitude. Elle produit une suite de partitions emboîtées de l'ensemble d'objets à classifier. L'algorithme commence par rassembler les couples d'individus les plus ressemblants, puis à agréger progressivement les autres individus ou groupes d'individus en fonction de leur ressemblance, jusqu'à ce que la totalité des individus ne forme plus qu'un seul groupe. L'initialisation de cet algorithme consiste, à calculer un tableau de distances entre les individus à classer (Bruynoogbe, 1978).

---

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

## CHAPITRE I : CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DE LA PULPE DES FRUITS DE BAOBAB, TOMI ET NERE

### I. RESULTATS

#### 1. Caractérisation biochimique des pulpes des trois fruits

##### 1.1. Caractéristiques physicochimiques et énergétiques

Les résultats de la composition macromoléculaire, énergétique, en eau et en acidité de la pulpe des fruits de Néré, Tomi et Baobab sont présentés dans le tableau VIII. Il ressort de l'analyse de ce tableau que les teneurs en protéines sont faibles. Elles varient entre 2,53 % (Tomi) et 4,50 % (Néré). Il n'y a aucune différence significative ( $p = 0,001$ ) entre la teneur de la pulpe de Tomi et celle de la pulpe de Baobab (3,08 %). Il en est de même pour les teneurs lipidiques où, bien que les pulpes en soient faiblement composées, la pulpe de Baobab s'avère la plus riche en lipides (1,42 %). Celle de la pulpe de Néré est la plus faible (0,64 %). Aucune différence significative ( $p = 0,001$ ) n'a été observée entre les teneurs lipidiques de la pulpe de Néré et de Tomi (0,70 %).

Concernant les glucides, les pulpes de ces trois fruits étudiés en contiennent à des proportions très élevées. Les teneurs en glucides totaux varient significativement d'une pulpe à une autre. La pulpe de Baobab contient la plus forte teneur (81,93 %). Elle est suivie de celles du Tomi (76,66 %) et du Néré (71,50 %). Leurs teneurs en sucres totaux en sont également importants et diffèrent statistiquement ( $P = 0,001$ ). La pulpe de Tomi contient la plus forte teneur en sucres totaux (71,06 Brix). Bien que la pulpe de Néré ait la plus faible teneur en sucres totaux (30,35 Brix), elle contient la plus grande teneur en fibres brutes totales (41,14 %) et est presque deux fois supérieure à celle du Baobab (22,65 %).

L'ensemble des macroéléments ci-dessus énumérés confère aux pulpes des valeurs énergétiques très élevées et significativement différentes ( $p = 0,001$ ). La pulpe de Baobab est la plus énergétique (353,90 kcal/100g) tandis que celle de Néré est la moins énergétique (309 kcal/100g).

Les teneurs en eaux des trois différentes pulpes se situent entre 8,66 % et 19,90 %. La pulpe du Néré s'avère la plus riche en eaux (19,90 %) alors que celle du Baobab contient la plus faible teneur en eau (8,66 %).

Par ailleurs, la plus forte teneur en cendres est observée dans la pulpe de Baobab (5,06 %) alors que la plus petite teneur est observée dans la pulpe de Néré pour une valeur moyenne de 1,36 %.

Quant à l'acidité titrable, elle est significativement différente ( $P= 0,001$ ) d'une pulpe de fruit à une autre. L'acidité titrable la plus élevée a été révélée dans la pulpe de Tomi (160,83 méq.g/kg) tandis que la plus faible est observée dans celle du Néré (12,67 méq.g/kg). Les différents pH correspondants sont de 5,00 (Néré), 3,32 (Baobab) et 2,42 (Tomi).

### **1.2. Composition en sucres simples**

Les teneurs en sucres simples des différentes pulpes de fruits sont consignées dans le tableau IX. Les données de ce tableau ont montré qu'à l'exception du galactose chez le Néré (45,65 %), les autres sucres simples quantifiés ont été faiblement représentés dans les différentes pulpes. Les teneurs en glucoses ont varié de 0,08 % (Néré) à 4,11 % (Baobab). Celles du saccharose se sont situées entre 1,21 % (Tomi) et 5,74 % (Baobab). Celles du fructose ont été révélées chez la pulpe de Baobab (0,8 %) et chez la pulpe de Tomi (0,11 %). La pulpe de Tomi a contenu la plus faible teneur en galactose (4,31 %). L'arabinose et la rhamnose ont été uniquement détectés chez la pulpe de Néré avec des teneurs respectives de 8,76 % et 0,22 %.

RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau VIII: Caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

Pulpes	Protéines	Lipides	Matière sèche	Humidité	Cendres	Fibres brutes	Glucides	Sucres totaux (°Brix)	pH	Acidité titrable (méq.g/kg)	Energie (kcal/100 g)
			(%)				totaux				
Baobab	3,08±0,03 <sup>ab</sup>	1,42±0,03 <sup>c</sup>	91,34±0,00 <sup>c</sup>	8,66±0,04 <sup>a</sup>	5,06±0,05 <sup>c</sup>	22,65±0,13 <sup>b</sup>	81,93±0,23 <sup>c</sup>	57,27±0,32 <sup>b</sup>	3,32±0,28 <sup>b</sup>	106,06±0,05 <sup>b</sup>	353,90±2,95 <sup>c</sup>
Tomi	2,53±0,55 <sup>ab</sup>	0,70±0,02 <sup>ab</sup>	81,20±0,34 <sup>b</sup>	18,80±0,35 <sup>b</sup>	3,46±0,02 <sup>b</sup>	3,96±0,09 <sup>a</sup>	76,61±0,76 <sup>b</sup>	71,66±0,77 <sup>c</sup>	2,42±0,38 <sup>a</sup>	160,83±1,32 <sup>c</sup>	322,82±1,97 <sup>b</sup>
Néré	4,50±0,37 <sup>c</sup>	0,64±0,04 <sup>ab</sup>	80,10±0,40 <sup>a</sup>	19,90±0,4 <sup>c</sup>	1,36±0,04 <sup>a</sup>	41,14±0,06 <sup>c</sup>	71,50±0,11 <sup>a</sup>	30,35±0,06 <sup>a</sup>	5,00±0,50 <sup>c</sup>	12,67±0,60 <sup>a</sup>	309,72±0,81 <sup>a</sup>

(<sup>a, b, c</sup>) les valeurs moyennes à l'intérieur d'une même colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différent au seuil de 0,1%.

**Tableau IX: Concentrations en sucres simples des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré (g/100g) de la pulpe séchée**

Sucres simples	Pulpes de fruits		
	Baobab	Tomi	Néré
Glucose	4,11	2,07	0,08
Saccharose	5,74	1,21	nd
Fructose	0,80	0,11	nd
Galactose	nd	4,31	45,65
Arabinose	nd	nd	8,76
Rhamnose	nd	nd	0,22

nd: non détecté

### 1. 3. Composition minérale

La composition minérale de la pulpe des différents fruits étudiés est consignée dans le tableau X. De tous ces minéraux (K, Na, Ca, P, Fe, Mg, Zn) analysés, le potassium (K) a été significativement le minéral prédominant avec des teneurs variant entre 92,29 mg/100g (Néré) et 2815,11 mg/100g (Tomi). La pulpe de Baobab a aussi enregistré un taux important en potassium (2353,42 mg/100g). Le sodium (Na) a été relativement peu présent dans les différentes pulpes. Sa teneur a varié de 21,00 mg/100g à 24,67 mg/100g. Le plus grand taux de Na a été observé chez la pulpe de Tomi (24,67 mg/100g) alors que son plus faible taux s'est révélé chez la pulpe de Néré (21,00 mg/100g). Le ratio Na/K des trois pulpes a été inférieur à 1 (Tableau X).

Le calcium (Ca), le phosphore (P) et le magnésium (Mg) ont montré des teneurs significativement importantes dans la pulpe des trois fruits analysés. Elles ont varié respectivement de 84,23 mg/100g (Néré) à 320,85 mg/100g (Tomi), de 83,03 mg/100g (Néré) à 277,12 mg/100g (Baobab) et de 54,84 mg/100g (Néré) à 192,27 mg/100g (Baobab). La pulpe de Néré a eu les plus faibles taux de ces trois minéraux.

Le Fer (Fe) et le Zinc (Zn) se sont révélés être assez moins importants dans la pulpe de ces fruits. Ceux-ci ont été moins variables pour le Zn (2,07mg/100g (Néré) à 2,64 mg/100g (Tomi)). Aucune différence significative du taux de fer n'a été observée dans les pulpes de Baobab (4,57 mg/100g) et de Tomi (4,67 mg/100g) tandis que la pulpe de Néré en a cumulé (8,32 mg/100g).

**Tableau X: Composition minérale (mg/100g) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

Pulpes	K	Na	Ca	P	Fe	Mg	Zn	Na/K
Baobab	2353,42±45,08 <sup>b</sup>	22,39±0,07 <sup>b</sup>	310,12±35,99 <sup>b</sup>	277,12±20,84 <sup>c</sup>	4,57±0,10 <sup>ab</sup>	192,27±1,97 <sup>c</sup>	2,49±0,04 <sup>bc</sup>	0,01
Tomi	2815,11±0,25 <sup>c</sup>	24,67±0,78 <sup>c</sup>	320,85±0,20 <sup>c</sup>	169,53±0,45 <sup>b</sup>	4,67±0,08 <sup>ab</sup>	112,50±0,50 <sup>b</sup>	2,64±0,09 <sup>bc</sup>	0,01
Néré	92,29±2,48 <sup>a</sup>	21,00±0,03 <sup>a</sup>	84,23±0,25 <sup>a</sup>	83,03±2,95 <sup>a</sup>	8,32±0,20 <sup>c</sup>	54,84±0,52 <sup>a</sup>	2,07±0,38 <sup>a</sup>	0,02

(<sup>a, b, c</sup>) les valeurs moyennes à l'intérieur d'une même colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différent au seuil de 0,1 %.

#### 1. 4. Composition en acides organiques

Les teneurs en composants organiques de la pulpe des trois différents fruits étudiés sont consignées dans le tableau XI. Avec une valeur de 1,08 mg/100 g, la pulpe de Néré a contenu la teneur la plus élevée en acide malique. Elle a été suivie de la pulpe de Tomi (0,85 mg/100 g) et de la pulpe de Baobab (0,17 mg/100 g). Pour ce qui est de l'acide tartrique, sa plus forte teneur a été révélée chez la pulpe de Baobab (8,04 mg/100 g). Elle a été suivie de façon décroissante par la pulpe de Tomi (7,2 mg/100 g) et par celle du Néré (7,04 mg/100 g). Concernant l'acide citrique, ses teneurs se sont situées entre 2,05 mg/100 g (Baobab) et 3,01 mg/100 g (Tomi). Aucune différence notable ( $p = 0,001$ ) des taux d'acide citrique n'a été observée entre les pulpes de Néré (2,15 mg/100 g) et de Baobab (2,05 mg/100 g).

#### 1. 5. Composés phénoliques

Les composés phénoliques des pulpes des trois différents fruits ont présenté une très grande variabilité (Tableau XII). Parmi ces composés, la catéchine a été la plus importante avec une teneur de 141,03 mg/100 g dans la pulpe de Tomi, suivie des pulpes de Baobab (123,45 mg/100 g) et de Néré (73,01 mg /100 g). De même, la plus forte teneur en coumarine a été observée dans la pulpe de Tomi (11,49 mg/100 g). Elle a été suivie des pulpes de Baobab (9,32 mg/100 g) et de Néré (4,21 mg/100 g). L'acide benzoïque et l'acide gallique sont présents dans les pulpes de Tomi et de Néré avec des teneurs respectives de 3,06 mg/100 g et 4,00 mg/100 g, et 7,43 mg/100 g et 6,75 mg/100 g. La quercétine n'a été détectée que dans la pulpe de Baobab (4,91 mg/100 g).

#### 1.6. Composés vitaminiques A et C

Les teneurs en vitamines A et C des pulpes des trois fruits sauvages étudiés sont reportées dans le tableau XIII. Les teneurs en vitamine A se situent entre 21 mg/100 g (Néré) et 98 mg/100 g (Baobab). Celles de la vitamine C oscillent entre 28 mg/100 g et 311 mg/100 g. La pulpe de Tomi contient la plus petite teneur en vitamine C (28 mg/100 g), plus de dix fois inférieure à celle de la pulpe de Baobab (311 mg/100 g). La pulpe de Néré contient une teneur de 48 mg/100 g en vitamine C, presque deux fois supérieure à celle de la pulpe de Tomi.

RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau XI: Composés en acides organiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré (g/100g)**

Acides organiques	Pulpes de fruits		
	Baobab	Tomi	Néré
Acide malique	0,17	0,85	1,08
Acide tartrique	8,04	7,20	7,04
Acide citrique	2,05	3,01	2,15

**Tableau XII: Composés phénoliques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 g)**

Composés phénoliques	Pulpes de fruits		
	Baobab	Tomi	Néré
Acide benzoïque	nd	3,06	4,00
Acide gallique	nd	7,43	6,75
Catéchine	123,45	141,03	73,01
Coumarine	9,32	11,49	4,21
Quercétine	4,91	nd	nd

nd: non détecté

**Tableau XIII: Composés vitaminiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 g)**

Vitamines	Pulpes de fruits		
	Baobab	Tomi	Néré
Vitamine A	98	nd	21
Vitamine C	311	28	48

nd: non détecté

### 1.7. Composition anti-nutritionnelle et biodisponibilité minérale

La composition anti-nutritionnelle de la pulpe des trois fruits étudiés est présentée par le tableau XIV. Pour chaque composé, une différence significative est observée au niveau de chaque pulpe. La teneur en tanins s'est située entre 518,75 mg/100 g (Tomi) et 1020,90 mg/100 g (Baobab). Quant aux flavonoïdes, la plus forte teneur de 162,25 mg/100 g est enregistrée dans la pulpe de Néré. Elle est suivie de la pulpe des fruits de Tomi (119,49 mg/100 g) et de Baobab (105,04 mg/100 g). Les teneurs en phénols totaux de ces trois pulpes oscillent entre 430,55 mg/100 g (Néré) et 1226,19 mg/100 g (Baobab) avec une teneur de 653,10 mg/100g (Tomi) correspondant à plus de la moitié de celle rencontrée dans le Baobab.

Concernant l'oxalate, sa teneur la plus élevée a été de 187,00 mg/100 g chez la pulpe de Baobab. Elle est suivie de façon décroissante de la pulpe des fruits de Tomi (44,00 mg/100 g) et Néré (25,66 mg/100 g). Pour toutes les pulpes, le ratio oxalates avec le Ca a été en-deçà de la norme (2,25) tandis que son ratio avec le fer est largement supérieur à la limite autorisée (1) (Tableau XV).

**Tableau XIV: Composants antinutritionnels (mg/100 g) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

Pulpes de fruits	Tanin	Flavonoïdes	Phénols totaux	oxalates
Baobab	1020,90±7,36 <sup>c</sup>	105,04±1,59 <sup>ab</sup>	1226,19±31,32 <sup>c</sup>	187,00±11,00 <sup>c</sup>
Tomi	518,75±14,49 <sup>a</sup>	119,49±4,79 <sup>ab</sup>	653,10±25,22 <sup>b</sup>	44,00±11,00 <sup>b</sup>
Néré	554,60±11,25 <sup>b</sup>	162,25±12,29 <sup>c</sup>	430,55±19,81 <sup>a</sup>	25,66±6,35 <sup>a</sup>

(<sup>a, b, c</sup>) les valeurs moyennes à l'intérieur d'une même colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différent au seuil 0,1 %.

**Tableau XV : Biodisponibilité minérale (Ca et Fe) des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

Ratios	Baobab	Tomi	Néré	Références
Oxalate/Ca	0,60	0,14	0,30	2,25
Oxalate/Fe	40,91	9,42	3,08	1

**2. Relation entre la composition biochimique des pulpes et l'apport journalier recommandé**

La mise en relation entre la composition biochimique des pulpes des trois fruits et l'apport journalier recommandé est établie dans le tableau XVI. Il est ressorti de ce tableau que, pour les enfants de 4 à 8 ans, la quantité recommandée par individu a été un apport quotidien de 0,025 g, 0,8 g, 19 g, 0,01 g respectivement en Vitamine C, en Ca, en protéines et en Fe. Ainsi la consommation de 40 g de pulpe de Tomi, Néré et Baobab par un enfant (4-8 ans) couvrirait respectivement 497,60 %, 44,80 % et 76,80 % de l'apport journalier recommandé en vitamine C. En ce qui concerne les protéines, le fer et le calcium, les taux de couvertures ont varié respectivement de 5,32 (Tomi) à 9,47 % (Néré), 18,20 % (Baobab) à 33,20 % (Néré) et de 4,21 % (Néré) à 16,04 % (Tomi).

**Tableau XVI: Composition biochimique des pulpes de Baobab, Tomi et Néré, et Apport Journalier Recommandé (AJR) chez les enfants (4-8 ans)**

Nutriments	Besoin (g)/jour	Baobab (40 g)	Tomi (40 g)	Néré (40 g)
		% apport/j	% apport/j	% apport/j
Vitamine C	0,025	497,60 %	44,80 %	76,88 %
Ca	0,8	15,50 %	16,04 %	4,21 %
Protéine	19	6,48 %	5,32 %	9,47 %
Fe	0,01	18,20 %	18,26 %	33,20 %

### **3. Identification des principales caractéristiques biochimiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

#### **3.1. Analyse en Composantes Principales (ACP) des caractéristiques physicochimiques et énergiques**

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les caractéristiques macromoléculaire et énergétique et de l'acidité des pulpes des trois fruits étudiés permet de relever les constituants essentiels en celle-ci (Figure 19). Sur la base de leur part explicative à la variabilité totale, deux principaux axes (1 et 2) sont retenus. Ces axes (F1 et F2) constituent la composante principale qui explique 100,00 % de la variabilité totale. Leur contribution individuelle respective est de 93,133% et de 6,867 % (Tableau XVII).

Le tableau de contribution des observations (Tableau XVIII) permet d'identifier les individus qui contribuent significativement à la formation des composantes F1 et F2. Ainsi, le Tomi (38,824 %) et le Néré (59,061 %) sont ceux qui ont été prépondérants à la formation de la composante F1. La composante F2 doit sa formation à la pulpe de Baobab (64,552 %).

Le tableau de contribution des variables (Tableau XIX) indique que l'acidité titrable (68,202 %) contribue significativement à la formation de la composante F1 alors que la composante F2 a du sa formation à la valeur énergétique (85,170 %).

La représentation des variables et des individus dans le plan factoriel (1 et 2) (Figure 19) montre que les pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré se sont caractérisés par leurs fortes valeurs énergétiques et en acidité titrable. Toutefois, la pulpe de Néré semble être la moins acide et énergétique.

**Tableau XVII: Valeurs propres de l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

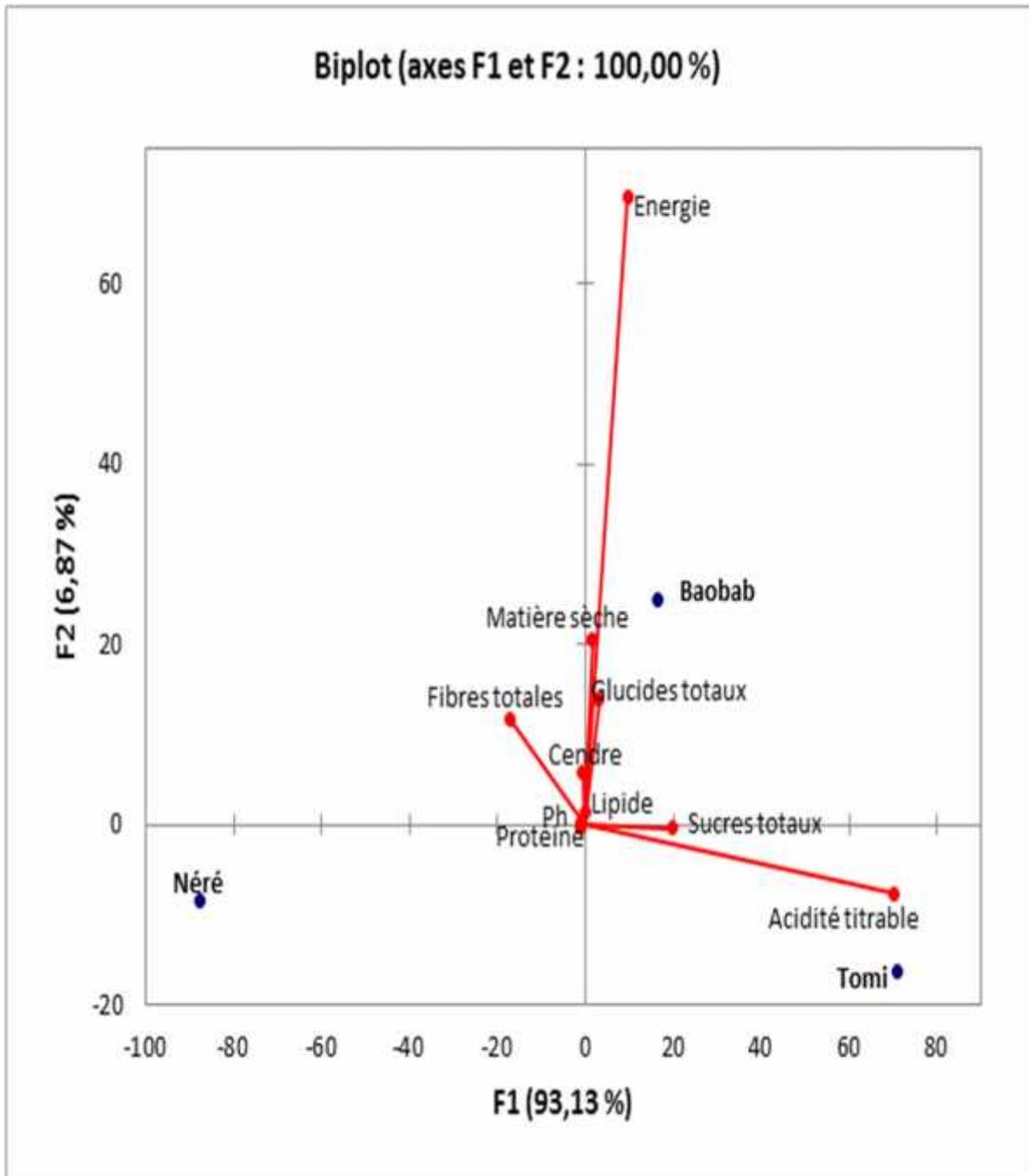
	F1	F2
Valeur propre	6,504	4,796
Variabilité (%)	93,133	6,867
% cumulé	93,133	100,000

**Tableau XVIII : Contribution des observations (%) relative à l'ACP des caractéristiques physicochimique et énergétique des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Baobab	2,115	<b>64,552</b>
Tomi	<b>38,824</b>	27,843
Néré	<b>59,061</b>	7,605

**Tableau XIX: Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Protéines	0,016	0,001
Lipides	0,000	0,036
Matière sèche	0,042	7,433
Cendres	0,009	0,597
Fibres totales	5,140	2,368
Glucides totaux	0,170	3,362
Sucres totaux	6,759	0,003
pH	0,026	0,000
Acidité titrable	<b>86,202</b>	1,029
Energie	1,636	<b>85,170</b>



**Figure 19 : Projection des caractéristiques physicochimiques et énergétiques et des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.**

### 3.2. Analyse en Composantes Principales (ACP) des micronutriments

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les caractéristiques micromoléculaires des pulpes des trois fruits étudiés sont présentées par la figure 20.

Elles sont corrélées aux deux premiers axes F1 et F2 avec un cumul de 100,00 % de la variabilité totale et servent à expliquer l'ACP. Le premier axe (F1) enregistre une valeur propre de 15,224 et a exprimé 76,118 % de variance totale observée. Avec une valeur propre de 4,776, la composante F2 exprime 23,882 % de la variabilité totale (Tableau XX).

Le tableau de contribution des observations (Tableau XXI) a permis d'identifier les individus qui ont contribué significativement à la formation des composantes F1 et F2. Ainsi, le Baobab (59,967 %) et le Néré (37,374 %) sont ceux qui sont prépondérants à la formation de la composante F1. La composante F2 est formée par la pulpe de Tomi (64,008 %).

Le tableau de contribution des variables (Tableau XXII) montre que l'acide malique (6,530 %), l'acide tartrique (6,374 %), la vitamine C (5,638 %), l'acide benzoïque (6,508 %), l'acide gallique (5,547 %), la quercétine (5,909 %), le tanin (5,634 %), les flavonoïdes (5,173 %), les phénols totaux (6,554 %), l'oxalate (6,260 %), le glucose (6,325 %), le saccharose (6,479 %) et le fructose (6,321 %) contribuent majoritairement à la formation de la composante F1. Par contre, la composante F2 est formée par l'acide citrique (19,156 %), la vitamine A (5,305 %), la catéchine (14,367 %), la coumarine (15,186 %), le galactose (7,990 %), l'arabinose (9,199 %) et la rhamnose (9,199 %).

Sur la base de ces axes F1 et F2, il ressort que les pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré ont la particularité d'être riches en de nombreux micro-constituants (figure 20). Toutefois, la pulpe de Baobab semble se caractériser principalement par ses teneurs élevées en sucres simples (fructose, glucose et saccharose), anti-nutriments (phénols totaux, tanin, oxalate), en vitamines C et A, acide tartrique et quercétine. Quant à la pulpe de Tomi, elle semble être particulièrement riche en catéchine et en coumarine, acide citrique, acide gallique. Alors que celle de Néré se distingue par ses teneurs élevées en acide benzoïque et malique, en flavonoïde et en sucres simples tels que le galactose, l'arabinose et la rhamnose.

**Tableau XX : Valeurs propres relatives à l'ACP des micronutriments des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Valeur propre	15,224	4,776
Variabilité (%)	76,118	23,882
% cumulé	76,118	100,000

**Tableau XXI : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des micronutriments des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Baobab	<b>59,967</b>	6,699
Tomi	2,658	<b>64,008</b>
Néré	<b>37,374</b>	29,292

**Tableau XXII : Contribution des variables relatives à l'ACP des micronutriments des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Acide malique	<b>6,530</b>	0,124
Acide tartrique	<b>6,374</b>	0,621
Acide citrique	0,559	<b>19,156</b>
Vitamine A	4,904	<b>5,305</b>
Vitamine C	<b>5,638</b>	2,966
Acide benzoïque	<b>6,508</b>	0,192
Acide gallique	<b>5,547</b>	3,257
Catéchine	2,061	<b>14,367</b>
Coumarine	1,804	<b>15,186</b>
Quercétine	<b>5,909</b>	2,104
Tanins	<b>5,634</b>	2,978
Flavonoïdes	<b>5,173</b>	4,450
Phénols totaux	<b>6,554</b>	0,048
Oxalates	<b>6,260</b>	0,985
Glucose	<b>6,325</b>	0,777
Saccharose	<b>6,473</b>	0,306
Fructose	<b>6,321</b>	0,789
Galactose	4,062	<b>7,990</b>
Arabinose	3,683	<b>9,199</b>
Rhamnose	3,683	<b>9,199</b>

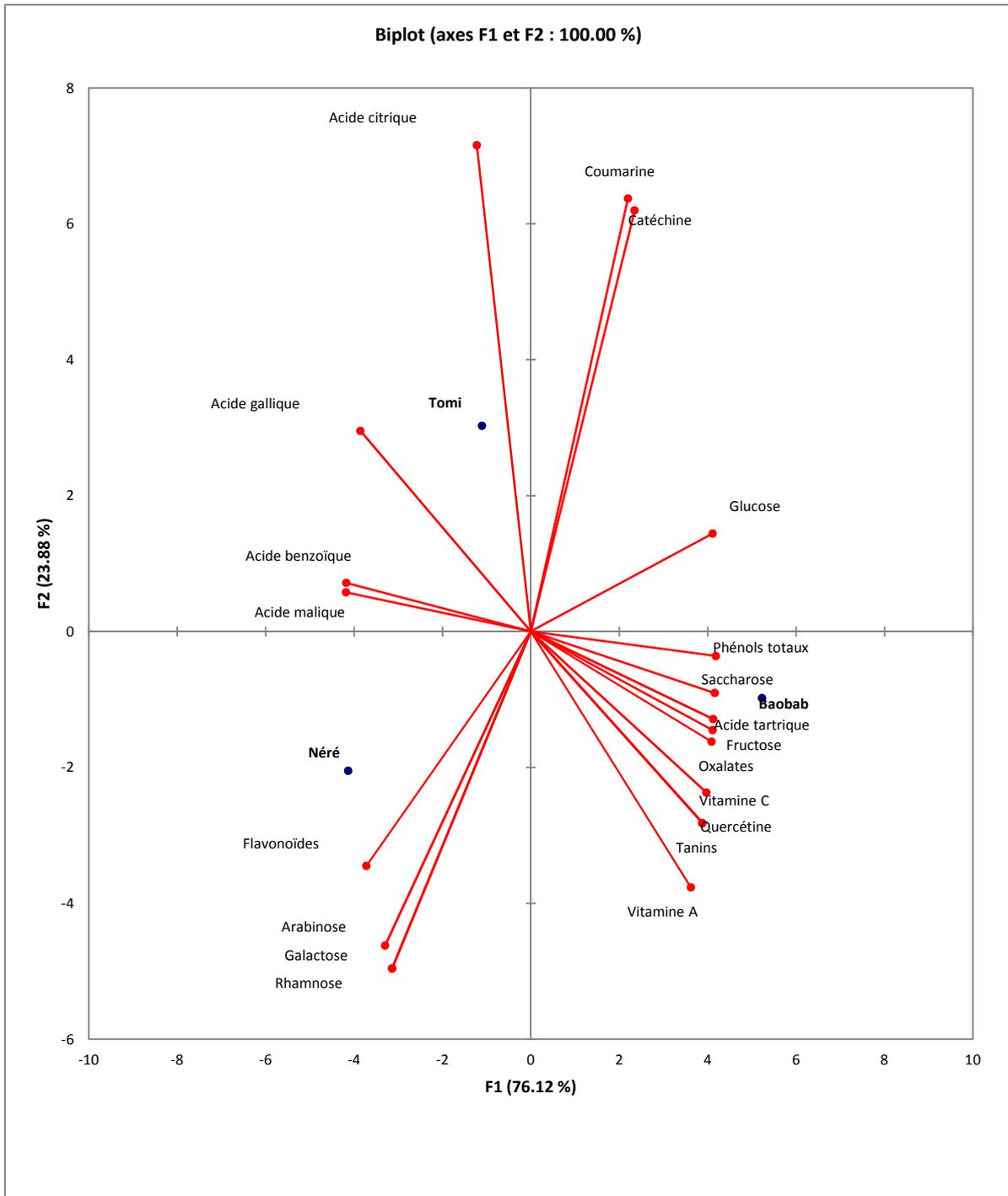


Figure 20 : Projection des micronutriments et des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.

### 3.3. Analyse en Composantes Principales (ACP) des minéraux

Les éléments minéraux des pulpes des trois différents fruits étudiés sont corrélés aux deux premiers axes F1 et F2 qui servent à expliquer l'ACP (Figure 21). Ils cumulent 100,00 % de la variabilité totale. Le premier axe (F1) enregistre une valeur propre de 6,977 et exprime 99,680 % de variance totale observée. Avec une valeur propre de 0,022, la composante F2 exprime 0,320 % de la variabilité totale (Tableau XXIII).

Le tableau de contribution des observations (Tableau XXIV) permet d'identifier les individus qui ont contribué significativement à la formation des composantes F1 et F2. Ainsi, le Néré (65,082 %) est celui qui est prépondérant à la formation de la composante F1. La composante F2 est formée par les pulpes de Baobab (58,003%) et Tomi (40,412 %) qui en ont été les prépondérants.

Le tableau de contribution des variables (Tableau XXV) montre que le potassium (98,826 %) a été celui qui est majoritaire à la formation de la composante F1. Alors que, la composante F2 est formée par le phosphore (62,488 %) et le magnésium (33,542%)

Sur la base de ces deux axes F1 et F2, la Figure 21 indique que les pulpes de Baobab et Tomi sont caractérisées par leurs fortes teneurs en potassium (K), en magnésium (Mg) et en phosphore (P). Toutefois, la pulpe de Tomi semble détenir la plus forte teneur en potassium. La pulpe de Néré par contre enregistre les teneurs les plus faibles de ces trois minéraux (K, P, Mg).

**Tableau XXIII: Valeurs propres relatives à l'ACP des minéraux des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

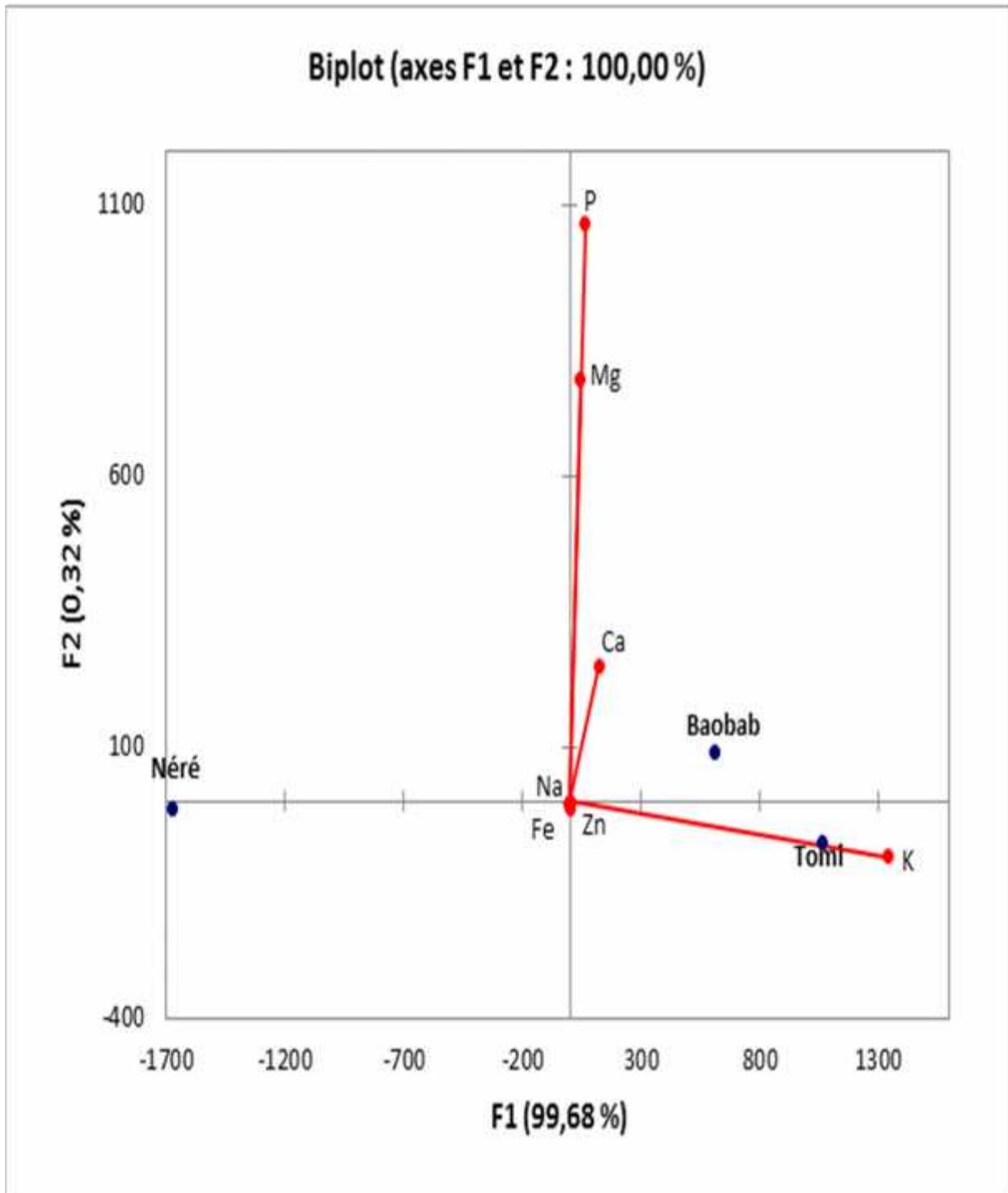
	F1	F2	F3
Valeur propre	6,977	0,022	0,000
Variabilité (%)	99,680	0,320	0,000
% cumulé	99,680	100,000	100,000

**Tableau XXIV: Contribution des observations relative à l'ACP des minéraux des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2	F3
Baobab	8,664	<b>58,003</b>	0,000
Tomi	26,254	<b>40,412</b>	0,000
Néré	<b>65,082</b>	1,585	0,000

**Tableau XXV: Contribution des variables relative à l'ACP des minéraux des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2	F3
K	<b>98,826</b>	0,568	0,000
Na	0,000	0,012	0,000
Ca	0,820	3,388	0,000
P	0,240	<b>62,488</b>	0,000
Fe	0,000	0,002	0,000
Mg	0,114	<b>33,542</b>	0,000
Zn	0,000	0,000	100,000



**Figure 21: Projection de la composition minérale et des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.**

## II. DISCUSSION

Un des objectifs assignés à cette étude est d'évaluer le potentiel nutritif des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré. A cet effet, elles ont révélé de nombreux nutriments avec des taux variables d'une pulpe à l'autre. Ainsi, leur contenu protéique évalué, se situent entre 2,53 % (Tomi) et 4,50 % (Néré). Ces teneurs relativement basses pourraient être la conséquence de la dégradation des protéines au cours de la maturation des fruits (Goswami & Borthakur, 1996). Ces pulpes à elles seules ne peuvent donc pas couvrir les besoins journaliers de l'organisme en protéines estimés à 0,75 g /Kg de poids/ jour (Eleazu *et al.*, 2011). Mais, elles peuvent y contribuer efficacement. Toutefois, des fruits de grande consommation tels que la papaye (0,5 % de MS) et le fruit de la passion (2,6 % de MS) (Rodrigues *et al.*, 2001 et Besco *et al.*, 2007) semblent avoir des teneurs en protéines inférieures à celles de ces trois fruits étudiés.

Les teneurs en lipides de ces trois différentes pulpes oscillent entre 0,64 % et 1,42 %. Ces valeurs reflètent leur caractère moins gras. Elles leur confèrent une qualité alimentaire. Ainsi, les pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré pourraient être prisés auprès des consommateurs dans un monde où les dépenses énergétiques baissent dans le cadre d'un mode de vie de plus en plus sédentaire où les maladies cardiovasculaires et diabètes font beaucoup de victimes (Déprez *et al.*, 2001). La teneur en lipides (1,42 %) de la pulpe de Baobab s'est avérée la plus élevée. Cette valeur corrobore les résultats rapportés par Lockett *et al.* (2000) et Cissé (2012). Ils ont affirmé que la pulpe de Baobab disposerait d'une très faible teneur en matières grasses avec des valeurs respectives de 0,21 % à 0,41 % et de 0,94 %. Toutefois, elles sont inférieures à celle rapportée par Glew *et al.* (1997) qui est de l'ordre de 15,5 %. Cette teneur de 15,5 % en lipides est surprenante car elle semble être plus importante que celle trouvée dans la graine de Baobab (9 %) (Nour *et al.*, 1980). Ces résultats montrent très clairement que les variations observées au niveau des teneurs de lipides pourraient résulter des différentes méthodes d'analyse utilisées mais aussi des espèces étudiées (Cissé, 2012).

La pulpe échantillonnée des trois fruits étudiés s'est aussi caractérisée globalement par une faible teneur en eau. Elle se situe entre 8,66 % (Baobab) et 19,90 % (Néré). Cette relative pauvreté en eau traduit bien le caractère non succulent de ces fruits chez lesquels, la maturité coïncide avec la grande saison sèche au Nord (Janvier à Juin) au cours de laquelle leurs pulpes se trouvent dans un état de déshydratation très avancé (Soloviev *et al.*, 2004). Par conséquent la qualification de fruits secs les sied bien. Cette faible humidité dont dispose la

pulpe de ces trois fruits par rapport aux fruits charnus, leur donne l'avantage d'être conservés pendant longtemps (Soloviev *et al.*, 2004). La pulpe de Baobab renferme la plus petite quantité d'eau. Donc elle pourrait mieux se conserver. Cependant, cette teneur est inférieure à celles oscillant entre 14,30 % et 27,6 % trouvées par Soloviev *et al.* (2004). Cet écart de teneur observé au sein d'une même espèce pourrait être lié aux stades de maturité différenciés consécutifs à la phénologie des arbres (Soloviev *et al.*, 2004).

En revanche, leurs teneurs en glucides se sont révélées assez élevées. En effet, elles varient de 71,50 % à 81,93 % pour les glucides totaux et les sucres totaux, de 30,53 Brix à 71,66 Brix. Cette étude a révélé une différence significative ( $p=0,001$ ) entre ces trois espèces eu égard aux contenus en glucides de la pulpe de leurs fruits. Ces glucides totaux représentent entre 89,26 % (Néré) et 94,34 % (Tomi) de la matière sèche (MS) et se composent de 42,44 % (Néré) à 93,53 % (Tomi) de sucres totaux. Ceci explique le goût sucré (doux) de ces différentes pulpes (Nour *et al.*, 1980 et Maundu *et al.*, 1999). Cependant, ce goût sucré varie selon l'espèce. En effet, comparativement aux deux autres espèces, la pulpe de Tomi renferme la teneur la plus élevée en sucres totaux (71,66 Brix). Or des études effectuées au Pakistan par Hasan & Ijaz (1972) et au Sénégal par Soloviev *et al.* (2004) ont rapporté respectivement des teneurs en sucres totaux variant de 14,4 % à 18,6 % et de 21,4 % à 30,9 %, et d'autres réalisées en Thaïlande ont révélé des teneurs comprises entre 4,80 et 38,94 % pour les variétés acides et de 39,06 % à 47,71 % pour les variétés douces (Feungchan *et al.*, 1996). Au regard de ces critères, les fruits de Tomi récoltés dans le département de Korhogo semblent bien appartenir aux variétés douces.

Par ailleurs, cette remarquable richesse de ces trois différentes pulpes en glucides totaux pourrait fournir l'essentiel de l'énergie à l'organisme (Atwarter & Rosa, 1899). En effet, leur particularité semble se dégager à partir de leur forte valeur énergétique (309,72 - 353,50 kcal). Elle confère donc à ceux-ci la qualité d'excellentes sources d'énergie.

La pulpe de ces trois fruits est également une bonne source de fibres totales (3,96 % (Tomi) à 41,14 % (Néré)). Ces valeurs indiquent une très grande variabilité ( $P=0,001$ ). Elles leur confèrent une meilleure qualité alimentaire notamment les pulpes de Baobab (22,65 %) et de Néré (41,14 %). En effet, les fibres alimentaires pourraient combattre la constipation et réduire le taux de cholestérol et de glycémie. Cet écart de teneurs entre ces trois différentes pulpes pourraient être justifié par de nombreux facteurs tels que le stade de maturité du fruit à la récolte, les conditions de stockage, l'ensoleillement et la provenance des espèces (Cissé, 2012).

La teneur en cendres de la pulpe de ces fruits étudiés est aussi intéressante que celle des fibres totales. Elle varie de 1,36 % (Néré) à 5,06 % (Baobab). Selon Adeyemi & Oladiji (2009), ces différentes teneurs seraient dépendantes du stade de développement des fruits. En outre, elles pourraient être dues à la différence de leur capacité d'absorption des minéraux (Cissé, 2012). La pulpe de Baobab contient la plus importante teneur (5,06 %) en cendres. Elle est superposable à celle de 5,2 % rapportée par Cissé (2012). Lockett *et al.* (2000) et Murray *et al.*, (2001) ont rapporté des résultats similaires oscillant entre 5,1 % et 5,7 %. Par ailleurs, ces teneurs semblent être beaucoup plus importantes que celle de l'ananas (0,4 %) selon Huet (1958) et Favier (1995).

Les trois différentes pulpes présentent des pH acides (2,42–5). Les variations observées entre leur pH semblent être liées aux différents taux d'acides titrables dans chaque pulpe. En réalité, selon Hsiao & Siebert (1999), les enzymes amylolytiques ( $\alpha$  et  $\beta$ -amylases; -1,4 et -1,6-glucosidases) et l'eau présentes dans les pulpes des fruits favorisent la dégradation des polymères glucidiques (amidon) en glucides plus simples, facilitant leur conversion en acides. En effet, les sucres simples quantifiés dans les trois différentes pulpes notamment le saccharose, le glucose, le fructose, l'arabinose et le rhamnose semblent y être faiblement représentés. Ainsi, cette forte acidité semble jouer un rôle important dans la qualité post-récolte des fruits et légumes, car selon les études de Bainbridge *et al.* (1996), le goût résulte principalement d'un certain équilibre entre le taux de sucres et de l'acidité des fruits. De plus, elle pourrait être un facteur favorable à l'inhibition de la plupart des microorganismes pouvant entraîner la détérioration des fruits (Bourgeois, 1985). La pulpe de Tomi s'est caractérisée par une très forte acidité (160,83 méq.g/kg) lui conférant un pH très bas (2,42). En effet, l'acidité du Tomi ne s'estompe pas avec la maturation. Ce qui indique que l'acide tartrique, très élevé (98 % des acides organiques) dans la pulpe de Tomi, n'est pas utilisé lors du développement du fruit (Grollier *et al.*, 1998). Pendant ce temps, la quantité de sucres réducteurs augmente pour donner un goût plus sucré à ce fruit aigre. C'est pourquoi, le tamarin est connu comme étant le fruit le plus acide et sucré à la fois (Grollier *et al.*, 1998).

Par ailleurs, cette forte acidité de ces trois pulpes semble être essentiellement fournie par leur contenu en acides organiques (Soloviev *et al.*, 2004). En effet, les acides organiques évalués dans les différentes pulpes ont fourni des concentrations appréciables et très peu variables notamment en ce qui concerne l'acide tartrique (7,04 g/100g - 8,04 g/100g). La différence des espèces, le sol et les conditions de stockage pourraient être les principales causes de ces faibles variations de concentrations (Muangthai & Nookaew, 2015). Les

relatives faibles teneurs de l'acide malique (0.17 g/100g à 1,08 g/100 g) et de l'acide citrique (2,05 g/100g à 3,01 g/100g) semblent être la conséquence de leur conversion en sucres lors de la maturation des fruits (Brady, 1987).

Les composés phénoliques évalués dans ces différentes pulpes sont composés d'acides benzoïques (3,06-4,00 mg/100g), d'acide gallique (6,75-7,43 mg/100 g), de la catéchine (73,01-141,03 mg/100 g), de la Coumarine (4,21-11,49 mg/100 g) et de la quercétine 4,91 mg/100g (Baobab). Ces résultats reflètent une variabilité des teneurs entre ces trois pulpes. Les différentes répartitions de leurs concentrations semblent être liées à un certain nombre de facteurs notamment les facteurs génétiques, le sol et le stade de maturation des fruits (Pedneault *et al.*, 2001 ; Aganga & Mosase, 2003).

La présence de vitamines A et C a été également révélée dans les trois différentes pulpes échantillonnées. Leurs teneurs en vitamine C se situent entre 28 mg/100g (Tomi) et 311 mg/100g (Baobab). La teneur de la pulpe de Baobab (311 mg/100 g) est superposable à celle de 300 mg/100 g trouvée par Wehmeyer (1996) et Gebauer *et al.* (2002). Elles sont supérieures à celles se situant entre 60 et 138 mg/100 g rapportées par Cissé (2012). Il ne fait donc aucun doute que la pulpe de Baobab soit une source très importante de vitamine C que l'on peut mettre en évidence sur la base de l'apport journalier recommandé (AJR) (0,025 g/j) pour un enfant (4-8 ans). Il apparaît très clairement qu'il existe une grande variabilité de la teneur en vitamine C au sein des mêmes espèces mais également avec les espèces différentes. Les conditions pédoclimatiques, le stade de maturité du fruit à la récolte et les conditions de stockage pourraient influencer les teneurs en vitamines C (Scheuring *et al.*, 1999). En comparant ces trois fruits aux autres fruits tels que l'avocat (18 mg/100 g), la mangue (42 mg/100 g de MS), l'ananas (34 mg/100 g de MS) et l'orange (37 mg/100 g de MS) (Assogbadjo, 2006, Bourgeois, 2002 et Rodrigues *et al.*, 2001), ceux-ci semblent être de très intéressantes sources en vitamines C. Par conséquent, ils pourraient participer efficacement à la prévention de maladies cardiovasculaires via leurs propriétés antioxydantes (Bourre, 2006). Concernant la vitamine A, les taux enregistrés dans la pulpe des fruits de Baobab et de Néré (21 mg/100g-98 mg/100g) sont non négligeables.elles sont largement au-delà des AJR (Gissingeer, 2003). On peut donc les qualifier d'excellentes sources de vitamines A.

La pulpe de ces trois fruits a aussi enregistré des anti-nutriments avec des teneurs assez élevées dont les phénols totaux (430,55-1266,19 mg/100 g) et les tanins (518,75-1020,90 mg/100 g) sont les plus importantes. Scalbert *et al.*, (1990) ont noté que les polyphénols sont abondants dans les fruits tels que le raisin, la pomme et les cerises et que

leurs teneurs atteignent 500 mg/100 g de MS. Cette teneur est inférieure à celles révélées par les pulpes de ces trois fruits étudiés. Scalbert & Williamson (2000) ont aussi rapporté que les polyphénols participent à la prévention des maladies cardio-vasculaires. Concernant les tanins, Penchev (2010) a révélé que ces composés aux propriétés antioxydantes, anti-cancérogènes et anti-radicales élevées seraient capables de diminuer ou d'empêcher l'oxydation d'autres substances chimiques. Quant aux flavonoïdes, leurs teneurs se situent entre 105,04 mg/100 g (Baobab) et 162,25 mg/100 g (Néré). Ils semblent présenter une gamme d'activités biologiques dont l'une est leur capacité à piéger les radicaux biologiques et les radicaux anioniques super oxydes (Gill, 1992). Dès lors, ils pourraient promouvoir la santé. La teneur en oxalate varie entre 25,66 mg/100 g (Néré) et 187,00 mg/100 g (Baobab). Selon Hassan *et al.* (2011), l'oxalate aurait des propriétés susceptibles à influencer la biodisponibilité du calcium (Ca) et du fer (Fe) pour l'organisme. Le ratio oxalates/Ca est en dessous de la limite autorisée (2,25). Le Ca pourrait donc être disponible pour l'organisme (Tchiegang et Kitikil, 2004). Cependant, le ratio oxalates/Fe est largement au-dessus de la limite autorisée (1). Ainsi, la biodisponibilité du fer dans les trois pulpes pourrait être affectée (Soro *et al.*, 2012).

Le profil minéral de la pulpe de ces fruits est également appréciable. Toutefois, les différentes teneurs ont montré une très grande variabilité ( $P = 0,001$ ). Les différentes teneurs semblent dépendre des espèces et surtout des sols. En effet, Sharma (1983) a trouvé des corrélations positives et significatives entre les teneurs en Mg, Ca et P des feuilles ou de la litière de différents arbres et celles des sols sur lesquels ils poussent. Les pulpes de Baobab (2353,42 mg/100g) et de Tomi (2815,15 mg/100g) sont d'excellentes sources en potassium, surtout que les besoins journaliers nécessaires pour un adulte sont estimés à 380 mg/jour (Inibap, 2001). Malgré les faibles taux des autres minéraux par rapport au potassium dans ces fruits, leur présence reste utile pour les consommateurs. Ces minéraux sont cruciaux dans les activités enzymatiques, la protection des cellules contre les attaques des radicaux libres, la régulation du glucose homéostatique etc. (Garg *et al.*, 2005 ; Anhwange, 2008). D'ailleurs, selon Cook *et al.* (2009), une alimentation saine comprenant des aliments à teneur élevée en potassium et pauvres en sodium peut réduire le risque de maladies cardiovasculaires. En effet, la teneur en sodium des pulpes échantillonnées est faible (21,00 mg/100 g - 24,67 mg/100 g) et le ratio Sodium/Potassium pour les trois différentes pulpes est inférieur à 1. Ainsi, la consommation de ces trois fruits pourraient être bénéfiques aux personnes hypertensives (Roman, 1998 ; Houston et Harper, 2008).

### **III. CONCLUSION PARTIELLE**

La première partie de cette étude s'est fixée pour objectif de quantifier et de catégoriser les pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré suivant leur composition biochimique. Les résultats ont montré qu'elles sont riches en glucides notamment en glucides totaux, en sucres totaux et en sucres simples (galactose, saccharose, glucose) leur conférant ainsi une valeur énergétique élevée. Ces pulpes sont aussi caractérisées par leur richesse en de nombreux minéraux notamment en K, P, Mg et Ca, et micronutriments notamment en composés phénoliques (catéchines et coumarines), en vitamines (A et C), en anti-nutriments (polyphénols totaux et tanins) et en acides organiques (acide tartrique) pouvant leur conférer une très bonne propriété antioxydante.

Bien que les pulpes de ces fruits soient consommées en l'état, elles sont généralement plus valorisées en nectar pour la consommation courante. Ce type de consommation dont l'apport énergétique provient presque exclusivement de leur contenu glucidique et en sucres ajoutés pourrait être une source de désordres métaboliques dans l'organisme. Il convient donc de caractériser du point de vue biochimique et sensoriel les nectars associés à ces différentes pulpes de fruits et d'apprécier leur impact sur la santé humaine.

## CHAPITRE II: CARACTERISATION BIOCHIMIQUE, MICROBIOLOGIQUE, SENSORIELLE ET DETERMINATION DES INDICES GLYCEMIQUES DES NECTARS DE BAOBAB, TOMI ET NERE.

### I. RESULTATS

#### 1. Caractérisation biochimique des trois nectars élaborés

##### 1.1. Caractéristiques physicochimiques et énergétiques

La composition physicochimique et énergétique des trois nectars est consignée dans le tableau XXVI. Ces nectars ont révélé des teneurs en macronutriments, en énergie et en acidité significativement différentes ( $P = 0,001$ ). En effet, leurs teneurs en protéines, en lipides et en cendres faibles varient respectivement de 0,21 g/100 mL (nectar de Baobab) à 0,28 g/100 mL (nectar de Néré), de 0,26 g/100 mL (nectar de Néré) à 0,65 g/100 mL (nectar de Baobab) et de 0,20 g/100 mL (nectar de Baobab) à 0,47g/100 mL (nectar de Tomi). A l'inverse, leurs teneurs en glucides et en sucres totaux sont élevées. Elles varient respectivement de 20,62 g/100 mL (Néré) à 29,44 g/100 mL (Baobab) et de 17,54 g/100 mL (Néré) à 21,12 g/100 mL (Baobab). Concernant leur contenu en fibres totales, il est faible, mais non moins négligeable, surtout dans les nectars de Néré (5,30 g/100 mL) et de Baobab (3,82 g/100 mL). Ces trois nectars enregistrent des teneurs élevées en matières sèches. Elles oscillent entre 24,36 g/100 mL (nectar de Néré) et 32,02 g/100 mL (nectar de Baobab). Quant à leur teneur en eau, il est très élevé. Elle varie de 67,98g/100 mL (nectar de Baobab) à 75,64g/100 mL (nectar de Néré). De même, leur acidité titrable est élevée notamment pour les nectars de Tomi (103,32 méq.g/L) et de Baobab (159,24 méq.g/L). Les pH résultants sont également variables d'une pulpe à l'autre: 2,75 (nectar de Baobab), 3,29 (Tomi) et 4,27 pour le nectar de Néré. Ces trois différents nectar enregistre également de très fortes valeurs énergétiques oscillant entre 85,94 kcal/100 mL (Néré) et 124,43 kcal/100 mL (Baobab).

##### 1.2. Composition en sucres simples

D'intéressantes quantités de sucres simples ont été révélées dans ces nectars (Tableau XXVII). Il s'agit du glucose dont les teneurs varient de 0,07 % (nectar de Néré) à 4,10 % (nectar de Baobab), du fructose de 0,07 % (nectar de Tomi) à 0,34 % (nectar de Baobab), du saccharose de 3,80 % (nectar de Tomi) à 9,50 % (nectar de Baobab), du galactose de 3,75 % (nectar de Tomi) à 44,80 % (nectar de Néré), d'arabinose (6,43 % (nectar de Néré) et de Rhamnose (0,07 % (nectar de Néré).

RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau XXVI: Caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

Nectars	Protéines	Lipides	Matière sèche	Humidité	Cendres	Fibres brutes	Glucides totaux	Sucres totaux	pH	Acidité titrable (méq.g/L)	Energie (Kcal/100 mL)	Glucides disponibles (g/100 mL)
				(g/100 mL)				(° Brix)				
Baobab	0,21±0,00 <sup>a</sup>	0,65±0,02 <sup>c</sup>	32,02±0,65 <sup>c</sup>	67,98±0,65 <sup>a</sup>	0,20±0,01 <sup>a</sup>	3,82±0,06 <sup>b</sup>	29,44±0,07 <sup>c</sup>	21,12±0,16 <sup>c</sup>	2,84±0,14 <sup>a</sup>	159,24±0,20 <sup>c</sup>	124,43±3,52 <sup>c</sup>	25,62±0,11 <sup>c</sup>
Tomi	0,26±0,01 <sup>b</sup>	0,29±0,01 <sup>b</sup>	27,43±0,22 <sup>b</sup>	72,57±0,22 <sup>b</sup>	0,47±0,04 <sup>c</sup>	0,46±0,00 <sup>a</sup>	23,92±0,02 <sup>b</sup>	19,07±0,08 <sup>b</sup>	3,29±0,11 <sup>b</sup>	103,32±0,59 <sup>b</sup>	99,42±0,11 <sup>b</sup>	23,46±0,02 <sup>b</sup>
Néré	0,28±0,00 <sup>c</sup>	0,26±0,01 <sup>a</sup>	24,36±0,43 <sup>a</sup>	75,64±0,43 <sup>c</sup>	0,21±0,01 <sup>b</sup>	5,30±0,02 <sup>c</sup>	20,62±0,03 <sup>a</sup>	17,54±0,05 <sup>a</sup>	4,27±0,03 <sup>c</sup>	11,79±0,03 <sup>a</sup>	85,94±0,96 <sup>a</sup>	15,32±0,01 <sup>a</sup>

(<sup>a, b, c</sup>) les valeurs moyennes à l'intérieur d'une même colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différent au seuil de 0,1 %.

**Tableau XXVII: Concentrations en sucres simples des nectars de Baobab, Tomi et Néré (g/100 mL)**

Sucres simples	Nectars		
	Baobab	Tomi	Néré
Glucose	4,10	2,45	0,07
Saccharose	9,50	3,80	5,07
Fructose	0,34	0,07	nd
Galactose	nd	3,75	44,80
Arabinose	nd	nd	6,43
Rhamnose	nd	nd	0,07

nd: non détecté

### 1.3. Composition minérale

Le profil minéral des trois nectars de fruits étudiés est présenté dans le tableau XXVIII. Ce tableau montre que ces minéraux déterminés (K, Na, Ca, P, Fe, Mg, Zn) ont été tous identifiés avec des taux plus ou moins variables ( $P=0,001$ ) et sont relativement faibles. Toutefois, le potassium (K) demeure le plus important de ces minéraux. Ses teneurs sont comprises entre 34,97 mg/100 mL (nectar de Néré) et 587,05 mg/100 mL (nectar de Tomi). La teneur du nectar de Baobab en potassium (585,19 mg/100g) est très proche de celle du nectar de Tomi ( $P=0,001$ ).

Le sodium (Na) est très peu représenté avec des teneurs qui varient de 0,09 mg/100 mL à 0,97 mg/100 mL. Sa plus forte teneur est observée chez le nectar de Baobab (0,97mg/100 mL), alors que sa plus faible teneur est révélée chez le nectar de Néré (0,09 mg/100 mL). Par ailleurs, le ratio Na/K au niveau de chaque nectar est inférieur à 1 (Tableau XXVIII). En effet, le ratio Na/K au niveau du nectar de Baobab est de 0,002. Ceux des nectars de Tomi et de Néré sont respectivement de 0,001 et de 0,003.

Le Phosphore (P), le Calcium (Ca) et le Magnésium (Mg) par contre, révèlent des teneurs assez intéressantes dans ces trois différents nectars. Elles varient respectivement de 3,93 mg/100 mL (nectar de Néré) à 4,15 mg/100 mL (nectar de Tomi), de 5,17 mg/100 mL (nectar de Néré) à 9,54 mg/100 mL (nectar de Tomi) et de 8,95 mg/100 mL (nectar de Tomi) à 11,08 mg/100 mL (nectar de Baobab).

Le Fer (Fe) et le Zinc (Zn) sont également présents dans les trois nectars avec des taux assez faibles. Ils varient respectivement de 0,39 mg/100 mL (nectar de Néré) à 2,33 mg/100 mL (nectar de Baobab) et de 0,15 mg/100 mL (nectar de Néré) à 0,21 mg/100 mL (nectar de Baobab).

### 1.4. Composition en acides organiques

Les teneurs en acides organiques des trois différents nectars de fruits étudiés sont consignées dans le tableau XXIX. Avec une valeur de 0,89 mg/100 mL, le nectar de Néré enregistre la teneur la plus élevée en acide malique. Elle est suivie des nectars de Tomi (0,21 mg/100 mL) et de Baobab (0,09 mg/100 mL). Quant à l'acide tartrique, ses teneurs se situent entre 4,02 mg/100 mL (nectar de Tomi) et 6,82 mg/100 mL (nectar de Baobab). En ce qui concerne l'acide citrique, sa teneur la plus élevée est observée dans le nectar de Tomi (2,07 mg/100 mL). Elle est suivie des nectars de Néré (1,97 mg/100 mL) et Baobab (1,96 mg/100 mL) qui n'ont pas présenté de différence significative entre leurs teneurs.

### 1.5. Composés phénoliques

Les composés phénoliques ont fait l'objet d'analyse dans les trois différents nectars de fruits étudiés. Ils présentent une très grande variabilité au niveau de leurs teneurs (Tableau XXX). Parmi ces composés, la catéchine est la plus importante. Ses teneurs se situent entre 52,19 mg /100 mL (nectar de Néré) et 133,26 mg/100 mL (nectar de Tomi). La teneur en coumarine varie de 2,93 mg/100 mL (nectar de Néré) à 8,45 mg/100 mL (nectar de Tomi). L'acide benzoïque et l'acide gallique n'ont pu être détectés que dans les nectars de Tomi (2,23 mg/100 mL et 6,97 mg/100 mL) et de Néré (3,09 mg/100 mL et 5,03 mg/100 mL). Quant à la quercétine, elle est détectée uniquement dans le nectar de Baobab (2,72 mg/100 mL).

### 1.6. Composés vitaminiques A et C

Les teneurs en vitamines A et C de ces trois nectars de fruits étudiés sont consignées dans le tableau XXXI. Les teneurs en vitamine A se situent entre 11 mg/100 mL (nectar de Néré) et 80 mg/100 mL (nectar de Baobab) alors que celles de la vitamine C oscillent entre 19 mg/100 mL (nectar de Tomi) et 189 mg/100 mL (nectar de Baobab). Le nectar de Baobab contient à la fois les plus fortes teneurs en ces deux vitamines. La vitamine A n'a pu être détectée chez le nectar de Tomi. Toutefois, il a une teneur en vitamine C de 19 mg/100 mL qui est la plus faible. Le nectar de Néré a une teneur de 21 mg/100 mL en vitamine C, très proche de celle du nectar de Tomi.

RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau XXVIII: Composition minérale des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL)**

Nectars	K	Na	Ca	P	Fe	Mg	Zn	Na/K
Baobab	585,19±0,24 <sup>bc</sup>	0,97±0,10 <sup>c</sup>	9,16±0,06 <sup>b</sup>	4,15±0,13 <sup>bc</sup>	2,33±0,58 <sup>c</sup>	11,08±0,08 <sup>c</sup>	0,21±0,01 <sup>bc</sup>	0,002
Tomi	587,05±2,73 <sup>bc</sup>	0,69±0,02 <sup>b</sup>	9,54±0,12 <sup>c</sup>	4,35±0,10 <sup>bc</sup>	0,46±0,01 <sup>ab</sup>	8,95±0,14 <sup>a</sup>	0,19±0,01 <sup>bc</sup>	0,001
Néré	34,97±0,05 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	5,17±0,25 <sup>a</sup>	3,93±0,06 <sup>a</sup>	0,39±0,01 <sup>ab</sup>	9,35±0,09 <sup>b</sup>	0,16±0,02 <sup>a</sup>	0,003

(<sup>a, b, c</sup>) les valeurs moyennes à l'intérieur d'une même colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différent au seuil de 0,1%.

**Tableau XXIX: Composés en acides organiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré (g/100 mL)**

Acides organiques	Nectars		
	Baobab	Tomi	Néré
Acide malique	0,09	0,21	0,89
Acide tartrique	6,82	4,02	6,65
Acide citrique	1,96	2,07	1,97

*RESULTATS ET DISCUSSION*

**Tableau XXX: Composés phénoliques des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL)**

Composés phénoliques	Nectars		
	Baobab	Tomi	Néré
Acide benzoïque	nd	2,23	3,09
Acide gallique	nd	6,97	5,03
Catéchine	110,32	133,26	52,19
Coumarine	6,55	8,45	2,93
Quercétine	2,72	nd	nd

*nd: non détecté*

**Tableau XXXI: composés vitaminiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL)**

Vitamines	Nectar de fruits		
	Baobab	Tomi	Néré
Vitamine A	80	nd	11
Vitamine C	189	19	21

*nd: non détecté*

### 1.7. Composition anti-nutritionnelle et biodisponibilité minérale (Ca et Fe)

Des composants antinutritionnels (tanins, flavonoïdes, polyphénols et oxalates) ont été déterminés dans les trois différents nectars de fruits étudiés (Tableau XXXII).

Les tanins présentent une différence significative ( $p=0,001$ ) au niveau de leurs teneurs. Elles se situent entre 167,30 mg/100 mL (nectar de Néré) et 622,61 mg/100 mL (nectar de Baobab). Quant aux flavonoïdes, leurs teneurs varient chez ces trois nectars. En effet, avec une teneur de 60,74 mg/100 mL, le nectar de Tomi révèle la teneur la plus élevée en flavonoïdes. Il est suivi du nectar de Baobab (51,87 mg/100 mL) et du nectar de Néré (45,10 mg/100 mL).

La composition en phénols totaux de ces trois nectars montre également une très grande variabilité ( $p=0,001$ ) au niveau de leur teneurs. Elles se situent entre 349,53 mg/100 mL (nectar de Néré) et 873,34 mg/100 mL (le nectar de Baobab). Concernant l'oxalate, il présente aussi une différence hautement significative de ses teneurs au niveau des trois différents nectars. Elles varient de 13,20 mg/100 mL (nectar de Néré) à 40,33 mg/100 mL (nectar de Baobab). Pour tous les nectars, le ratio oxalates/Ca est au-delà de la norme autorisée (2,25). De même le ratio oxalates/Fe est supérieur à la limite autorisée (1) pour tous les nectars (Tableau XXXIII).

**Tableau XXXII: Composants antinutritionnels des nectars de Baobab, Tomi et Néré (mg/100 mL)**

Nectar de fruits	Tanins	Flavonoïdes	Phénols totaux	Oxalates
Baobab	622,61±22,78 <sup>c</sup>	51,87±2,20 <sup>b</sup>	873,34±58,13 <sup>c</sup>	40,33±6,35 <sup>c</sup>
Tomi	175,56±0,96 <sup>ab</sup>	60,74±4,47 <sup>c</sup>	441,46±13,12 <sup>b</sup>	27,13±5,53 <sup>b</sup>
Néré	167,30±14,20 <sup>ab</sup>	45,10±2,99 <sup>a</sup>	349,53±32,99 <sup>a</sup>	13,20±3,81 <sup>a</sup>

(<sup>a, b, c</sup>) les valeurs moyennes à l'intérieur d'une même colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différent au seuil de 0,1 %.

**Tableau XXXIII: Biodisponibilité minérale (Ca et Fe) des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

Ratios	Baobab	Tomi	Néré	Références
Oxalates/Ca	4,40	2,84	2,55	2,25
Oxalates/Fe	17,30	58,97	33,84	1

## **2. Identification des principales caractéristiques biochimiques des trois nectars élaborés**

### **2.1. Analyse en Composantes Principales des caractéristiques physicochimiques et énergétiques**

Les caractéristiques macromoléculaires, énergétiques et l'acidité des trois différents nectars semblent être principalement corrélées aux deux premiers facteurs F1 et F2. Ils servent à expliquer l'ACP (Figure 21). Ils cumulent 100,00 % de la variabilité totale. Le premier facteur (F1) enregistre une valeur propre de 9,931 et exprime 99,32 % de variance totale observée. Avec une valeur propre de 0,069, la composante F2 exprime 0,68 % de la variabilité totale (Tableau XXXIV).

Le tableau de contribution des observations (Tableau XXXV) montre que les nectars de Baobab (42,755 %) et Néré (56,313 %) sont prépondérants à la formation de F1. Par contre, la composante F2 doit sa formation au nectar de Tomi (65,735 %).

L'acidité titrable (93,462 %) contribue majoritairement à la formation de la composante F1 et lui est fortement corrélée positivement alors que la composante F2 doit sa formation aux fibres totales (12,581 %) et à l'énergie (76,310 %) (Tableau XXXVI).

Sur la base du plan formé par ces deux axes (F1 et F2), il ressort que les nectars de Baobab, Tomi et Néré se caractérisent principalement par des valeurs énergétiques élevées. Toutefois, les nectars de baobab et Tomi semblent être plus acides que le nectar de Néré. De leur côté, les nectars de Néré et Baobab semblent enregistrer les meilleurs teneurs en fibres totales (Figure 22).

**Tableau XXXIV : Valeurs propres des axes de l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Valeur propre	9,931	0,069
Variabilité (%)	99,317	0,683
% cumulé	99,317	100,000

**Tableau XXXV : Contributions des observations (%) relative à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Baobab	<b>42,755</b>	23,911
Tomi	0,932	<b>65,735</b>
Néré	<b>56,313</b>	10,354

**Tableau XXXVI : Contributions des variables (%) relative à l'ACP des caractéristiques physicochimiques et énergétiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Protéine	0,000	0,000
Lipide	0,001	0,034
Matière sèche	0,238	1,941
Cendre	0,000	0,057
Fibres totales	0,017	<b>12,581</b>
Glucides totaux	0,312	3,292
Sucres totaux	0,052	0,316
pH	0,009	0,012
Acidité titrable	<b>93,462</b>	5,457
Energie	5,909	<b>76,310</b>

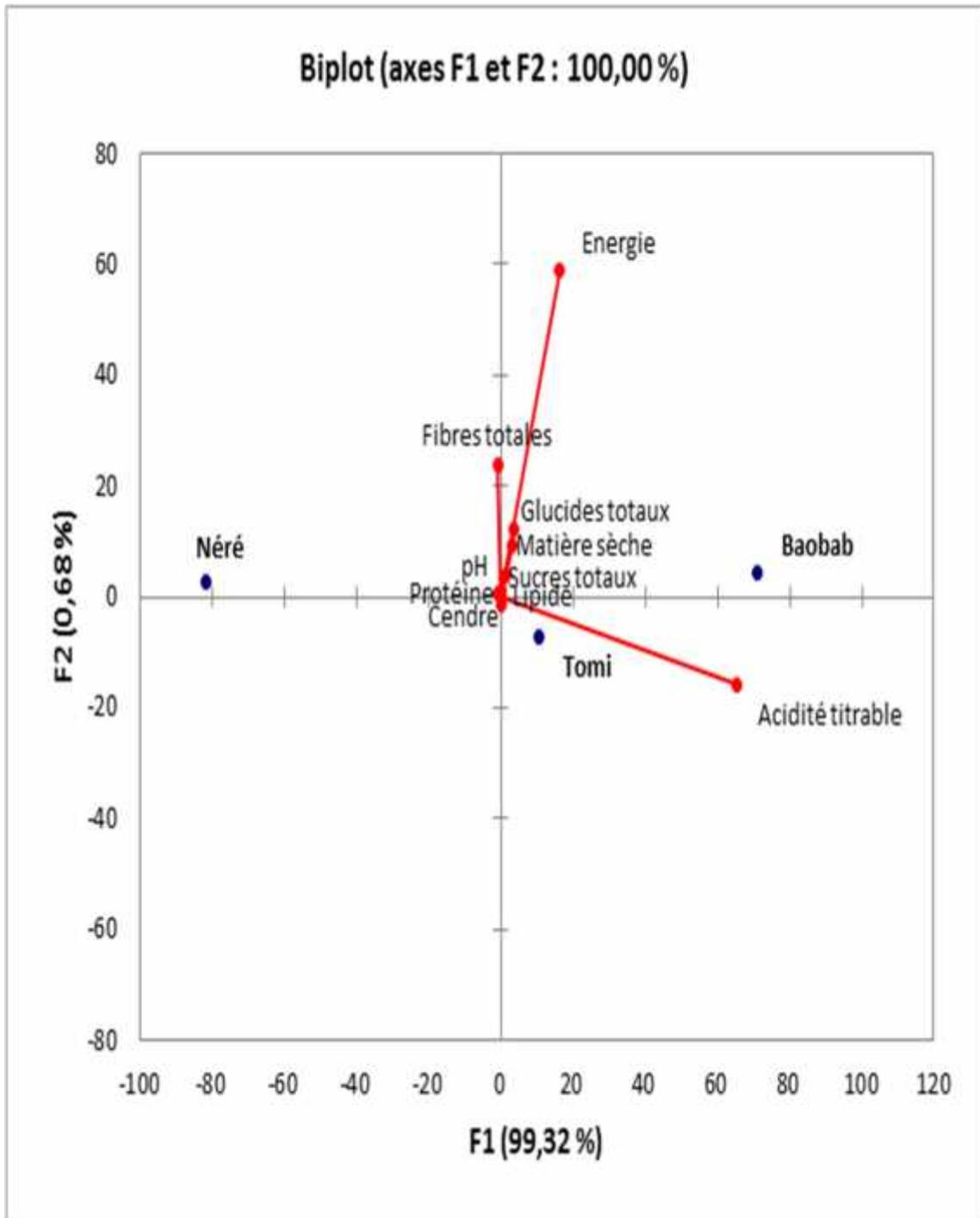


Figure 22: Projection des caractéristiques physicochimiques et énergétiques et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP

## 2.2. Analyse en Composantes Principales des micronutriments

Les caractéristiques micromoléculaires des trois différents nectars de fruits sont corrélés aux deux premiers axes F1 et F2 cumulant 100,00 % de la variabilité totale. Ils servent à expliquer l'ACP (Figure 23). Le premier axe (F1) enregistre une valeur propre de 12,948 et exprime 64,941 % de variance totale observée. Avec une valeur propre de 7,052, la composante F2 par contre exprime 35,259 % de la variabilité totale (Tableau XXXVII).

Le tableau de contribution des observations (Tableau XXXVIII) montre que les nectars de Baobab (56,013 %) et Néré (43,151 %) sont prépondérants à la formation de la composante F1. Alors que F2 doit sa formation au nectar de Tomi (65,829 %).

Le tableau XXXIX montre que l'acide malique (5,971 %), la vitamine A (5,692 %), la vitamine C (6,430 %), l'acide benzoïque (7,576 %), la quercétine (6,489 %), les tanins (6,577 %), les phénols totaux (7,264 %), l'oxalate (7,580 %), le glucose (7,367 %), le saccharose (5,078 %), le fructose (7,371 %) et le galactose (5,373 %) contribuent majoritairement à la formation de F1. Par contre, la composante F2 doit sa formation à l'acide tartrique (13,791 %), l'acide citrique (13,650 %), la catéchine (8,894 %), la coumarine (9,801 %), au flavonoïde (12,657 %), l'arabinose (5,002 %) et la rhamnose (5,002 %).

Sur la base du plan 1-2, il ressort que les trois différents nectars élaborés semblent enregistrer de nombreux micronutriments avec des quantités appréciables tels que les acides organiques, les sucres simples, les vitamines et les anti-nutriments. Ainsi, le nectar de Baobab semble se caractériser par sa richesse en anti-nutriments (phénols totaux, tanins et oxalates), en sucres simples (glucose, saccharose et fructose), en vitamines A et C et en acide tartrique. Le nectar de Néré s'est caractérisé par sa richesse en sucres simples (rhamnose, galactose, arabinose) et acide malique. Quant au nectar de Tomi, il s'est principalement caractérisé par des teneurs élevées en composés phénoliques (acides benzoïque, gallique catéchine, coumarine), acide citrique et flavonoïdes (Figure 23).

**Tableau XXXVII: Valeurs propres des axes de l'ACP des micronutriments des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

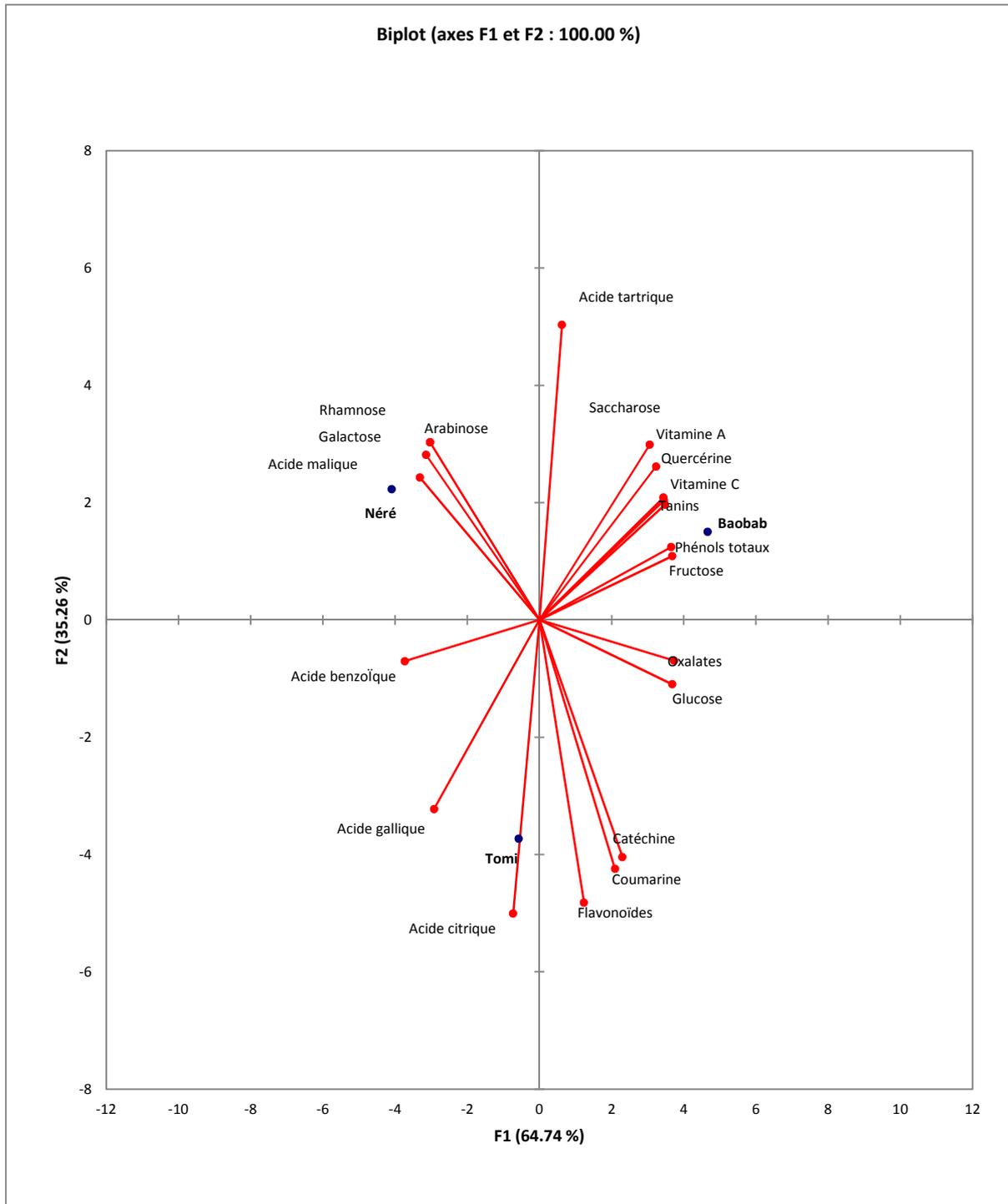
	F1	F2
Valeur propre	12,948	7,052
Variabilité (%)	64,741	35,259
% cumulé	64,741	100,000

**Tableau XXXVIII: Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des micronutriments des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Baobab	<b>56,012</b>	10,655
Tomi	0,838	<b>65,829</b>
Néré	<b>43,151</b>	23,516

**Tableau XXXIX : Contribution des variables (%) de l'ACP des micronutriments des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Acide malique	<b>5,971</b>	3,217
Acide tartrique	0,212	<b>13,791</b>
Acide citrique	0,289	<b>13,650</b>
Vitamine A	<b>5,692</b>	3,729
Vitamine C	<b>6,430</b>	2,374
Acide benzoïque	<b>7,576</b>	0,269
Acide gallique	4,637	<b>5,666</b>
Catéchine	2,880	<b>8,894</b>
Coumarine	2,385	<b>9,801</b>
Quercétine	<b>6,489</b>	2,266
Tanins	<b>6,577</b>	2,104
Flavonoïdes	0,830	<b>12,657</b>
Phénols totaux	<b>7,264</b>	0,842
Oxalates	<b>7,580</b>	0,262
Glucose	<b>7,367</b>	0,655
Saccharose	<b>5,078</b>	4,856
Fructose	<b>7,371</b>	0,646
Galactose	<b>5,373</b>	4,316
Arabinose	4,999	<b>5,002</b>
Rhamnose	4,999	<b>5,002</b>



**Figure 23 : Projection des micronutriments et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP**

### 2.3. Analyse en Composantes Principales des minéraux

Les éléments minéraux des trois différents nectars sont corrélés aux deux premiers axes F1 et F2. Ils cumulent 100,00 % de la variabilité totale et servent à expliquer l'ACP (Figure 24).

Le premier axe (F1) enregistre une valeur propre de 6,999 et exprime 99,998 % de variance totale observée. Avec une valeur propre de 0,001, la composante F2 exprime 0,002 % de la variabilité totale (Tableau XL).

Le tableau de contribution des observations (Tableau XLI) montre que le nectar de Néré (66,666 %) contribue majoritairement à la formation de la composante F1 alors que la composante F2 doit sa formation aux nectars de Baobab (50,168 %) et Tomi (49,831 %).

Le potassium (K) (99,994 %) a contribué majoritairement à la formation de F1. Alors que la composante F2 se forme par le magnésium (Mg) (54,640 %) et le fer (Fe) (42,266 %) (Tableau XLII).

Sur la base de ce plan 1-2, les trois différents nectars élaborés (Baobab, Tomi et Néré) semblent se caractériser particulièrement par leurs teneurs élevées en potassium (K), magnésium (Mg) et fer (Fe). Toutefois, les nectars de Tomi et Baobab semblent fournir conjointement les plus importantes teneurs en potassium (K) (Figure 24).

**Tableau XL : Valeurs propres des axes de l'ACP des minéraux des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2	F3
Valeur propre	6,999	0,001	0,000
Variabilité (%)	99,998	0,002	0,000
% cumulé	99,998	100,000	100,000

**Tableau XLI : Contribution des observations (%) relatives à l'ACP des minéraux des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2	F3
Baobab	16,499	<b>50,168</b>	0,000
Tomi	16,835	<b>49,831</b>	0,000
Néré	<b>66,666</b>	0,001	0,000

**Tableau XLII : Contribution des variables (%) relatives à l'ACP des minéraux des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2	F3
K	<b>99,994</b>	0,000	0,000
Na	0,000	0,940	1,103
Ca	0,006	1,674	2,389
P	0,000	0,477	0,569
Fe	0,000	<b>42,266</b>	50,588
Mg	0,000	<b>54,640</b>	45,351
Zn	0,000	0,003	0,000

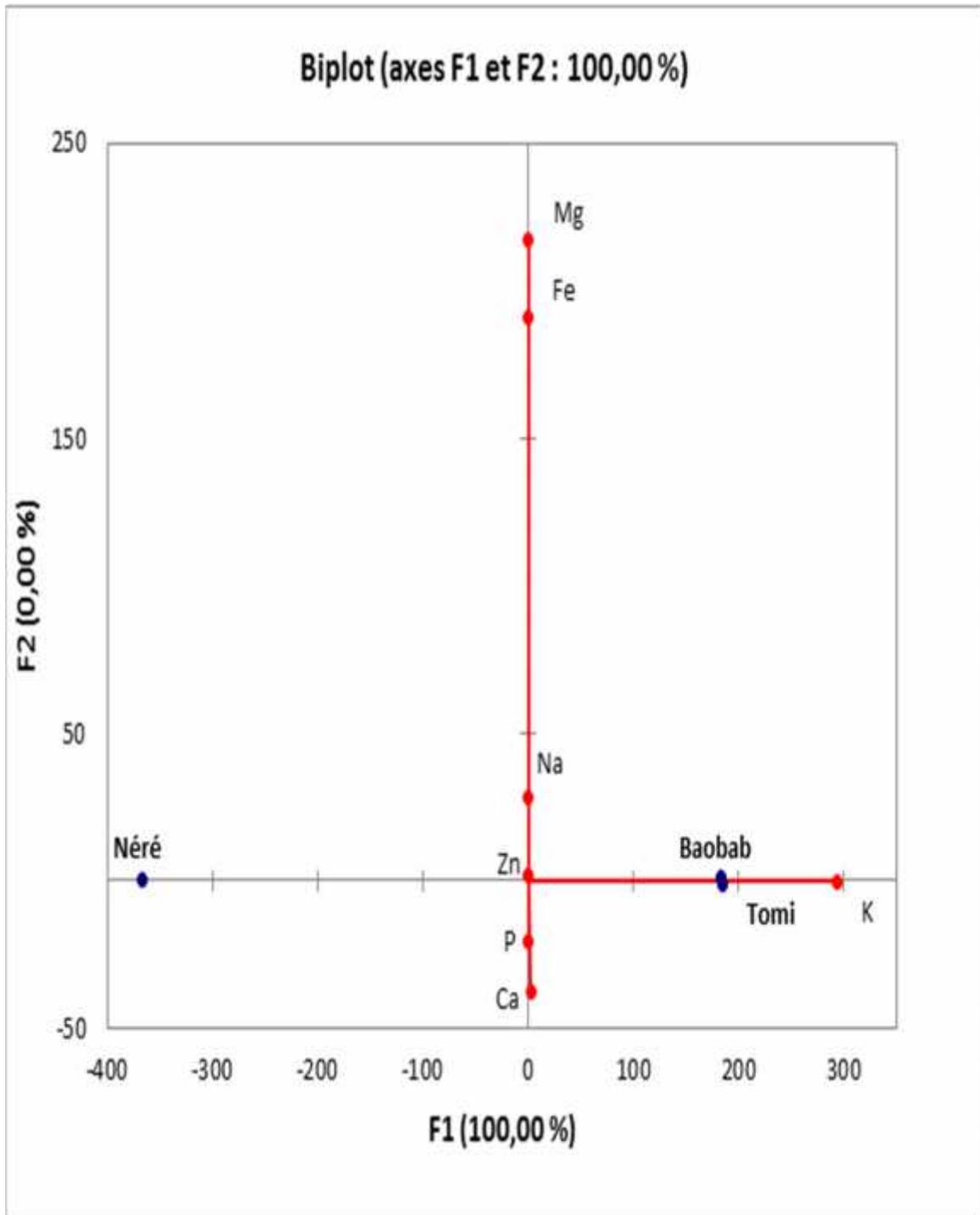


Figure 24: Projection de la composition minérale et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.

### **3. Caractérisation microbiologique des trois nectars élaborés**

#### **3.1. Charge microbiologique des trois nectars non pasteurisés**

Les résultats du tableau XLIII indiquent la présence très remarquée de levures, de moisissures et de germes aérobies mésophiles (GAM) dans les différents nectars non pasteurisés à des effectifs très variables. Ces effectifs varient respectivement de  $3,2 \cdot 10^3$  UFC. mL<sup>-1</sup> (nectar de Baobab) à  $4,1 \cdot 10^4$  UFC. mL<sup>-1</sup> (nectar de Néré), de  $2,7 \cdot 10^2$  UFC. mL<sup>-1</sup> (nectar de Néré) à  $4,57 \cdot 10^3$  UFC. mL<sup>-1</sup> (Tomi) et de  $1,7 \cdot 10^4$  UFC. mL<sup>-1</sup> (nectar de Tomi) à  $1,1 \cdot 10^4$  UFC. mL<sup>-1</sup> (nectar de Néré). Le nectar de Tomi est le plus contaminé par les levures et les moisissures alors que les GAM ont plus contaminé le nectar de Néré. Les coliformes totaux sont uniquement présents dans le nectar de Néré avec un effectif de  $1,92 \cdot 10^2$  UFC. mL<sup>-1</sup>.

Quant aux ASR, leur présence a été uniquement signalée dans le nectar de Baobab alors qu'aucune présence de *C. thermo-tolérants*, d'*E. coli* et de *Salmonelles* n'a été signalé que dans les trois différents nectars avant leur traitement thermique.

#### **3.2. Charge microbiologique des trois nectars pasteurisés**

Après la pasteurisation des trois nectars, il y a eu une destruction totale des levures, des moisissures, des coliformes totaux et des A.S.R. (Tableau XLIV). Quant aux G.A.M., leurs effectifs sont réduits de 99,90 % dans le nectar de Néré, de 98,58 % dans le nectar de Tomi et de 90 % dans le nectar de Baobab.

**Tableau XLIII: Charge microbiologique des trois nectars non pasteurisés (UFC. mL<sup>-1</sup>).**

Nectars	C. Totaux	C. Thermo-tolérants	E. Coli	ASR	Staph Pathogènes	Levures	Moisissures	GAM	Salmonelles
Baobab	0	0	0	1	0	3,2.10 <sup>3</sup>	3,8.10 <sup>3</sup>	1,8.10 <sup>4</sup>	Absence
Tomi	0	0	0	0	0	4,1.10 <sup>4</sup>	4,5.10 <sup>3</sup>	1,7.10 <sup>4</sup>	Absence
Néré	1,92.10 <sup>2</sup>	0	0	0	0	7,4.10 <sup>3</sup>	2,7.10 <sup>2</sup>	1,1.10 <sup>5</sup>	Absence

*C. Totaux: Clostridium totaux ; C. Thermo-tolérants: Clostridium thermo-tolérants ; E. coli: Escherichia coli ; ASR: Anaérobie Sulfito-Réducteur ; Staph. Pathogènes: Staphylocoques pathogènes ; G.A.M : Germes aérobies mésophiles.*

**Tableau XLIV: Charge microbiologique (UFC. mL<sup>-1</sup>) des trois nectars pasteurisés (75 °C/5 min).**

Nectars	C. Totaux	C. Thermo-tolérants	E. Coli	ASR	Staph. Pathogènes	Levures	Moisissures	GAM	Salmonelles
Baobab	0	0	0	0	0	0	0	1,8.10 <sup>3</sup>	Absence
Tomi	0	0	0	0	0	0	0	2,4.10 <sup>2</sup>	Absence
Néré	0	0	0	0	0	0	0	1,0.10 <sup>2</sup>	Absence

*C. Totaux: Clostridium totaux ; C. Thermo-tolérants: Clostridium thermo-tolérants ; E. coli: Escherichia coli ; ASR: Anaérobie Sulfito-Réducteur ; Staph. Pathogènes: Staphylocoques pathogènes ; G.A.M; Germes aérobies mésophiles.*

#### 4. Réponses glycémiques des trois nectars élaborés

##### 4.1. Caractéristiques cliniques et anthropométriques des sujets volontaires

Les caractéristiques cliniques et anthropométriques des sujets volontaires sélectionnés sont présentées dans le tableau XLV. L'âge moyen des sujets est de 28 ans avec un indice de masse corporelle (IMC) moyen de 21,57 kg/m<sup>2</sup> inférieur à 25 kg/m<sup>2</sup>, la référence.

La glycémie à jeun est de 4,62 mmol/L. Elle s'inscrit parfaitement dans l'intervalle recommandé (4,4-5,5). Au niveau des pressions métaboliques, les valeurs sont respectivement de 118 mmHg de pression artérielle systolique (PAS) et de 66,87 mmHg de pression artérielle diastolique (PAD) pour une pression artérielle sanguine de 84,08 mmHg, en dessous des leurs différentes limites autorisées.

**Tableau XLV: Caractéristiques clinico-morpho-anthropométriques des sujets volontaires**

Caractéristiques	Valeurs	Références
Nombre de sujets (n)	10	Au moins 10 sujets*
Sexe ratio (M/F)	9/1	
Age (années)	28 ± 2	
Poids (kg)	62,71 ± 7,48	
Taille (m)	1,7 ± 0,1	
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,57 ± 1,06	< 25**
Glycémie à jeun (mmol/L)	4,62 ± 0,22	4,4-5,5
Pression systolique	118,5 ± 9,84	< 130**
Pression diastolique	66,87 ± 6,19	< 80**
Pression artérielle	84,04±7,40	

*IMC* : indice de masse corporelle calculé selon poids / (taille x taille). Les valeurs sont présentées comme la moyenne ± l'erreur standard à la moyenne (ESM) ; n=10 ; \* ISO/FDIS 26642:2010; 2010 ; \*\*OMS, (1985) ; Formule de Lian: la PAM (Pression artérielle moyenne)=PAS +2\*PAD/3.

#### 4.2. Réponses glycémiques capillaires des trois nectars

L'évolution de la glycémie postprandiale des sujets pour l'ensemble des trois différents nectars testés est présentée à la figure 25. Cette figure indique la réponse glycémique du glucose (aliment de référence) comparée à celles des nectars de Baobab, Tomi et Néré (aliments testés) en fonction du temps (2h).

D'une façon générale, les glycémies induites après l'ingestion des volumes donnés de nectar testés, évoluent toutes pratiquement de la même manière. Elles ont augmenté progressivement jusqu'à atteindre des valeurs maximales à 30 min. Cette phase est suivie d'une phase descendante au cours de laquelle, les taux de glucose sanguin de ces trois différents nectars baissent régulièrement jusqu'à la 120<sup>ème</sup> min. L'analyse de cette figure montre par ailleurs que l'absorption du glucose (aliment de référence) est plus importante que celle provenant de la digestion des aliments testés (nectar). Il montre un pic glycémique de 8,00 mmol/L à la 45<sup>ème</sup> minute. La glycémie du nectar de Néré (6,9 mmol/L) est la plus élevée de ces trois nectars. Il est suivi des nectars de Baobab (6,8 mmol/L) et Tomi (6,4 mmol/L). Au bout des 120 min, les réponses glycémiques de référence (Glucose), des nectars de Tomi et de Néré sont au-dessus de leur glycémie à jeun respective. Par contre, la réponse glycémique du nectar de Baobab est en dessous de sa glycémie à jeun.

#### 4.3. Index glycémique (IG) et Charge glycémique (CG)

La moyenne, l'étendu (ASC) et l'erreur standard à la moyenne (ESM) des aires sous les courbes de réponse glycémique des trois nectars testés sont données dans le tableau XLVI. L'ASC glycémique de l'aliment de référence (glucose) est supérieure à celles des trois différents nectars. Sa surface est de 252,11 mmol.min/L. Les ASC glycémiques des nectars de Néré (177,74 mmol.min/L), de Baobab (125,37 mmol.min/L) et de Tomi (110,52 mmol.min/L) sont différents.

Les IG de ces trois nectars sont également différents. Le nectar de Néré a eu un IG élevé à raison de 89,54. Par contre les nectars de Baobab (66,48) et Tomi (60,41) ont des IG intermédiaires. Quant à leurs CG, elles diffèrent également les unes des autres. Le nectar de Néré a une CG élevée à raison de 29,22 alors que les nectars de Baobab (13,24) et Tomi (12,87) ont des CG intermédiaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

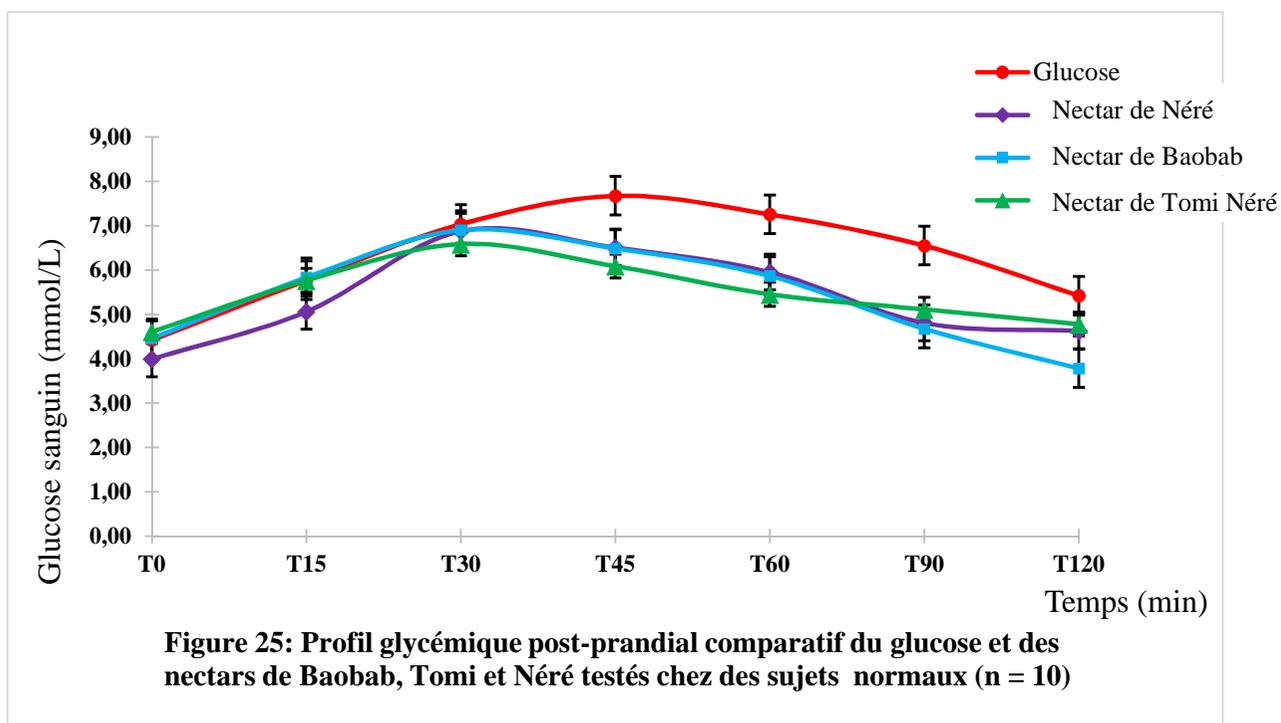


Tableau XLVI : Aire sous la courbe, index glycémiques et charges glycémiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré

Aliments	Volume ingérée (mL)	ASC-Glucose (mmol × min/L)	ASC-aliments (mmol × min/L)	IG <sup>1</sup> (Glucose = 100) <sup>3</sup>		CG <sup>2</sup> (par portion ingérée)	
				Moyenne ± ESM	Classification	CG	Classification
Nectar de Baobab	199,19	248,13±37,21	125,37±17,55	66,48±2,12	Intermédiaire	13,24±1,99	intermédiaire
Nectar de Tomi	213,12	252,11±37,81	110,52±14,36	60,41±2,63	Intermédiaire	12,87±1,67	intermédiaire
Nectar de Néré	326,30	252,11±37,81	177,74±23,10	89,54±1,63	Elevé	29,22±4,09	Elevé

## 5. Caractérisation sensorielle des trois nectars élaborés

### 5.1. Profil sensoriel

Les scores moyens attribués à chaque nectar ont été présentés par le tableau XLVII et l'Annexe 1. Les dégustateurs semblent apprécier les trois différents nectars de fruits élaborés avec des scores moyens allant de 2,667 à 3,533. Le nectar de Baobab s'avère le mieux apprécié avec une note moyenne de 3,533.

La figure 26 présente le profil sensoriel comparatif des nectars de Baobab, Tomi et Néré. Elle montre que la couleur, l'odeur, la sucrosité, la texture en bouche, la turbidité et la viscosité sont les mieux perçues. Ont suivi ensuite l'amertume, l'arrière-goût, l'astringence et l'acidité. Avec un score moyen de 3,533/5, la couleur du nectar de Néré est la plus appréciée comparativement aux nectars de Baobab (2,733) et Tomi (2,067). Quant à leur odeur, elle est très appréciée chez les nectars de Tomi (3,000) et Baobab (3,133) contrairement au nectar de Néré (2,533). Les trois nectars montrent un caractère sucré avec des notes moyennes oscillant entre 2,933 (nectar de Tomi) et 3,667 (nectar de baobab). Le niveau d'acidité est faiblement perçu chez les nectars de Néré (0,800) et Baobab (1,467) que chez le nectar de Tomi (2,133). La texture en bouche et la turbidité des trois nectars sont assez bien appréciées avec des scores moyens respectifs oscillant entre 2,533 et 2,800, et de 2,600 à 2,933. De même, leurs viscosités sont mieux appréciées (2,733-3,533). La saveur astringente est nettement perçue chez les trois nectars (1,400-2,600). L'arrière-goût perçu dans les trois est faiblement appréciée chez les nectars de Néré (1,800) et Tomi (2,067) que chez le nectar de Baobab (3,200). Le nectar de Néré se caractérise par une absence d'amertume (0,200) en rapport aux nectars de Baobab (1,267) et Tomi (1,533).

RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau XLVII: Moyennes de notes attribuées par chaque descripteur sensoriel pour chaque nectar de fruits

Nectars	couleur	odeur	sucrosité	acidité	Texture en bouche	Turbidité	Viscosité	Astringence	Amertume	Arrière-goût	Appréciation générale
Baobab	2,733±0,03	3,000±0,03	3,667±0,00	1,467±0,04	2,533±0,05	2,667±0,03	3,533±0,03	2,600±0,02	1,267±0,08	3,200±0,05	3,533±0,07
Tomi	2,067±0,05	3,133±0,02	2,933±0,04	2,133±0,05	2,800±0,02	2,600±0,09	2,733±0,06	2,400±0,07	1,533±0,08	2,067±0,02	2,667±0,05
Néré	3,533±0,07	2,533±0,04	3,200±0,40	0,800±0,00	2,600±0,04	2,933±0,06	3,067±0,06	1,400±0,01	0,200±0,00	1,800±0,01	3,067±0,08

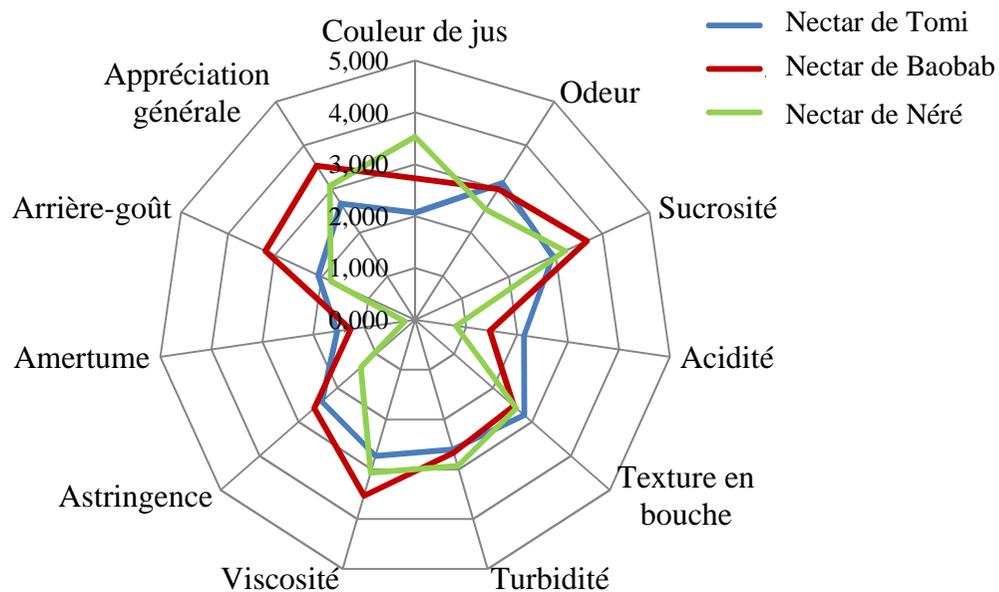


Figure 26: Profil sensoriel comparatif des nectars de Baobab, Tomi et Néré.

## 5.2. Identification des principales caractéristiques sensorielles

Les 11 caractéristiques sensorielles des trois différents nectars de fruits étudiés sont réparties sur 11 principaux facteurs. Cependant, les deux premiers facteurs (F1 et F2) (Tableau L) cumulant 100,00 % de la variabilité totale, servent à expliquer l'analyse en composantes principales (ACP) (Figure 27).

Le premier facteur (F1) enregistre une valeur propre de 7,248 et exprime 65,891 % de variance totale observée. La composante F2, de valeur propre 3,752, exprime 34,109 % de la variance (Tableau XLVIII).

Le tableau XLIX a montré que le nectar de Néré (64,994 %) contribue majoritairement à la formation de F1. Alors que la composante F2 se forme par les nectars de Baobab (58,193 %) et Tomi (40,134 %).

Le tableau L montre que la couleur (24,032 %), l'acidité (19,089 %), l'astringence (18,382 %) et l'amertume (24,469 %) contribuent majoritairement à la formation de composante F1. Par contre, la composante F2 doit sa formation à la sucrosité (13,096 %), la viscosité (15,288 %) l'arrière-goût (38,414 %) et l'appréciation générale (17,649 %).

Sur la base du plan formé par les axes F1 et F2 (Figure 27), il ressort de l'analyse de cette figure que les trois différents nectars sont appréciés de façon générale surtout pour leur goût sucré. Toutefois, les nectars de Baobab et de Néré se démarquent par la forte appréciation de leur viscosité. Pour ce qui est du nectar de Baobab, il se caractérise par sa saveur astringente fortement ressentie et son arrière-goût fortement apprécié. Quant au nectar de Tomi, il se caractérise par ses saveurs amère et acide fortement ressenties. Enfin, le nectar de Néré se caractérise principalement par sa couleur fortement appréciée.

**Tableau XLVIII: Valeurs propres des axes de l'ACP des critères sensoriels des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

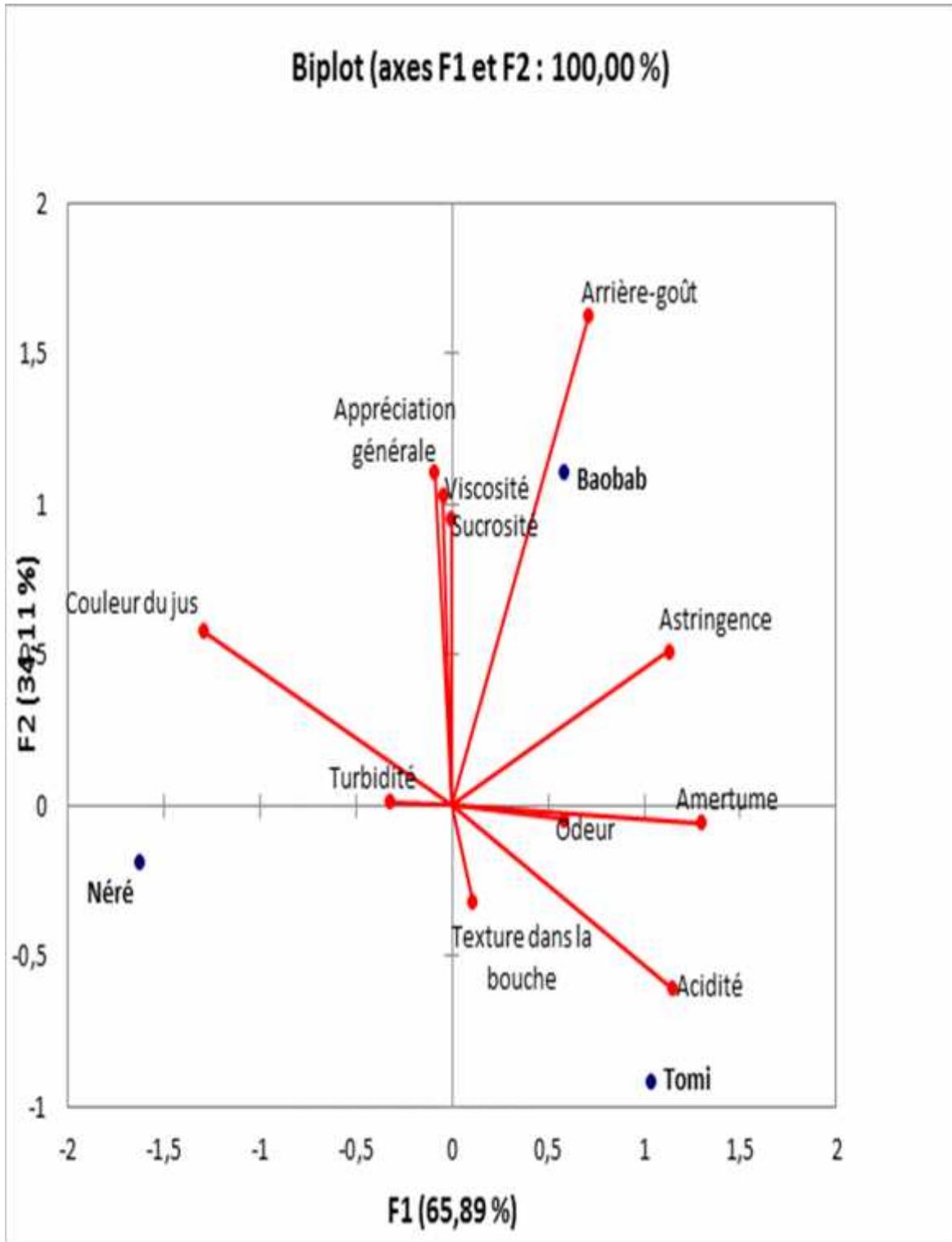
	F1	F2
Valeur propre	7,248	3,752
Variabilité (%)	65,891	34,109
% cumulé	65,891	100,000

**Tableau XLIX: Contributions des observations (%) relatives à l'ACP des critères sensoriels des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Baobab	8,473	<b>58,193</b>
Tomi	26,533	<b>40,134</b>
Néré	<b>64,994</b>	1,673

**Tableau L: Contributions des variables (%) relatives à l'ACP des critères sensoriels des nectars de Baobab, Tomi et Néré**

	F1	F2
Couleur du nectar	<b>24,032</b>	4,832
Odeur	4,870	0,028
Sucrosité	0,000	<b>13,096</b>
Acidité	<b>19,089</b>	5,369
Texture dans la bouche	0,172	1,498
Turbidité	1,529	0,003
Viscosité	0,032	<b>15,288</b>
Astringence	<b>18,382</b>	3,777
Amertume	<b>24,469</b>	0,046
Arrière-goût	7,304	<b>38,414</b>
Appréciation générale	0,121	<b>17,649</b>



**Figure 27 : Projection des caractéristiques sensorielles et des nectars de Baobab, Tomi et Néré dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP**

## II. DISCUSSION

### 1. Propriétés biochimiques des trois nectars élaborés

La transformation de la pulpe des trois fruits en nectar s'est faite à partir des méthodes déjà connues. En effet, la méthode décrite par Cissé (2012) a été retenue pour l'élaboration du nectar de Baobab. Le procédé d'élaboration du nectar de Tomi utilisé est celui proposé par Grollier *et al* (1998). Pour l'obtention du nectar de Néré, la méthode proposée par Ouattara (2011) a été retenue. Des modifications jugées nécessaires y ont été également apportées. Ainsi, la dissolution des poudres de Baobab et de Néré a été harmonisée à 45 °C afin d'éviter l'altération de leurs qualités organoleptique et nutritive sous l'effet de la chaleur. La dissolution de la pulpe de Tomi à l'eau froide (eau de robinet) a été adoptée car selon Merceron (1997) et Grollier *et al.* (1998), les bitartrates insolubles (sensibles à la chaleur) se conserveraient et le produit final ne présenterait pas de trouble au stockage. La mise en solution de ces différentes pulpes permettait à ces nectars d'être préservés contre les manipulations trop prolongées des mains.

Les boissons obtenues semblent se caractériser principalement par leur forte valeur énergétique. En effet, elle se situe entre 85,94 kcal/100 mL (nectar de Néré) et 124 kcal/100 mL (nectar de Baobab). Elles semblent être plus énergétiques que les nectars de pomme (45 Kcal/100 g), de raisin (61 Kcal/100 g) et d'orange (39 Kcal/100 g) (Favier, 1995). Ainsi, ces trois boissons pourraient fournir aux consommateurs suffisamment d'énergie pour le fonctionnement, la réparation et la multiplication de leurs cellules. Ces fortes valeurs énergétiques semblent être consécutives à leur fort contenu glucidique (Kouassi *et al.*, 2018b). En effet, la teneur en glucides totaux de ces trois nectars se situe entre 20,62 % et 29,44 %. Elle représente 91,94 % MS pour le nectar de Baobab, 87,20 % MS pour le nectar de Tomi et 84,64 % MS pour le nectar de Néré. Ces résultats reflètent effectivement leur richesse en glucides. Le nectar de Baobab demeure la boisson la plus énergétique du fait de son contenu glucidique nettement supérieur (91,94 %).

Le contenu en sucres totaux de ces trois nectars est également appréciable. Il se situe entre 17,54 °Brix (nectar de Néré) et 21,12 °Brix (nectar de Baobab). Le titre du nectar de Tomi (19,07 Brix), aussi important que celui du nectar de Baobab, est parfaitement en accord avec ceux oscillant entre 10 et 20 °Brix rapportées par Grollier *et al.*, (1998). Ceci laisse supposer que les différents niveaux de sucres recueillis sont essentiellement dus à l'ajout de sucres (saccharose) lors de leur formulation, à l'instar des sucres intrinsèques à leurs différentes pulpes de base. En effet, la dissolution du saccharose semble compenser les pertes

en certains sucres simples tels que le glucose et le fructose dans ces nectars (Kouassi *et al.*, 2018b).

La quantité de fibres contenues dans ces nectar se situe entre 0,46 g/100 mL (nectar de Tomi) et 5,30 g/100 mL (nectar de Néré). Une marge différentielle constatée entre ces teneurs et celles des pulpes de base pourrait être sous l'influence bien évidente des traitements technologiques. En effet, après les différents raffinages, les sous-tamis susceptibles de contenir suffisamment de fibres, sont rejetés. Ainsi, ces fibres faiblement représentées dans ces nectars semblent être responsables de la réduction sensible de leur contenu en glucides disponibles (Kouassi *et al.*, 2018b). Cependant, elles pourraient être bénéfiques pour la santé des consommateurs. En effet, selon Zhao *et al.* (2007), Mensah *et al.* (2008) et Murphy *et al.* (2012), elles facilitent la digestion en augmentant la fonction gastro-intestinale et en empêchant la constipation, réduisant ainsi l'incidence des maladies métaboliques comme le diabète sucré et l'hypercholestérolémie. En outre, elles pourraient avoir un impact bénéfique sur le système urinaire. Ainsi, elles permettent de lutter contre la rétention d'eau en favorisant son élimination.

Les teneurs en protéines de ces trois nectars par contre, sont faibles. Elles se situent entre 0,21 g/100 mL - 0,28 g/100 mL. Toutefois, elles semblent être plus importantes que celle du nectar de pomme (0,1 mg/100g) selon Favier (1995) et Souci *et al.* (2000). Ces importantes réductions sont imputables aux traitements technologiques dont les différentes pulpes ont fait l'objet notamment aux différents raffinages dans la mesure où le sous-tamis destiné à être rejeté peut en contenir une quantité importante. Selon N'dri (2010), les protéines seraient des constituants indispensables dans le processus de renouvellement des cellules et également source d'énergie. Ainsi, la consommation régulière de ces trois nectars serait souhaitable à tous afin de constituer des taux non négligeables pour répondre aux besoins journaliers de l'organisme en protéines estimés à 0,75 g /Kg de poids/ jour (Eleazu *et al.*, 2011).

De même, le contenu lipidique de ces trois nectars est faible (0,26 g/100 mL à 0,65 g/100 mL). Il corrobore les résultats de certains auteurs comme Azokpota (2005), DeCaluwé *et al.* (2010) et Cissé (2012) qui ont montré que les pulpes de ces trois fruits sont de très faibles sources en lipides. Par conséquent, leurs nectars en seraient encore plus bas eu égard aux nombreux traitements technologiques (traitement thermique, raffinages) que les pulpes de base ont dû subir. Cependant, selon Seymour (1993), ces lipides faiblement représentés dans ceux-ci pourraient y jouer un rôle important comme support d'arômes naturels.

Les trois nectars élaborés renferment 67,98 à 75,64 g/100 mL d'eau. Cette importante teneur en eau est consécutive aux importantes quantités d'eau utilisées pour l'élaboration de ces nectars. Ces importants taux leur confèrent avant tout leur rôle hydratant (Dhuique-Mayer, 2007). Cependant, il pourrait constituer un facteur favorable à la prolifération microbienne (Ouattara, 2011 ; Cissé, 2012). Ainsi, pour prévenir le développement de ces microorganismes, un barème de pasteurisation convenable (75 °C/5 min) a été adopté (Peri *et al.*, 1988 ; Kouassi *et al.*, 2018a). Les données microbiologiques recueillies après la pasteurisation de ceux-ci semblent confirmer le choix de ce barème. En effet, il a permis de détruire la totalité des levures, des moisissures, des *Clostridium* totaux et des A.S.R. présents à des effectifs importants. Quant aux G.A.M., ils ont vu leur effectif réduit à plus de 98 % dans les trois nectars (Kouassi *et al.*, 2018a). Ceci met en évidence la nécessité du traitement thermique des nectars.

Ces trois nectars semblent être également caractérisés par leur forte valeur en acidité titrable notamment les nectars de Baobab (159,24 méq.g/L) et Tomi (103,32 méq.g/L). Cette forte acidité est inhérente aux pH bas correspondants (2,84 - 4,27). Ces pH bas semblent être très bénéfiques pour la conservation de ces différents nectars élaborés. En effet, des solutions plus ou moins acides pourraient empêcher la prolifération de microorganismes (Diop *et al.*, 2005 ; Cissé *et al.*, 2008). Cette forte acidité pourrait être aussi liée à la présence d'acides gras. En effet, sous l'action des lipases (estérases), les lipides sont hydrolysés en acides gras et en alcool (Cissé, 2012). Les réactions d'hydrolyse des lipides sont donc à proscrire dans ces nectars lors de leur conservation en ce sens qu'elles pourraient conduire à la libération d'acides gras (acides insaturés) capables de s'oxyder en présence de l'air et donner un nectar ranci, impropre à la consommation. L'oxydation pourrait être accélérée par les rayonnements ultra-violet et la température (Cissé, 2012). Par conséquent, il conviendrait de conserver ces trois nectars dans un endroit frais, obscur et sans contact avec l'air (conditionnement sous vide).

Par ailleurs, cette forte acidité semble être liée à la présence d'acides organiques. En effet, le contenu en acides organiques de ces nectars s'est avéré non moins négligeable et est très peu variable. En effet, le nectar de Néré a la teneur la plus importante en acide malique (0,89 g/100 mL) alors que celui du Baobab contient la plus importante teneur en acide tartrique (6,82 g/100 mL). Il la partage presque équitablement avec le nectar de Néré (6,65 mg/100mL). Quant à l'acide citrique, ses teneurs varient entre 1,96 g/100 mL et 2,07 g/100 mL. Elles sont presque égales dans ces trois nectars. Cette richesse de ceux-ci en acides

organiques pourrait leur doter de pouvoir antioxydant élevé (Cissé, 2012). De plus, les acides organiques ont l'avantage d'abaisser le pH dans l'estomac réduisant ainsi la croissance de certaines bactéries pathogènes (Suryanarayana *et al.*, 2012).

Les teneurs en cendres de ces trois nectars sont aussi faibles. Elles se situent entre 0,20 g/100 mL et 0,47 g/100 mL. En réalité, selon Herzog (1992) et Itodo et Atiku. (2011), les teneurs en cendres des aliments en général sont fonctions de l'origine botanique de l'aliment ayant servi à leur confection, de la richesse minérale des sols de culture (type de sol) ou encore du degré de maturité des fruits. Ces teneurs en cendres obtenus reflètent alors une richesse non négligeable en minéraux des trois nectars de fruits élaborés malgré leur baisse.

La composition minérale des nectars de fruits semble constituer un critère de choix des consommateurs puisqu'elle contribue à leur intérêt nutritionnel (Cissé, 2012 ; Dhuique-Mayer, 2007). A cet effet, les minéraux suivants (K, Na, Ca, P, Fe, Mg, Zn) ont été analysés dans les trois différents nectars. Ils ont révélé une grande variabilité ( $P = 0,001$ ) au niveau de leurs teneurs. Globalement, ces teneurs ont connu une baisse en rapport avec celles des pulpes de base. Cette forte baisse semble être inhérente aux différents traitements technologiques (tamisage, raffinage et attaque thermique) subis par les pulpes de base. En effet, selon Dilworth *et al.* (2013), la perte d'un minéral pourrait se produire chaque fois que les aliments sont soumis à des traitements thermiques dans de grands volumes d'eau. Malgré, l'effet des traitements technologiques, leur particularité semble se dégager à partir de leur fort contenu en potassium, fer et magnésium avec cependant, des teneurs en potassium remarquablement élevées (34,97 mg /100 mL - 587,05 mg/100 mL). Le sodium par contre, est très faible (0,09 mg/100 mL - 0,97 mg/100 mL). Toutefois, il semble favoriser l'élévation de la pression artérielle chez des sujets génétiquement prédisposés (Thoulon-Page, 1995). De plus, le ratio Sodium /Potassium (Na/K) de ces trois nectars est inférieure à 1. Ainsi, leur consommation pourrait être bénéfique aux consommateurs notamment aux personnes hypertensives (Akpanyung, 2005).

Les trois différents nectars ont aussi enregistré la présence de composés phénoliques avec d'intéressants taux parmi lesquels, la catéchine présente les meilleures teneurs (52,19 mg/100 mL-133,26 mg/100 mL). Ces teneurs sont aussi importantes que celles du thé vert qui ont une valeur de 90 à 110 mg/100 mL (Zhu *et al.*, 1997). Ainsi, ces trois nectars particulièrement riches en catéchines, pourraient participer efficacement à la préservation de la santé des consommateurs à travers son pouvoir antioxydant remarquable (Hagerman *et al.*, 1998 ; Amic *et al.*, 2003 ; Kumar *et al.*, 2006) et ses propriétés anticancéreuses importantes

(Arce *et al.*, 1998). Il pourrait ainsi aider à protéger le corps humain des radicaux libres et des maladies cardio-vasculaires. Ces composés phénoliques ont baissé en comparaison avec ceux des pulpes de base. Des résultats similaires ont été obtenus avec Klopotek *et al.*, (2005). Ils ont rapporté une perte de 30 % des composés phénoliques dans le nectar de fraise après une pasteurisation de 85 °C/5 min. Ceci laisse supposer que la diminution de ces teneurs est consécutive à la pasteurisation à 75 °C/5 min des trois nectars. En réalité, selon Barkat & Kadri (2011), ces traitements thermiques pourraient dégrader la structure phénolique de ces composés phénoliques sous l'effet de la chaleur. Toutefois, leur présence dans ces nectars semble être contributive à la protection de la vitamine C dans le cas des réactions de dégradations oxydatives (Miller & Rice-Evans, 1997).

Les teneurs en vitamines C de ces trois nectars ont été suivies. Elles se situent entre 19 mg/100 g et 189 mg/100 mL. Ces teneurs sont également basses par rapport à celles des pulpes de base. Ces importantes baisses seraient liées à plusieurs facteurs notamment la chaleur (Pai, 1957 ; Gahler *et al.*, 2003). En effet, l'instabilité de la vitamine C dans des nectars de fruits lors des traitements thermiques (pasteurisation) a été rapportée par les auteurs tels que Johnson *et al.* (1995) ; Van den Broeck *et al.* (1998) et Vikram *et al.* (2005). Toutefois, personne ne peut manquer de vitamine C en s'alimentant quotidiennement de ces trois nectars surtout le nectar de Baobab qui couvre largement (302,40 %) les besoins journaliers (0,025 g/jour) chez un enfant de 4 à 8 ans. Les nectars de Baobab et Néré sont restés riches en vitamine A. Leurs teneurs (11 mg/100 mL - 80 mg/100 mL) représentées dans ces nectars seraient largement contributives avec la vitamine C à l'augmentation du statut antioxydant du plasma indépendamment des flavonoïdes (Franke *et al.*, 2005).

Concernant les facteurs antinutritionnels, les trois nectars élaborés contiennent des tanins (167,30 - 622,61 mg/100g), des phénols totaux (349,53 - 873,34 mg/100 mL), des oxalates (13,20 - 40, 33 mg/100 mL) et des flavonoïdes (45,10 mg/100 mL - 60,74 mg/100 mL). Ces anti-nutriments ont également connu une baisse du fait des différents traitements technologiques. En effet, selon Balogun *et al.* (2001), il est possible de réduire le taux de certains facteurs antinutritionnels dans les aliments par application d'un traitement thermique. Toutefois, ils y sont restés encore élevés. Ainsi, la présence de flavonoïdes, de phénols totaux et de tanins dans ceux-ci indique leur potentielle activité antioxydante (Chung *et al.*, 1998 ; Wong *et al.*, 2006 ; Mullen *et al.*, 2007 et Shen *et al.*, 2010). Cependant, les tanins, une fois hydrolysés dans le gros intestin pourraient inhiber l'absorption du fer (Fe) et peuvent entraîner une anémie si son action se prolonge (Brune *et al.*, 1989). De même, l'oxalate pourrait se lier

aux cations métalliques divalents tels que le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le fer II ( $\text{Fe}^{2+}$ ) pour former des cristaux d'oxalates insolubles, dont la présence dans les reins et les voies urinaires peuvent entraîner 80 % des cas de calculs rénaux (Coe *et al.*, 2005). Son ratio avec le Ca et le Fe est supérieur aux limites autorisées pour les trois nectars. La biodisponibilité de ces deux minéraux pourrait donc être affectée. Toutefois, les nectars semblent être une opportunité de réduction du facteur nuisible de l'oxalate car selon Habtamu *et al.* (2013), sa consommation en grande quantité (fruits), exposerait la population à des carences en Ca et Fe.

## 2. Réponses glycémiques des trois nectars élaborés

La particularité commune à ces trois différents nectars se trouve être le taux de glucide élevé qui représente en moyenne 82,67 % de l'apport énergétique. De nombreuses études rapportent que la consommation d'aliments glucidiques dont plus de 80 % de l'apport énergétique provenant des glucides, serait susceptible d'induire des désordres métaboliques (Jenkins *et al.*, 1981).

Dix (10) sujets de sexes différents apparemment sain au regard des critères cliniques et anthropométriques de l'OMS (OMS, 1985), ont été sélectionnés pour le test de détermination des IG des nectars élaborés. La réponse glycémique plasmique (A.S.C) associé au nectar de Néré (177,74 mmol x min/L) a été la plus élevée par rapport à celles des nectars de Baobab (125,37 mmol x min/L) et de Tomi (110,52 mmol x min/L). Ces valeurs ramenées en pourcentage de la réponse glycémique du glucose (aliment de référence) ont permis d'obtenir en moyenne, les IG. Parmi les trois nectars testés chez ces sujets présentant une glycémie normale (normo glycémique), les IG enregistrés au niveau des nectars de Tomi et de Baobab respectivement de 60,41 et de 66,48 sont qualifiés d'intermédiaires ou modérés (55 IG 70). Alors que celui du nectar de Néré (89,54) a été identifié comme IG élevé (IG 70) selon la classification internationale de l'IG (ISO/FDIS 26642: 2010; 2010). En raison de la forte teneur en glucides dont ils sont constitués, ces trois nectars de fruits ont été capables d'induire une modification (augmentation) de la glycémie eu égard aux volumes ingérés (Kouassi *et al.*, 2018a). Pourtant, il est aujourd'hui établi que les aliments à IG élevé sont connus pour produire une augmentation rapide et importante du taux de sucre dans le sang en raison de leur digestion rapide (Kouamé, 2016). Ils entraîneraient par conséquent, une forte absorption de glucoses dans la circulation sanguine (Bhupathiraju *et al.*, 2014). Ainsi, à partir de cet indicateur de qualité des aliments (l'IG), le nectar de Néré apparaît inapproprié à la consommation, surtout pour les diabétiques de type 2 (Wolever, 2013). Car il semble être très

hyperglycémiant (ISO/FDIS 26642: 2010; 2010). Il aurait donc des propriétés médiocres sur la physiologie de l'organisme (Kouamé, 2016).

La hausse de l'IG du nectar de Néré semble être consécutive à l'apport de sucres supplémentaires au nectar de Néré. En effet, les nectars de fruits contiennent naturellement de sucres (glucose, saccharose, fructose et amidon). Mais, en y ajoutant de sucres supplémentaires (saccharose), leur contenu en glucides augmente indéniablement surtout en glucides simples. D'ailleurs, le taux de saccharose observé dans ce nectar de Néré est de 5,07 g/100g. De plus, celui-ci a révélé une forte concentration en galactoses (64,80 g/100g). En conséquence, l'ingestion de ces importants taux de sucres pourrait augmenter le taux de glucoses sanguins.

D'autres facteurs comme l'absence de protéines, de lipides et de fibres (surtout les fibres solubles) dans un aliment pourraient être aussi pris en compte dans l'élévation de l'IG du nectar de Néré. En effet, selon Foster Powell *et al.* (2002) et Hätönen *et al.* (2011), la présence de ceux-ci dans un aliment ralentirait le passage du glucose dans le sang. Or, lors de la production du nectar de Néré, ces trois nutriments ont connu une énorme baisse du fait des nombreux traitements technologiques que la pulpe a dû subir (Kouassi *et al.*, 2018a). Il est donc évident que le glucose en regagnant le sang, ne puisse pas rencontrer de véritables obstacles. Ce qui pourrait augmenter inévitablement la glycémie des consommateurs.

De plus, le degré de maturité des fruits de Néré pourrait également avoir une incidence sur la modification de l'IG du nectar de Néré. En effet, la maturation des fruits s'accompagne d'une conversion de l'amidon en glucides simples (saccharose, glucose et fructose) dont les teneurs augmenteraient à des degrés divers selon les fruits. Ces glucides simples pourraient avoir une influence directe sur l'IG du fait de leur digestion rapide (Kouassi *et al.*, 2009).

La gélatinisation de l'amidon contenu dans la pulpe de Néré pourrait être aussi impliquée dans la hausse de l'IG de son nectar. En effet, les différents traitements thermiques (dissolution à 45 °C et pasteurisation à 75 °C/ 5 min) qu'a dû subir la pulpe de Néré, semblent occasionner la gélatinisation de l'amidon, le rendant accessible aux amylases (Kouamé, 2016). Ainsi, sous l'action de la température élevée et de la forte teneur en eau, les structures physique et granulaire de l'amidon pourraient se trouver modifiées. Les granules de l'amidon absorbent l'eau et gonflent. Ces deux facteurs perturbant de manières irréversibles la structure cristalline de l'amidon peuvent la rendre facilement hydrolysable par l'amylase. Ce qui augmenterait sans doute, la digestibilité de l'amidon et son impact sur le niveau de glucose sanguin. Surtout, s'il s'agit d'amidon à fort taux d'amylopectine. En effet, selon Foster Powell

*et al.* (2002) et Cândido *et al.* (2013), l'amylopectine serait très vulnérable à l'attaque thermique comparativement à l'amylose. Par conséquent, son hydrolyse enzymatique pourrait très rapidement le convertir en glucose sanguin.

Par ailleurs, bien que le nectar de Tomi (IG=60,41 70) et le nectar de Baobab (IG=66,48 70) soient considérés comme les meilleurs choix en termes d'indicateur de qualité, leurs IG ne sont pas et ne devraient pas être le seul facteur à prendre en compte (Afssa, 2004). La CG (classification à la fois qualitative et quantitative d'une portion d'aliment glucidique donnée) doit être tout aussi considérée en complément dans les recommandations hygiéno-diététiques (Wolever, 2002). En effet, au risque que la surconsommation d'aliments à IG bas ou modéré ne provoque les mêmes effets physiologiques délétères sur l'organisme que les aliments à IG élevés (Afssa, 2004), la CG de ces aliments ne doit pas dépasser la valeur de 80 au quotidien (Salmeron *et al.*, 1997; Mendosa, 2004). De ce fait, les nectars de Tomi (IG/CG = 60,41/12,87) et de Baobab (IG/CG = 66,48/13,24) présenteraient les meilleurs profils diététiques car ils ont à la fois un IG moyen (55 IG 70) et une CG moyenne (10 CG 20) tant pour les sujets sains que pour les sujets diabétiques. En conséquence, pour respecter la CG journalière de 80 afin d'éviter les pics et les fluctuations susceptibles de nuire à la santé, une diète reposant sur une modulation des quantités de ces nectars permettra de respecter la CG journalière recommandée et ce, quel que soit leur IG (Samaha *et al.*, 2003). Ainsi, les nectars de Tomi et de Baobab devraient être consommés modérément. Le nectar de Néré par contre devrait être consommé occasionnellement car très hyperglycémiant, surtout chez les diabétiques de type 1 et 2.

### **3. Profil sensoriel des trois nectars élaborés**

L'un des objectifs assigné à cette partie de l'étude était de soumettre les trois différents nectars élaborés à une évaluation sensorielle afin de mieux apprécier leur qualité organoleptique. Il s'agissait dans un premier temps, de savoir si ces nectars sont appréciés par la population, puis dans un second temps de les comparer entre eux.

Les trois différents nectars ont été appréciés par l'ensemble des panélistes du fait sans doute de leur caractère sucré et visqueux fortement apprécié. Toutefois, les nectars de Baobab et de Tomi se sont montrés plus amers, acides et astringents que le nectar de Néré. La couleur du nectar de Néré a été la plus appréciée comparativement aux nectars de Baobab et de Tomi. Effet, avec une note de 3,533, la couleur du nectar de Néré semble être la plus attrayante que les couleurs respectives des nectars de Baobab (2,733) et Tomi (2,067). Les panélistes ont dans leur ensemble relevé le goût sucré des trois nectars. En effet, selon Miallet-Serra *et al.*

(2005) et Mahan *et al.* (2017), les consommateurs apprécient toujours la saveur sucrée qui confère un délicieux goût à un aliment. Toutefois, il serait souhaitable de surveiller le niveau de sucres ajoutés dans chaque nectar afin d'éviter une hyperglycémie après leur consommation (Kouassi *et al.*, 2009 et Kouamé *et al.*, 2017). Le nectar de Tomi est resté tout de même le moins sucré (2,933). Pourtant, il a bénéficié de la même quantité de sucre que le nectar de Baobab. Son goût amer relevé par les panélistes (1,533) pourrait impacter négativement l'expression de sa sucrosité. Son acidité également élevée (Kouassi *et al.*, 2018b) et assez nettement ressentie (2,133) a sans doute pu influencer l'expression de sa sucrosité (Brainbridge *et al.*, 1996). Cette sensation de l'acidité dans ce nectar semble être consécutive aux composés organiques (Bernier *et al.*, 1988) et phénoliques dont il est constitué. En effet, le nectar de Tomi s'est particulièrement caractérisé par son impressionnant contenu en acides citriques, benzoïques et galliques pouvant lui conférer une saveur acidulée plus prononcée (Kouassi *et al.*, 2018b). Ce goût aigre de ce nectar pourrait être aussi lié à son important contenu en phénols totaux. En réalité, selon Sami-Manchado & Cheynier (2006), les phénols totaux possèdent des propriétés acides du fait de la présence de fonction hydroxyle (-OH) sur leur cycle benzénique. Pourtant, globalement l'acidité des trois nectars a été moyennement perçue avec cependant un niveau de perception beaucoup plus faible chez le nectar de Néré (0,800). Cette absence d'acidité dans le nectar de Néré a sans doute permis aux panélistes de ressentir efficacement son goût sucré (Brainbridge *et al.*, 1996). On pourrait également attribuer l'expression de ce goût sucré à l'absence d'amertume (0,200) relevée dans ce nectar ainsi qu'à son fort contenu en galactoses, arabinoses et rhamnose. Bien que le nectar de Baobab soit le plus acide, sa saveur acide n'a pu être efficacement ressentie (1,467). Cette forte acidité semble être supplantée par son important contenu en sucres simples (saccharoses, glucoses et fructoses) aux pouvoirs sucrants élevés (Kouassi *et al.*, 2018b).

L'odeur de ces trois nectars de fruits a été assez bien appréciée avec cependant un niveau d'appréciation moyen chez le nectar de Néré (2,533). En effet, selon (Ouattara, 2011), ce nectar pourrait disposer d'arômes capables d'affecter négativement le niveau d'appréciation générale de son odeur. Les nectars de Tomi et de Baobab ont eu par contre leur odeur fortement appréciée par les panélistes. En réalité, les pulpes de Baobab et de Tomi semblent contenir de nombreux arômes naturels, susceptibles de fournir des parfums agréables à leur nectar (Grollier *et al.*, 1996 et Cissé 2012).

La texture en bouche qui est la sensation de fines particules ou grumeaux dans la bouche de ces trois nectars a été moyennement perçue (2,533 - 2,800) par les panélistes. Il est

à noter que la présence de fibres dans un aliment soutient densément sa texture (Prasanna *et al.*, 2007 ; Emaga *et al.*, 2008). Cependant, la nette perception de la texture dans ces trois nectars pourrait être consécutive à la perte importante de ces fibres occasionnée par les nombreux traitements technologiques subis par les pulpes de base (Kouassi *et al.*, 2018b). En revanche, la viscosité qui est l'aptitude des trois nectars à s'écouler a été bien appréciée par tous les dégustateurs notamment chez le nectar de Baobab (3,533). Il est à noter que les différents ratios (pulpe/eau) adoptés s'y prêtaient puisqu'à terme, les nectars obtenus devraient être plus visqueux que d'ordinaires.

De plus, le niveau de perception de la saveur astringente oscille entre 1,400/5 (nectar de Néré) et 2,600 (nectar de Baobab). Cette perception assez moyenne de la saveur astringente notamment chez les nectars de Baobab et de Tomi, semble être liée à leur fort contenu en phénols totaux, en tanins et en flavonoïdes (Kouassi *et al.*, 2018b). En effet, selon Canon (2010) et Hii *et al.* (2010), ces composés possèdent des propriétés astringentes assez importantes.

Les panélistes ont aussi relevé la présence d'arrière-goût diversement apprécié dans les trois nectars. Ainsi, l'arrière-goût perçu dans le nectar de Néré semble être faiblement apprécié (1,800). Ils ont par ailleurs ressenti de goûts amers dans les nectars de Tomi et de Baobab. En effet, outre l'astringence, les phénols totaux, les tanins et les flavonoïdes semblent posséder des propriétés amères (Mossion, 2007).

Fort de cela, ces trois différents nectars ont été appréciés lors du test de dégustation avec des scores moyens oscillant entre 2,667 et 3,533 avec une meilleure appréciation du nectar de Baobab (3,533). Cela dit, les consommateurs accueilleraient favorablement les nectars élaborés à partir des pulpes des fruits de Baobab, Tomi et Néré.

### III. CONCLUSION PARTIELLE

Cette étude s'est fixée comme objectif la détermination des caractéristiques sensorielles et biochimiques des nectars de Baobab, Tomi et Néré. Ces trois différents nectars qui ont présenté un caractère assez sucré et visqueux ont dans l'ensemble été appréciés par les panelistes. Cependant, le nectar de Baobab a été le plus apprécié du fait de son arrière-goût agréable. Ces trois nectars sont acides (2 pH 4), riches en micronutriments et très énergétiques du fait de leur importantes teneurs en glucides et en sucres ajoutés (20-30 %). Tous ces nectars ont un contenu minéral assez intéressant notamment en potassium (K), en fer (Fe) et en magnésium (Mg) mais aussi en vitamine C, en anti-nutriments (phénols totaux et tanins), en acides organiques (acide tartrique et acide citrique) et en composés phénoliques (catéchine et coumarine).

Par ailleurs, des insuffisances au niveau sensoriel ont été enregistrées notamment au niveau de la forte amertume et de la forte acidité du nectar de Tomi, au niveau de l'odeur et de l'arrière-goût peu appréciés du nectar Néré. De plus, le nectar de Néré s'est montré très hyperglycémiant (IG = 89,54 et CG = 29,22) contrairement aux autres nectars (IG/CG Baobab = 66,48/13,24 et IG/CG Tomi = 60,41/12,87). Pour une meilleure acceptation du nectar de Néré, des améliorations technologiques et sensorielles semblent être nécessaires. C'est cette dernière approche qui a fait l'objet du troisième chapitre.

### CHAPITRE III : AMELIORATION TECHNOLOGIQUE ET SENSORIELLE DU NECTAR DE NERE.

#### I. RESULTATS

##### 1. Profil sensoriel des nectars de Néré améliorés

Les notes de scores des attributs sensoriels du nectar de Néré amélioré par ajout de différentes quantités de jus de citron et de passion sont présentées dans les tableaux LI et LII. Les panélistes semblent en dehors du jus N120C3 (2,36), apprécier tous les autres nectars de Néré au citron avec des notes d'appréciations générales variant de 2,58 à 4,00. Toutefois, ils semblent préférer le nectar N130C1 qui se caractérise globalement par une très belle couleur (3,27), une odeur acceptable (2,09), une bonne sucrosité (2,82) et une très bonne viscosité (3,09), une absence de goût amer (0,82) et acide (0,91), une saveur moins astringente (1,73). Ce nectar a la particularité d'avoir sa viscosité et son acidité nettement mieux appréciées que les autres.

Quant aux nectars de Néré enrichis au jus de la passion, ils sont également appréciés par les panelistes quel que soit la quantité utilisée (2,67 à 3,67). Cependant, seul le nectar mixte N130P1,5 semble bénéficier la meilleure appréciation globale (3,67). Ce nectar se caractérise globalement par une absence d'amertume (0,75) et d'acidité (0,83), un arrière-goût agréable (2,75), une belle couleur (2,92), une bonne sucrosité (2,92), une texture (2,33) et une turbidité(2,33) acceptables, une très bonne viscosité (3,25) et une odeur très agréable (3,17). Ce nectar s'est distingué des autres par sa texture (2,33) et sa viscosité (3,25) nettement mieux apprécié que les autres.

RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau LI: Notes des scores des attributs sensoriels des nectars de Néré améliorés au jus de citron

Nectars de Néré	Couleur	Odeur	Sucrosité	Acidité	Texture	Turbidité	Viscosité	Astringence	Amertume	Arrière-goût	Appréciation Générale
N120C0	3,09±0,83	1,82±1,33	3,18±0,75	0,64±0,29	1,27±0,27	1,36±0,50	3,09±1,04	1,27±0,56	0,18±0,00	1,09±0,22	2,82±0,87
N120C1	3,00±1,00	2,09±1,38	3,27±0,90	1,18±0,72	1,82±0,66	1,27±0,10	2,73±1,01	1,91±0,45	0,64±0,03	2,09±0,81	2,73±0,79
N120C2	3,36±0,92	2,09±1,45	3,27±0,79	1,36±0,75	1,45±0,81	1,55±0,44	3,00±1,41	1,73±0,42	0,36±0,02	1,73±0,95	3,00±1,10
N120C3	3,18±1,08	1,82±1,40	2,91±0,83	0,91±0,51	1,64±0,57	2,18±0,40	2,73±0,90	1,55±0,44	0,91±0,08	1,55±0,69	2,36±1,12
<b>N130C0</b>	3,64±0,81	2,36±1,36	<b>3,55±0,52*</b>	0,73±0,42	2,09±0,07	1,73±0,62	2,91±0,83	0,82±0,40	0,27±0,00	1,55±0,44	3,36±0,92
<b>N130C1</b>	3,27±0,90	2,09±1,30	2,82±0,60	0,91±0,30	1,73±0,56	1,55±0,57	3,09±1,14	1,73±0,42	0,82±0,05	1,09±0,51	<b>4,00±1,00*</b>
N130C2	3,18±1,08	1,91±1,45	2,91±0,83	1,55±0,07	1,64±0,69	1,64±0,69	3,00±1,34	2,27±0,79	0,64±0,01	1,55±0,51	3,00±1,18
N130C3	3,25±0,97	1,83±1,53	3,25±1,14	1,75±0,96	1,92±0,98	2,00±0,54	2,75±0,75	2,50±0,83	0,83±0,03	3,17±0,59	3,33±1,30
N140C0	2,67±0,78	1,67±1,30	3,08±0,79	0,58±0,08	1,50±0,57	1,92±0,38	3,08±0,90	0,92±0,31	0,25±0,02	1,25±0,36	2,58±1,24
N140C1	2,83±0,83	2,08±1,16	2,75±0,75	0,92±0,51	1,75±0,91	2,25±0,42	3,08±1,00	2,50±0,68	0,33±0,09	2,00±0,65	3,25±1,66
N140C2	3,08±0,51,	2,00±1,28	3,42±0,90	1,50±0,78	2,08±0,02	2,25±0,36	3,00±0,85	2,50±0,68	0,75±0,60	2,92±0,31	3,17±0,94
N140C3	3,17±0,72	2,42±1,51	3,50±1,17	1,67±0,15	2,00±0,00	2,33±0,50	3,00±0,95	2,08±0,83	1,08±0,68	3,25±0,54	3,33±1,44

\* notes en gras représentent le meilleur taux de sucre adopté (N130C0) et la meilleure appréciation des nectars de Néré au citron (N130C1).

N120C0: Nectar de Néré Témoin avec 120 g de sucres, N120C1: Nectar de Néré au citron (1 mL) avec 120 g de sucres, N120C2: Nectar de Néré au citron (2 mL) avec 120 g de sucres, N120C3: Nectar de Néré au citron (3 mL) avec 120 g de sucres, N130C0: Nectar de Néré Témoin avec 130 g de sucres, N130C1: Nectar de Néré au citron (1 mL) avec 130 g de sucres, N130C2: Nectar de Néré au citron (2 mL) avec 130 g de sucres, N130C3: Nectar de Néré au citron (3 mL) avec 130 g de sucres, N140C0: Nectar de Néré Témoin avec 140 g de sucres, N140C1: Nectar de Néré au citron (1 mL) avec 140 g de sucres, N140C2: Nectar de Néré au citron (2 mL) avec 140 g de sucres, N140C3: Nectar de Néré au citron (3 mL) avec 140 g de sucres

RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau LII: Notes des scores des attributs sensoriels des nectars de Néré améliorés au jus de passion

Nectar de Néré	Couleur	Odeur	Sucrosité	Acidité	Texture	Turbidité	Viscosité	Astringence	Amertume	Arrière-goût	Appréciation générale
N120P0,5	3,33±0,78	2,50±0,62	3,00±0,60	1,00±0,48	1,92±0,83	2,00±0,60	2,83±0,11	0,92±0,04	0,42±0,00	2,08±0,68	3,08±0,79
N120P1	2,92±0,67	2,67±0,56	3,42±0,79	0,50±0,24	2,08±0,88	2,25±0,71	2,52±1,00	1,17±0,40	0,67±0,06	2,08±0,83	3,33±0,78
N120P1,5	2,67±0,78	3,42±1,00	3,42±0,67	0,92±0,38	2,08±0,07	2,25±0,60	3,00±1,04	1,08±0,51	0,92±0,08	2,25±0,71	3,33±0,78
N130P0,5	3,08±1,16	2,92±0,38	3,50±0,67	0,83±0,64	1,92±0,98	2,00±0,76	2,67±1,23	1,67±0,87	0,42±0,00	2,00±0,86	3,25±0,75
N130P1	2,92±0,67	2,83±1,03	3,17±0,58	0,75±0,42	2,17±0,85	2,42±0,56	2,67±0,98	0,75±0,06	0,58±0,08	1,92±0,31	2,67±0,89
N130P1,5	2,33±0,78	3,17±0,11	2,92±0,79	0,83±0,34	2,33±1,02	2,33±0,56	3,25±0,97	1,58±0,68	0,75±0,06	2,75±0,91	<b>3,67±0,89*</b>
N140P0,5	2,75±0,62	2,75±0,38	3,17±0,94	0,92±0,38	1,92±0,78	1,92±0,31	3,08±0,90	0,83±0,07	0,33±0,08	2,08±0,44	2,58±0,90
N140P1	2,83±0,58	3,08±1,00	3,42±0,51	0,42±0,00	2,00±0,13	2,33±0,44	3,08±1,00	1,00±0,54	0,83±0,09	3,58±0,51	3,42±0,79
N140P1,5	2,33±0,65	3,08±0,31	2,92±0,16	1,08±0,38	1,42±0,78	1,92±0,38	2,92±0,79	1,08±0,31	0,33±0,05	2,08±0,68	2,83±0,11

\* notes en gras représente la meilleure appréciation des Nectars de Néré à la passion (N130P1,5)

*N120P0,5*: Nectar de Néré à la passion (0,5 mL) avec 120 g de sucres, *N120P1*: Nectar de Néré à la passion (1 mL) avec 120 g de sucres, *N120P1,5*: Nectar de Néré à la passion (1,5 mL) avec 120 g de sucres, *N130P0,5*: Nectar de Néré à la passion (0,5 mL) avec 130 g de sucres, *N130P1*: Nectar de Néré à la passion (1 mL) avec 130 g de sucres, *N130P1,5*: Nectar de Néré à la passion (1,5 mL) avec 130 g de sucres, *N140C0*, *N140P0,5*: Nectar de Néré à la passion (0,5 mL) avec 140 g de sucres, *N140P1*: Nectar de Néré à la passion (1 mL) avec 140 g de sucres, *N140P1,5*: Nectar de Néré à la passion (1,5 mL) avec 140 g de sucres.

## **2. Regroupement des nectars de Néré améliorés en fonction des meilleurs descripteurs sensoriels**

### **2.1. Analyse en Composantes Principales (ACP) des principaux descripteurs sensoriels**

L'analyse en composantes principales répartit les caractéristiques sensorielles des différents nectars de Néré améliorés sur 10 principaux facteurs (Tableau LIII). Toutefois, seuls les axes F1 et F2 cumulant 73,090 % de la variabilité totale observée, contribuent significativement à la discrimination ou au regroupement de ces différents nectars (Figure 28). Le premier axe (F1) enregistre une valeur propre de 0,700 et exprime 40,767 % de variance totale observée. Avec une valeur propre de 0,555, la composante F2 exprime 32,323 % de la variabilité totale (Tableau LIII). Ce tableau montre également que l'astringence (10,276 %) et l'arrière-goût (62,000 %) contribuent majoritairement à la formation de la composante F1. La composante F2 doit sa formation à l'odeur (33,710 %) et à l'astringence 46,978 %). L'astringence contribue à la fois à la formation des deux axes (F1 et F2).

La projection des paramètres évalués et les échantillons de nectars testés faite dans le plan formé par F1 et F2 (Figure 29) révèlent 5 groupes de nectars de Néré améliorés :

- le premier groupe (G1) est situé du côté positif de F1. Il est composé des nectars de Néré au citron (N130C3, N140C2 et N140C3) caractérisés par une saveur astringente fortement ressentie.

- le deuxième groupe (G2) est localisé du côté positif de F1 et de celui négatif de F2. Il est formé de nectars de Néré à la passion (N120P1,5, N130P1,5, N140P1) caractérisés par une odeur et un arrière-goût agréablement apprécié.

- le troisième groupe (G3) couvre à la fois les côtés positifs et négatifs des composantes F1 et F2. Il est constitué de nectars de Néré à la passion (N130P1, N140P0,5, N140P1,5, N130P0,5, N120P1 et de N120P0,5) dont N130P0,5 et N120P1 ont une odeur agréable.

- le quatrième groupe (G4) situé à la fois des côtés positifs de F1 et F2, est formé de nectars de Néré au citron (N120C3, N120C1, N130C1, N120C2, N140C1 et N130C2) caractérisés par une saveur moins astringente.

- le cinquième groupe (G5) couvre à la fois les côtés positif et négatif de F2. Il est constitué essentiellement de nectar de Néré témoins N130C0, N140C0 et N120C0.

Par ailleurs, les meilleurs nectars de Néré améliorés N130P1,5 et N130C1 appartiennent respectivement aux Groupe 2 et 4.

RESULTATS ET DISCUSSION

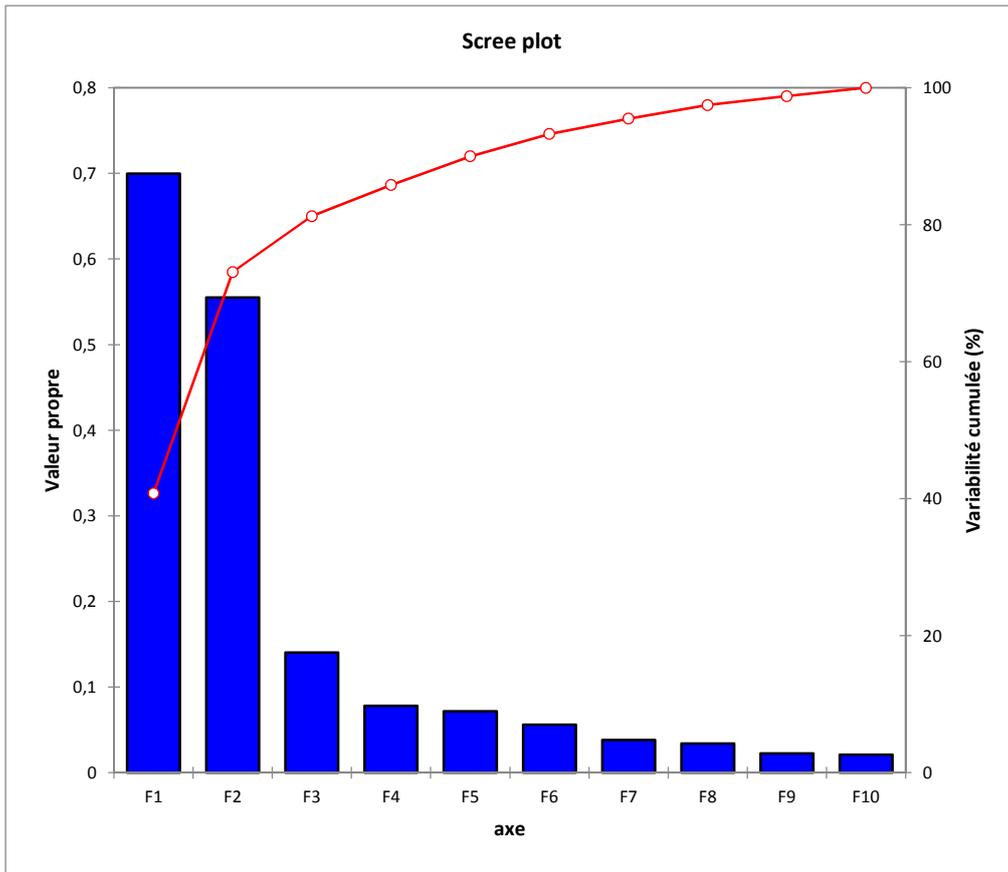


Figure 28: Contribution des axes

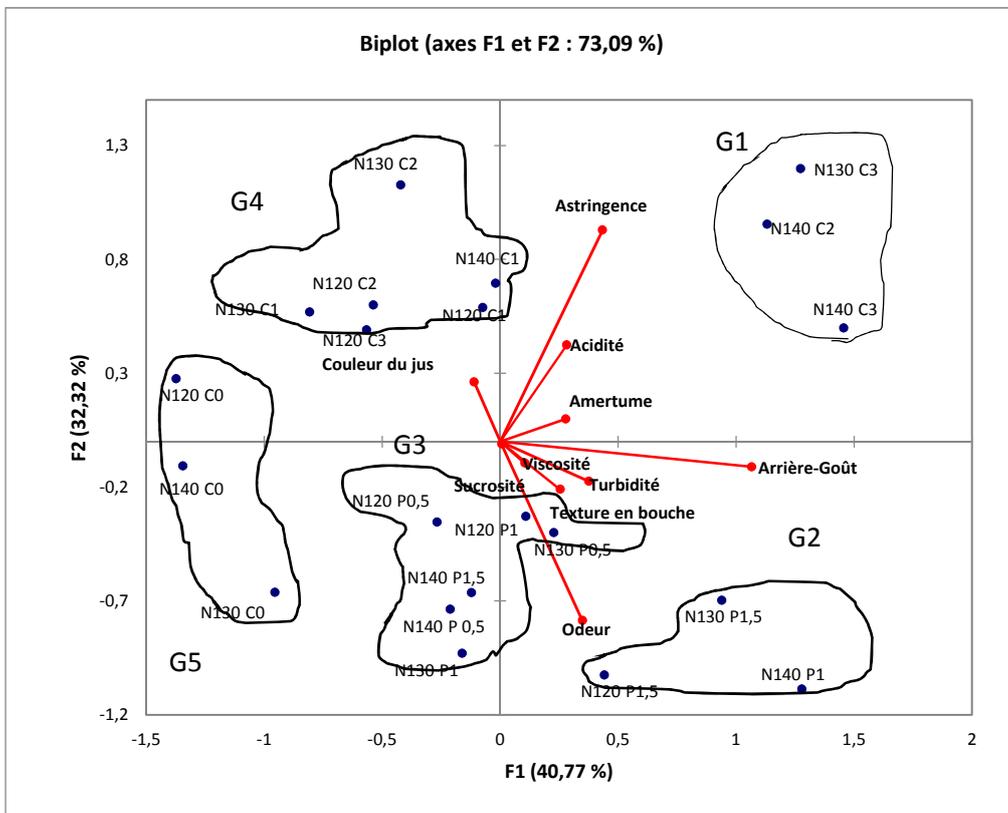


Figure 29: ACP des différents nectars de Néré améliorés

RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau LIII: Matrice des valeurs propres et corrélations entre les paramètres sensoriels et les principaux axes**

Axes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Valeur propre	0,700	0,555	0,140	0,078	0,072	0,056	0,038	0,034	0,022	0,021
Variabilité totale (%)	40,767	32,323	8,167	4,550	4,188	3,272	2,227	1,978	1,306	1,223
Variabilité totale accumulée (%)	40,767	73,090	81,256	85,806	89,994	93,267	95,494	97,472	98,777	100,000
Couleur du nectar	0,659	3,713	35,632	2,161	2,558	0,244	25,450	1,950	2,121	25,512
Odeur	6,641	<b>33,710</b>	6,833	29,410	5,229	4,411	4,361	3,550	0,642	5,212
Sucrosité	0,597	0,494	25,159	3,183	1,689	7,742	5,339	1,336	52,802	1,658
Acidité	4,346	9,834	2,280	2,228	19,050	59,842	0,571	0,089	1,437	0,323
Texture en bouche	3,529	2,400	9,015	4,704	3,352	1,308	49,788	5,834	12,737	7,334
Turbidité	7,728	1,663	2,366	15,397	41,434	5,897	0,267	6,743	12,542	5,964
Viscosité	0,003	0,006	3,026	6,953	8,571	2,365	0,129	34,584	8,068	36,294
Astringence	<b>10,276</b>	<b>46,978</b>	12,463	16,529	0,205	4,297	1,739	3,099	0,490	3,924
Amertume	4,222	0,534	0,142	10,355	15,053	3,714	8,782	42,813	2,585	11,800
Arrière-Goût	<b>62,000</b>	0,669	3,083	9,080	2,860	10,180	3,574	0,001	6,576	1,978

*Les valeurs en gras indiquent les variables qui contribuent le plus à la formation des axes*

## 2.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des principaux descripteurs sensoriels

La classification ascendante hiérarchique des caractéristiques sensorielles descriptives des nectars testés a donné un dendrogramme (Figure 30). Il montre également les mêmes 5 classes en considérant la distance euclidienne d'agrégation de 30:

- la première classe (G1) est constituée de nectar N130 C3, N140C2 et N140C3;
- la deuxième classe (G2) est formée de nectar N120P1,5, N130P1,5 et N140P1 ;
- la troisième classe (G3) comprend les nectars N130P1, N140P0,5, N140P1,5, N130P0,5, N120P1 et N120P0,5 ;
- la quatrième classe (G4) est constituée de nectar N120C3, N120C1, N130 C1, N120C2, N140C1 et N130C2 ;
- la cinquième classe (G5) est formée de nectar N130C0, N140C0 et N120C0.

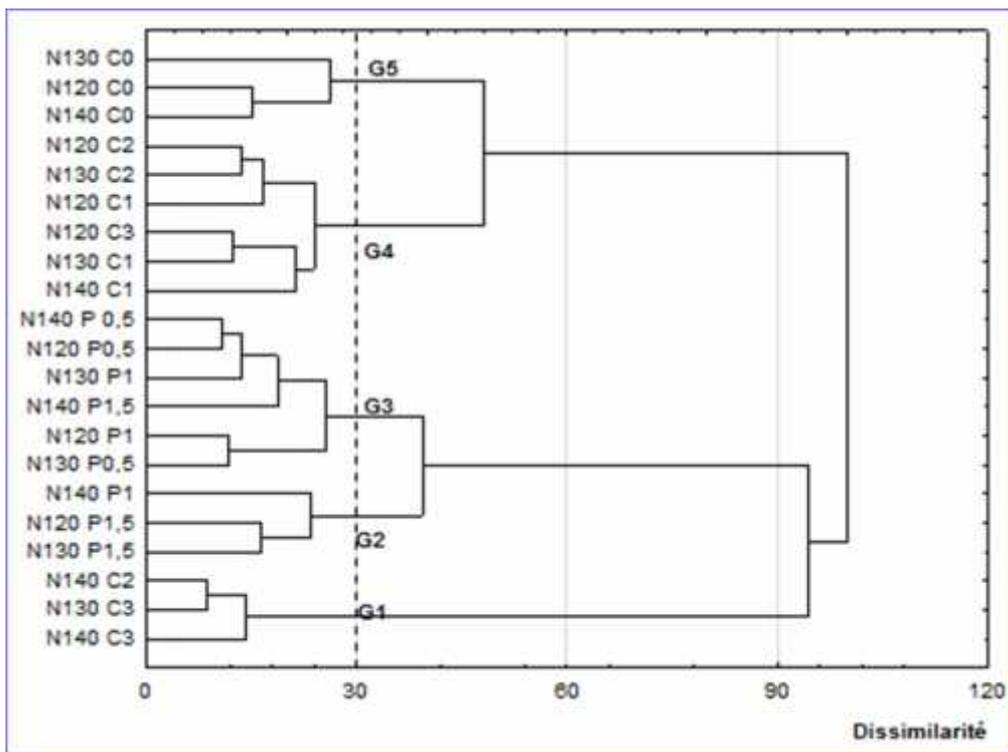


Figure 30: Dendrogramme des différents nectars de Néré améliorés

## II. DISCUSSION

Le présent chapitre rend compte de l'amélioration des attributs sensoriels du nectar de Néré, apportant une contribution significative à l'augmentation de son acceptabilité auprès des consommateurs. La pulpe de Néré est rarement consommée sous la forme de nectar (Bonkougou, 1987 ; Ki, 1994). En effet, du fait de son arrière-goût et de son odeur fades, le nectar issu de la pulpe de Néré est très peu apprécié par les consommateurs (Ouattara, 2011). Cette étude a montré qu'après l'ajout d'additifs naturels (les jus de citron et de passion), l'acceptabilité du nectar de Néré s'est améliorée notamment avec les jus de Néré améliorés N130C1 et N130P1,5. Cela est corroboré par d'autres études qui ont montré l'augmentation de l'acceptabilité et de la consommation d'aliments après l'adjonction d'arôme et de parfum naturels ou chimiques, même en quantité moindre (Henry *et al.*, 2003 ; Ouattara, 2011 et Mahan *et al.*, 2017).

La présence des jus de citron et de passion dans les différents nectars de Néré testés semble influencer positivement bon nombre d'attributs sensoriels des nectars de Néré testés notamment la couleur, la sucrosité, l'odeur, l'astringence, l'arrière-goût et la viscosité. Cependant, la couleur et la viscosité bien que faisant partie des meilleures caractéristiques sensorielles du nectar de Néré (Ouattara, 2011), leur appréciation a connu une légère baisse. Ceci laisse supposer que la présence de ces deux additifs a pu avoir un léger impact négatif sur ces deux critères sensoriels. Quant à l'odeur de ces différents nectars de Néré testés, elle a connu une amélioration significative du fait sans doute, de l'apport d'arômes et de parfums de ces deux additifs notamment ceux du jus de la passion (2,50-3,42) (Henry *et al.*, 2003). Ces mêmes arômes et parfums du jus de la passion semblent également impacter positivement l'arrière-goût (1,92-3,58). De même, la saveur astringente semble être améliorée avec l'apport du jus de la passion (0,75 et 1,67 avec une moyenne de 1,00). L'acidité a été nettement perçue dans les différents nectars de Néré testés notamment dans les nectars de Néré au citron (0,58-1,75). En effet, la saveur acide perçue dans ceux-ci pourrait être consécutive au fort contenu du jus de citron en acides citriques (Ouattara, 2011).

Bien que le goût sucré soit un important paramètre d'appréciation habituelle des boissons fraîches, seule la sucrosité intermédiaire de 130 g a été appréciée par les consommateurs quel que soit l'additif utilisé. Toutefois, les dégustateurs semblent apprécier la saveur sucrée de ces différents nectars de Néré proposés (2,75-3,50). En effet, selon Miallet-Serra *et al.* (2005) et Mahan *et al.* (2017), les consommateurs apprécient généralement la saveur sucrée qui confère un délicieux goût à un aliment dans leurs différentes études. Ce

choix de sucrosité pourrait être bénéfique pour le consommateur surtout que les premières études portant sur l'index glycémique et la charge glycémique du nectar de Néré ont montré un pouvoir très hyperglycémiant du fait de son IG élevé (Kouassi *et al.*, 2018a). D'autres auteurs ont confirmé cette hypothèse en montrant que la consommation excessive de sucre serait responsable de plusieurs anomalies métaboliques dans l'organisme (Kouamé *et al.*, 2017), bien qu'il lui procure de l'énergie (Afssa, 2004).

Le regroupement des différents nectars préparés a permis de générer cinq groupes de nectars de Néré améliorés. Cette répartition indique des similarités entre les caractéristiques sensorielles des différents nectars d'un même groupe. Les deux meilleurs choix des panélistes (N130C1 et N130 P1,5) appartiennent respectivement aux groupes G4 et G2. Cela laisse supposer que ces deux groupes (G2 et G4) sont constitués des meilleurs nectars de Néré améliorés. Toutefois, le groupe G2 semble se caractériser principalement par l'amélioration de l'odeur et de l'arrière-goût des nectars qui le composent. Ces deux paramètres sont les plus pertinents pour l'explication de la qualité des différents nectars testés d'autant plus qu'ils caractérisaient négativement le nectar de Néré nature. Le jus de passion a donc été capable de corriger ces deux paramètres avec de si petites quantités (0,5 - 1,5 mL). Cela laisse supposer que le jus de passion apparaît comme le meilleur additif. L'astringence a été fortement corrélée à la fois à l'arrière-goût et à l'odeur. Elle proviendrait de l'interaction de certains anti-nutriments notamment des tanins, des polyphénols et des flavonoïdes abondants dans le nectar de Néré (Kouassi *et al.*, 2018b) avec les protéines salivaires et plus particulièrement les protéines salivaires riches en prolines. En effet, selon Sami-Manchado & Cheynier (2006) et Canon (2010), ces trois composés (les tanins, les polyphénols et les flavonoïdes) dotés de propriétés astringentes importantes, pourraient diminuer la lubrification de la muqueuse qui tapisse l'intérieure de la bouche. Par conséquent, plus ils sont présents dans un aliment, plus les protéines sont piégées dans les agrégats et moins elles peuvent remplir la fonction de lubrifiant. Moins lubrifiée, la muqueuse est exposée aux forces de friction. D'où cette sensation de rugosité (Pascal, 2006 ; Canon, 2010). Ainsi, ces trois composés pourraient sans doute être responsables de l'arrière-goût et de l'odeur.

Par ailleurs, cette augmentation de l'acceptabilité de ces nectars améliorés pourrait également être consécutive à une période d'accoutumance. En effet, selon Capaldi *et al.* (2007) et Schwartz *et al.* (2009), un aliment, qui au départ, est peu apprécié, pourrait être mieux accepté après une phase de familiarisation.

### **III. CONCLUSION PARTIELLE**

Cette étude s'est consacrée à l'amélioration du caractère très hyperglycémiant du nectar de Néré et de certains attributs sensoriels qui le caractérisaient négativement. L'ajout du jus de citron a permis d'améliorer les mauvais descripteurs sensoriels des nectars N120C3, N120C1, N130C1, N120C2, N140C1, N130C2 et N130 C1. Quant aux nectars de Néré améliorés au jus de passion, les mieux appréciés sont les nectars de Néré N120P1,5 ; N130P1,5 et N140P1 caractérisés par une bonne odeur et un bon arrière-goût. Cependant, seuls les nectars de Néré N130C1 et N130P1,5 ont été les plus appréciés par les consommateurs.

---

CONCLUSION GENERALE ET  
PERSPECTIVES

---

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude avait pour but de valoriser les pulpes et les nectars de trois arbres fruitiers sauvages *Adansonia digitata* (Baobab), *Tamarindus indica* (Tomi) et *Parkia biglobosa* (Néré). A cet effet, un profil biochimique et nutritionnel de la pulpe de ces trois fruits et des nectars correspondants a d'une part été entrepris et une analyse sensorielle et la réponse glycémique post-prandiale des nectars couplée à une amélioration des caractéristiques sensorielles du nectar de Néré a été entreprise d'autre part.

Il ressort de cette étude que les pulpes de Baobab, Tomi et Néré sont caractérisées principalement par leur richesse en énergie due à leur important contenu glucidique (72-82 %) et accessoirement par des teneurs relatives en micronutriments notamment en catéchines (73,01-141,03 mg/100 g), acide tartrique (7,04-8,04 %), phénols totaux (430-1226 mg /100 g), vitamines C (28-311 mg/100 g) et minéraux notamment en K (92-2815 mg/100 g), P (83-277 mg/100 g), Mg (55-192 mg/100 g) et Ca (84-321 mg/100 g). De même, ces pulpes présentent une valeur nutritionnelle intéressante par rapport à leur teneurs importantes en fibres (4-41 %) qui sont supérieures à celles de nombreux fruits de grande consommation. Toutefois, la pulpe de Néré a globalement présenté des teneurs relativement les moins élevées notamment en minéraux comparativement aux deux autres pulpes.

L'analyse biochimique des nectars dérivés de ces pulpes a montré que ceux-ci sont aussi nutritifs que leur pulpe correspondante, surtout pour leur importante teneur en fibres (0,46-5,30 %), en K (34,97-587,01 mg/100 mL), Mg (8,95-11,08 mg/100 mL), acide tartique (4,02-6,82 g/100 mL) et vitamine C (19-189 mg/100 mL). L'analyse sensorielle a aussi montré une bonne acceptabilité de l'ensemble de ces nectars (scores allant de 2,667/5 (nectar de Tomi) à 3,533/5 (nectar de Baobab)). Toutefois, la sucrosité a été fortement perçue dans l'ensemble des nectars ainsi que certains descripteurs sensoriels tels que, l'astringence, l'amertume, et l'acidité ont été fortement perçus dans les nectars de Baobab et de Tomi. Quant à l'odeur et l'arrière-goût, ils ont été très peu appréciés dans le nectar de Néré. De plus, l'analyse de la glycémie post-prandiale a révélé le caractère très hyperglycémiant du nectar de Néré (IG = 89,59 et CG = 29,22) contrairement aux nectars de Baobab et de Tomi dont leurs indices glycémiques sont modérés (nectar de Baobab (IG/CG = 66,48/13,24) ; nectar de Tomi (IG/CG = 60,41/12,87)).

L'amélioration des attributs ou descripteurs sensoriels du nectar de Néré par ajout distinct de jus de citron (*Citrus limonium*) et de jus de fruits de passion (*Passiflora edulis*), et par diminution de la sucrosité a montré que seuls les nectars de Néré N130C1 (Nectar de Néré avec ajout de 130 g de saccharose et 1 mL de jus de citron) et N130P1,5 (Nectar de Néré avec

## *CONCLUSION ET PERSPECTIVES*

ajout de 130 g de saccharose et 1,5 mL de jus de fruit de la passion) ont bénéficié d'une bonne acceptabilité.

Pour une meilleure valorisation des nectars surtout ceux de Néré améliorés qui ne sont pas encore connus sur le marché local, une étude de leur stabilité et de leur conservation semble être nécessaire. De plus, une étude sur l'analyse de l'index glycémique et de la charge glycémique des nectars de Néré ainsi améliorés semble être opportune. D'autres améliorants sensoriels naturels pourraient être utilisés afin de diversifier la gamme de nectar de Néré à mettre sur le marché. Enfin, pour avoir une idée claire de l'utilisation de ces trois différentes pulpes en Côte d'Ivoire, une enquête formelle sur leur mode d'utilisation et de production serait la bienvenue.

---

# BIBLIOGRAPHIE

---

## BIBLIOGRAPHIE

### A

- Adanson M. (1771). Description d'un arbre nouveau genre appelé Baobab, observé au Sénégal. *Histoire de l'Academie Royale des Sciences* (Paris), 1791: 218- 243.
- Adeyemi O.S. & Oladiji A.T. (2009). Compositional changes in banana (*Musa sp*) fruits during ripening. *African Journal of Biotechnology*, 8(5): 858-859.
- Afssa, (2004). Glucides et santé: Etat des lieux, évaluation et recommandations. <http://www.afssa.fr/ftp/afssa/26726-26727.pdf> Site en français. Consulté en février 2017.
- Aganga A.A. & Mosase K.W. (2003). Tannins content, nutritive value and dry mater digestibility of *Lonchocarpus capassa*, *Ziziphus mucronata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 91: 107-113.
- Aké-Assi L. & Boni D. (1990). Développement agricole et protection de la forêt: quel avenir pour la forêt ivoirienne, Compte rendu de la XIIème réunion plénière de l'AETFAT Symposium II, 169-176.
- Aké-Assi L. & Guinko S. (1991). Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l'Ouest. Edition Roche, Basel, Switzerland, 151p.
- Akpanyung O.E. (2005). Proximate and Mineral Element Composition of Bouillon Cubes produced in Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(5): 327-329.
- Ambé G. (2001). Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire : Etat de la connaissance par une population locale, les Malinké. *Biotechnologie. Agronomie. Société et Environnement*, 5(1) : 43-58.
- Amic D., Davidovic A.D., Beslo D. & Trinajstic N. (2003). Structure-radical scavenging activity relationship of flavonoids. *Croatica Chemica Acta*, 76: 55-61
- Anhwange B.A. (2008). Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peels. *Journal of Food Technologi*y, 6: 263-268.
- Anonyme (2008). Statistica pour Windows. France: release 8.0 Statoft Inc.
- Anonyme (2014). XIStat version 2014.5.03 Addinsoft SARL for Windows Microsoft Excel Software, édition Pearson, Paris, France.
- Antia B.S., Akpan E.J., Okon P.A. & Umoren I.U. (2006). Nutritive and Anti-nutritive Evaluation of Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas*) Leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5: 166-168.
- A.O.A.C. (1990). Official methods of analysis, vol 2, 15<sup>th</sup> ed. Association Official Analytical Chemists, Edition Washington, D.C. 684 p.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arbonnier M. (2002). Arbres, arbustes et lianes de zone sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD. MNHN, IUCN, 573 p.
- Arce L., Rios A. & Valcarcel M. (1998). Determination of ant-carcinogenic polyphenols present in green tea using capillary electrophoresis coupled to a flow injection system. *Journal of Chromatography. A*, 827 : 113-120.
- Arnal-Peyrot F. & Adrian J. (1974). Métabolisme des pentosanes de céréale chez le rat. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 44(4) : 543-552.
- Aubreville A. (1950). Flore forestière soudano-guinéenne. AOF-Cameroun- AEF. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 523 p.
- Aubreville A. (1959). La flore forestière de la Côte d'Ivoire. *Centre Technique Forestier Tropical*, Nogent-sur-Marne, France, Tome 3, 2<sup>e</sup> édition, 322-367.
- Augustin L.S.A., Kendall C.W.C., Jenkins D.J.A., Willett W.C., Astrup A., Barclay A.W., Björck I., Brand-Miller J.C., Brighenti F., Buyken A.E, Ceriello A., LaVecchia C., Livesey G., Liu S., Riccardi G., Rizkalla S.W., Sievenpiper J.L., Trichopoulou A., Wolever T.M.S., Baer-Sinnott S. & Poli A. (2015). Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 25: 795-815
- Assogbadjo A., DeCalumé B., Sinsin J. & Codjia T. (2006). Indigenous Knowledge of Rural People and Importance of Baobab Tree (*Adansonia digitata* L.) in Benin. In e. in ZF Ertug (Ed.), Proceedings of the Fourth International Congress of Ethno botany ICEB 2005. *Yeditepe University*, 39-47.
- Atwater W. & Rosa E. (1899). A new respiratory calorimeter and experiments on the conservation of energy in human body. *II-Physical Review*, 9: 214-251.
- Azokpota P. (2005). Etude de la dynamique physico-chimique et microbiologique de la fermentation des grains de Néré (*Parkia biglobosa*) pour la production de l'*afitin*, de l'*iru* et du *Sonrou* au Benin, Thèse de Doctorat Unique, Université Agricole et Vétérinaire de Copenhague, Université d'Abomey-Calavi, 174 p.

## B

- Babalola F.D. (2012). Evaluation of marketing Chain of *Parkia biglobosa* (Jacq. Benth) R. Br. Ex G. Don in South-West Nigeria. In *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(3): 210-217.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bahuchet S. (1989). Les pygmées Aka de la forêt Centrafricaine. *In*: Hladik, C.M., Bahuchet, S., de Garine, I. (eds): Se nourrir en forêt équatoriale. Unesco/MAB, Paris, 19-23
- Bainbridge Z.; Tomlins K. & Westby A. (1996). Methods for assessing quality characteristic of non-gains starch (Part 3. Laboratory methods). *Natural Resources Institute*, Chatham, United Kingdom, 16-18.
- Balogun T. F., Kaankuka F. G. & Bawa G. S. (2001). Effect of boiling full fat soya beans on its amino acid profile and on performance of pigs. *Nigerian Journal of Animal Production*, 28(1): 45-51.
- Barkat M. & Kadri F. (2011). Impact de deux modes de cuisson sur la teneur en polyphénols solubles de six légumes. *Revue de Génie Industriel*, 6 : 41-45.
- Bärtels A. (1994). Guide des plantes tropicales: plantes ornementales, plantes utiles, fruits exotiques: Edition française, 315. *Editions Eugen Ulmer, Paris*, 384 p.
- Barthélémy J., Clément J. F., Danzart M., Köster E. P., Mac Leod P., Nicod H., Sauvageot F., Strigler F. & Touraille C. (2003). Evaluation sensorielle méthodologique. Edition Tec & Doc, 2e édition, Paris, 353 p.
- Baum D. (1995). A systematic revision of *Adansonia* Bombacaceae *Annals of Missouri Botanical Garden*, 82: 440-470.
- Baumer, M. (1995). Arbres, arbustes et arbrisseaux nourricier en Afrique occidentale. Dakar, Sénégal, 260 p.
- Becker B. (1983). The contribution of wild plants to human nutrition in the Ferlo (Northern Senegal) *Agroforestry Systems*, 1: 257-267.
- Benefice J. & Chevassus-Agnes S. (1981). Situation alimentaire des éleveurs de la zone sylvo-pastorale, résultats globaux de document de travail destiné aux chercheurs intéressés du projet LAT-FERLO, Dakar. Organisme de recherches sur l'alimentation et la nutrition africaines (ORANA), 24 p
- Bergeret A. (1986). Nourritures de cueillette en pays sahélien. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 33 : 91-130.
- Bergeret A. (1988). Fonction alimentaire des arbres et arbustes. Communauté rurale de Lali, Sénégal. *In*: CIRAD. Mission Economie et Sociologie Rurales (ed.): Economie rurale en zone de savane. Actes du VIIe séminaire d'économie et sociologie rurales, Montpellier, 15/19 septembre 1986, 204-218.
- Bergeret A. & Ribot J. C. (1990). L'arbre nourricier en pays sahélien. Ministère de Coopération et du Développement et Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme. Paris, 237p

## BIBLIOGRAPHIE

- Berhaut J. (1974). Flore illustrée du Sénégal. Préf. de L. Sédar Senghor, *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 21(7-9): 269-270
- Bernier J.J., Adrian J. & Vidon N. (1988). Les aliments dans le tube digestif. Edition Doin (Paris), 468 p
- Besco E. Bracioli E., Vertuani S. Ziosi P., Brazzo F., Bruni R., Sacchetti G. & Manfredini S. (2007). The use of photochemiluminescence for the measurement of the integral antioxidant capacity of baobab products. *Food Chemistry*, 102: 1352-1356.
- Bhupathiraju N.S. Tobias K.D. Malik S.V. Pan A., Adela H. JoAnn E., Manson E.A.J.; Willett C.W. & Hu B.F. (2014). Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: Results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 100(1): 218–232.
- BIPEA (1976). Bureau Interprofessionnel d'Etude Analytique. Recueil des méthodes d'analyses des communautés Européennes, 110 p.
- Blanc-Pamard C. (1975). Un jeu écologique différentiel: Les communautés rurales du contact forêt- savane au fond du «V- Baoulé» (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Paris, 291 p.
- Blanc-Pamard C. (1979). Un jeu écologique différentiel: Les communautés rurales du contact forêt- savane au fond du «V-Baoulé» (Côte d'Ivoire), Travaux documents *O.R.S.T.O.M.*, Paris, France. 107 p.
- Bonassieux M. (1988). Tous les fruits comestibles du monde. Edition Bordas Paris (France), 208 p.
- Bonkougou E. G. (1987). Monographie du Néré, *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth: espèce à usages multiples. IRBET, Ouagadougou, Burkina Faso. 69 p.
- Bourgeois C. (1985). Facteurs du développement des contaminations microbiennes dans les aliments. *La Bretagne agro-alimentaire*, 5 : 4-11.
- Bourgeois C. (2002). Les vitamines dans les industries agroalimentaires. In : Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires. Paris, France: Tec & Doc, 708 p.
- Bourre J. M. (2006). Effects of nutrients (in food) on the structure and function of the nervous system: update on dietary requirements for brain, Part 1: micronutrients. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 10: 377-385.
- Bowe C. & Haq N., (2010). Quantifying the global environmental niche of an underutilized tropical fruit tree (*Tamarindus indica* L.) using herbarium records. *Agriculture Ecosystem and the Environment*, 139: 51-58.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bowe C. (2007). Predicting suitable areas for the production of tamarind (*Tamarindus indica* L.) an underutilized fruit tree species, PhD Thesis, University of Southampton, Southampton, UK, 230 p.
- Brady C.J. (1987). Fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology*, 38: 155-178.
- Brand-Miller J. C., Thomas M. Swan V., Ahmad Z., Petocz P. & Colagiuri S. (2003). Physiological validation of the concept of glycaemia load in lean young adults. *Journal of Nutrition*; 133: 2728-32
- Breman H. & Kessler J. J. (1995). Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 340 p.
- Brouns F., Björck I., Frayn K.N., Gibbs A.L., Lang V., Slama G. & Wolever T.M.S. (2005). Glycemic Index Methodology. *Nutrition Research Reviews*, 18: 145-171.
- Brune M., Rossander L. & Hallberg L. (1989). Iron absorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. *European Journal of Clinical Nutrition*, 43 : 547-557.
- Bruynoogbe M., (1978). Classification ascendante hiérarchique des grands ensembles de données: un algorithme rapide fondé sur la construction des voisinages réductibles. *Cahiers de l'analyse des données*, 3(1): 7-3.
- Burton-Page J. (1969). The problem of the introduction of *Adansonia digitata* into Africa. *Domestication and Exploitation of Plants and Animals*, Duckworth London, 331-335
- Busson F. (1965). Plantes alimentaires de l'ouest africain. Etude botanique, biologique et chimique. Leconte, Marseille, 568 p.

## C

- Campbell B.M. (1986). The importance of wild fruits for peasant households in Zimbabwe, FAO Rome, *Food and nutrition*, 12(1): 38-44.
- Cândido F.G., Pereira E.V. & Alfenas R.C.G. (2013). Use of the Glycemic Index in Nutrition Education. *The Revista de Nutrição*, 26: 89-96
- Canon F. (2010). Contribution de la spectrométrie de masse à l'étude des interactions entre les protéines salivaires riches en proline et les tanins. Thèse de Doctorat en Biochimie et Biologie Moléculaire, Ecole doctorale: Sciences des Procédés - Sciences des Aliments. Montpellier SupArgro, Franc, 264 p..
- Capaldi D.M., Kim H.K. & Shorft J.W. (2007). Observed initiation and reciprocity of physical aggression in young, at-risk couple. *Journal of Family Violence*, 22: 101-111.

## BIBLIOGRAPHIE

- Chadare F., Linnemann A., Hounhouigan J., Nout M. & Van Boekel M. (2009). Baobab food products: a review on their composition and nutritional value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49: 254-274.
- Chevalier A.J. (1906). Les baobabs (*Adansonia*) de l'Afrique continentale. *Bulletin de la société Botanique de France.*, 53: 480-496.
- Chevalier A.J. (1912). Enumération des plantes cultivées par les Indigènes en Afrique tropicale. *Bulletin de la société Nationale d'Acclimatation Française*. 1-5.
- Chung K.T., Wong T.Y., Wei C.I., Huang Y.W. & Lin Y. (1998). Tannins and human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38: 421-464.
- Cissé I. (2012). Caractérisation des propriétés biochimiques et nutritionnelles de la pulpe de baobab des espèces endémiques de Madagascar et d'Afrique continentale en vue de leur valorisation. Thèse, Ecole doctorale : Sciences des Procédés-Sciences des Aliments. Montpellier Supargro, France. 6-77.
- Cissé M., Sakho M., Dornier M., Diop C., Reynes M. & Sock O. (2008). Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar. *Fruits*. 64 : 19-34.
- Clarins (2011). L'herbier de Clarins [enligne]. Disponible sur : <http://fr.clarins.com/webapp/wcs/stores/servlet/HerbarumView,stored=10001&cataloglg=10203&langld=2&index=T&ignoreClarinsAndMe=true&section=&subSection=> (consulté le 25.09.2017).
- Coe F.L., Evan A. & Worcester E. (2005). Kidney stone disease. *Journal of Clinical Investigation*, 115(10): 2598-2608.
- Codjia C., Fonton K., Assogbadjo A. & Ekué M. (2001). Le baobab une espèce à usage multiple au Bénin. Cent. Int. D'Ecolo. Dév. Intgr. CECODI,CBDD, VECO, SNV, FFSA, Cotonou- Bénin, 45 p
- Codjia J., Assogbadjo A. & Ekué M. (2003). Diversité et valorisation au niveau local des ressources forestières alimentaires végétales du Bénin *Cahiers Agricultures.*, 12 : 321-331.
- Cook B.I., Miller R.L. & Seager R. (2009). Amplification of the North American "Dust Bowl" drought through human induced land degradation. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 106: 4997-5001.
- Coronel R.E. & Verheij E.W.M. (1991). *Tamarindus indica L.* In: Plant Resources of South East Asia, Wageningen, Pudoc. No 2. Edible fruits and nuts. (Eds), PROSEA Foundation, Bogor, Indonesia, 298-301.

## BIBLIOGRAPHIE

Coulibaly M. (2018). Analyse Socio-économique et de consommation de l'akpi en Côte d'Ivoire, influence des techniques traditionnelles de production des amandes sur les paramètres physico-chimiques et nutritionnels de l'amande, du tourteau et de l'huile de *Ricinodendron heudelotii*. Thèse de Doctorat des Sciences et technologies des aliments (STA), spécialité : Biochimie et Technologie des aliments. Université Nangui Abrogoua-Abidjan Côte d'Ivoire, 169 p.

### D

Dagnelie P. (1986). Analyse statistique à plusieurs variables. Belgique: les presses agronomiques de Gembloux. *Gembloux*, 362 p.

Day R. & Underwood A. (1986). Quantitative analysis 5<sup>th</sup>. ed. In Prentice-Hall Publication, Upper Saddle River, 701 p.

DeCaluwé E., De Smedt S., Assogbadjio A., Samson R. & Van Damma P. (2009). Ethnic differences in use value and use patterns of baobab (*Adansonia digitata* L.) in northern Benin. *African Journal of Ecology*, 47(3): 433-440.

DeCaluwé E., Halamova K. & Van Damma P. (2010). *Tamarindus indica* L. A Review of traditional use. *Phytochemistry and Pharmacology*, 38 p.

Delisle H., Bakari S., Gevry G., Picard, C. & Ferland, G. (1997). Teneur en Provitamine A de feuilles vertes Traditionnelles du Niger. *Cahiers Agricultures*. 6(8) : 553-560.

Déprez S., Mila I., Huneau J., Tomé D. & Scalbert A. (2001). Transport of proanthocyanidin dimer and polymer across monolayers of human intestinal epithelial Caco-2 cells. *Antiox Redox Signal*, 3: 957-967.

Dhuique-Mayer C. (2007). Evaluation de la qualité nutritionnelle des jus d'agrumes : estimation *in vitro* de la Biodisponibilité des Caroténoïdes. Thèse de Doctorat, Ecole doctorale : Sciences des Procédés- Sciences des aliments. Université de Montpellier II Sciences et Technique du Languedoc, France, 114 p

Diallo B.O. (2001). Biologie de la reproduction et Evaluation de la diversité génétique chez une légumineuse : *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae). Thèse Université Montpellier II. Sciences et Technique du Languedoc, 6 : 853-860.

Diallo B.O, Joly H.I, Mckey D., Hossaert Mckey M. & Chevallier M.H., (2007). Genetic diversity of *Tamarindus indica* L. populations: any clues on the origin from its current distribution. *African Journal of Biotechnology*, 6(7): 853-860.

## BIBLIOGRAPHIE

- Diawara B., Traoré Z. & Son G. (2004). Décorticage mécanique des graines de Néré. In valorisation technologique et nutritionnelle du Néré ou *Parkia biglobosa* (Jacq) benth : une espèce agrofoesterie. Diawara B et Jakobsen M. (eds), ISSN 0796-6954 DANIDA6KVL6CNRST/RSAT, 145-150.
- Dilworth L.L., Brown K.J. & Asemota H.N. (2013). Bioavailability of Essential Minerals from Staples Commonly Consumed in the Tropics. *Journal of Food Research*, 2: 83-91.
- Diop A., Sakho M., Dornier M., Cissé M. & Reynes M. (2005). Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.): principales caractéristiques et utilisations. *Fruits*, 61 : 55-69.
- Djaha A. & Gnahoua G.M. (2014). Contribution à l'inventaire et à la domestication des espèces alimentaires sauvages de Côte d'Ivoire: Cas des Départements d'Agboville et d'Oumé. *Journal of Applied Biosciences*, 78: 6620-6629.
- Donovan G.A., Dohoo L.R., Montgomery D.M. & Bennet F.L. (1998). Calf and disease factors affecting growth in female Holstein calves in Florida, USA. *Preventive Veterinary Medicine*, 33: 1-11.

## E

- Eleazu C.O., Okafor P.N., Amajor J.A.F., Ikpeama A. I. & Eleazu K.C. (2011). Chemical composition, antioxidant activity, functional properties and inhibitory action of unripe plantain (*M. Paradisiacae*) flour. *African Journal of Biotechnology*, 10: 16948-16952.
- EL-Siddig K., Gunasena H.P.M., Prasad B.A., Pushpakumara B.K.N.G., Ramana, K.V.R., Viyayanand P. & Williams J.T. (2006). Fruits for the Future 1- Revised edition– Tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Monograph*, 188 p.
- Emaga H.T., Wathelet B. & Paquot M. (2008). Changements texturaux et biochimiques des fruits du bananier au cours de la maturation. Leur influence sur la préservation de la qualité du fruit et la maîtrise de sa maturation. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12 : 89-98.

## F

- FAO/OMS (1998). Carbohydrate in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Paper 66, Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates, 14-18 April, Food and Nutrition Paper, FAO, Rome, 139-140.

## BIBLIOGRAPHIE

- Favier J.C., Ireland-Rippert J., Laussucq C. & Feinberg M. (1993). Répertoire général des aliments Table de composition des fruits exotiques fruits de cueillette d'Afrique. Paris France Lavoisier, 3 : 243 p.
- Favier J.C. (1995). Répertoire général des aliments. Paris, INRA, CNEVA, CIQUAL, TEC & DOC, 277 p.
- Feungchan S., Yimsawat T., Chindaprasert S. & Kitpowsong P. (1996). Tamarind (*Tamarindus indica* L), Plant genetic resources in Thailand. *Thailand Journal of Agricultural Science*, 1: 1-11.'
- Foster-Powell K., Holt S.H. & Brand-Miller J.C. (2002). International table of glycemic index and glycemic load value. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 5-56
- François M. (1993). Transformer les fruits tropicaux. In *Guide technique, GRET*. Paris, France, 77 p.
- Franke A.A., Cooney R.V., Henning S.M. & Custer L.J. (2005). Bioavallability and antioxidant effects of orange juice components in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 5170-5178.

## G

- Gahler S., Otto K. & Bohm V. (2003). Alterations of Vitamine C, Total Phenolic, and Antioxidant Capacity as Affected by Processing Tomatoes to Different Products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 7962-7968.
- Garg P., Carie M.S., Jerzy M. & Peter M.J.B. (2005). Proliferating Cell Nuclear Antigen Promotes Translesion Synthesis by DNA Polymerase zeta. *Journal of Biological Chemistry*, 250(25): 23446-50
- Gautier-Béguin D. (1989). *Bombax buonoporensis* Beauv et *Salacia owobiensis* Hoyle, deux espèces des plantes de cueillette utilisées dans l'alimentation des villageois de Zougoussi, en Côte d'Ivoire Centrale. *Bulletin de la Société. Botanique de France*, 136(3-4) : 45-52.
- Gautier-Béguin D. (1990). Inventaire des plantes de cueillette à utilisation alimentaire dans le Sud du V-Baoulé. Côte d'Ivoire. Mitt. Inst. Allgemeine Bot. Hambourg, 23b : 926-934.
- Gautier-Béguin D. (1992). Etude ethnobotanique des plantes de cueillette alimentaires dans un village du Sud du V-Baoulé (Côte d'Ivoire Centrale). Thèse de doctorat ès Sciences Technique. Mention biologique. Université de Genève, Suisse, 368 p.

## BIBLIOGRAPHIE

- Gebauer J., El-Siddig K. & Ebert G. (2002). Baobab (*Adansonia digitata* L): a review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. *Gartenbauwissenschaft*, 67(4): 155-160.
- George S., Brat P., Alter, P. & Amiot M. (2005). Rapid determination of polyphénols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53: 1370-1373.
- Getahun A. (1974). The role of wild plants in the native diet in Ethiopia. *Agro-Ecosystem*, 1: 45-56.
- Giffard P.L. (1974). L'arbre dans le paysage Sénégalais. Sylviculture en zone tropicale sèche. Dakar, Centre technique forestier tropical, 431 p.
- Gill L.S. (1992). Ethno medical uses of plants in Nigeria. University of Benin, Benin City Nigeria, 1-268.
- Gissing R. (2003). Les vitamines dans les jus de fruits. In *les fruits dans les industries alimentaires*. C. Bourgeois, editor. Paris : Tec & Doc, Lavoisier, 388 p.
- Glew R., Van der Jagr D., Laeken C., Grivetti L., Smith G., Pastuszyn A. & Millson, M. (1997). Amino acid fatty acid and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. *Journal of food Composition and Analysis*, 10: 205-217.
- Goswami B. & Borthakur A. (1996). Chemical and biochemical aspects of developing culinary banana (*Musa ABB*) "Kachkal". *Food Chemistry*, 55: 169-172.
- Grivetti L., Frentzel C.J., Ginsberg K.E., Howel K.L. & Ogle B.M. (1987). Bush foods and edible weeds of agriculture; perspectives on dietary use of wild plants in Africa, their role in maintaining human nutritional status and implications for agricultural development. In: Akhtar, R. (ed): Health and disease in tropical Africa. Harwood, London, 51-81.
- Grollier C., Debien C., Domier M. & Reynes M. (1998). Principales caractéristiques et voies de valorisation du tamarin, *Fruits*, 53(4) : 271-280.
- Grovel R. (1993). Le tamarinier *Tamarindus indica* L. (Caesalpiniacées). *Flamboyant*, 27 : 33-35.
- Guinko S. (1988). Choix de quelques espèces ligneuses spontanées pour les programmes d'alimentation génétique et de reforestation. Séminaire régional sur les semences forestières. Ouagadougou, Burkina Faso, 1-26.
- Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971). La végétation. In : le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire no 50 Paris: *ORSTOM*, 161-262.

## BIBLIOGRAPHIE

Gustad G., Dhillon S. & Sidibé D. (2004). Local use and cultural and economic value of products from trees in the parklands of the municipality of Cinzana, Mali. *Economic Botany*, 58: 578-587.

## H

Habtumu F., Fekadu B. & Gullelat D., (2013). Effect of Traditional Processing Methods on Nutritional Composition and Anti-nutritional Factors of Anchote (*Coccinia Abyssinica lam. Cogn*) Tubers Grown in Western Ethiopia. *Food Processing & Technology*, 4: 1-8.

Haddad C. (2000). Fruitiers sauvages du Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Montpellier I, Montpellier, France, 372 p.

Hagerman A.E., Riedl K.M., Jones G.A., Sovik, K.N., Ritchard N.T.; Hartzfeld P.W. & Riechel T.L. (1998). High molecular weight plant phenolics (tanins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 1887-1892.

Hagos T.H. (1962). "A Revision of the Genus *Parkia* R.Br. (Mim) in Africa" In: *Acta Botanica Neerlandica*, 11: 231-265.

Hall J.B., Thomlinson D. & Thiombiano H.F., Oni P.I., Buchy M. & Aebischer D.P. (1997). A monograph of *Parkia biglobosa*. School of Agricultural and Forest Sciences Publication N° 9, Bangor, University of Wales, 107 p

Harmon S.M., Kanter D.A. & Peeler J.T. (1971). Comparison of media for the enumeration of *Clostridium perfringens*. *Applied Microbiology*, 21: 922-927.

Hasan S.K. & Ijaz S. (1972). Tamarind- A review. *Science Industriy (Karachi)*; 9(3&4): 131-137

Hassan L.G., Umar J.K., Danggogo S.M. & Maigandi A.S. (2011). Anti-nutrient composition and bioavailabilty prediction as exemplified by calcium, iron and zinc in *Melocia corchorifolia* leaves. *Paskistan Journal Nutrition*, 10: 23-24.

Hätönen K.A, Virtamo J. & Eriksso J.G. (2011). Protein and fat modify the glycaemic and insulinaemic responses to a mashed potato-based meal. *British Journal of Nutrition*; 106: 248-253.

Henry C.J.K., Woo J., Lightowler H.J., Yip R., Lee R., Hui E., Shing S., Seyoum T.A., (2003). Use of natural food flavours to increase food and nutrient intakes in hospitalized elderly in Hong Kong. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4): 321-327.

## BIBLIOGRAPHIE

- Herzog F.M. (1992). Etude biochimique et nutritionnelle des plantes alimentaires sauvages dans le Sud du V-Baoulé, Côte d'Ivoire. Thèse Ecole polytechnique Fédérale de Zurich (Suisse), 122 p.
- Hii C.L., Law C., Suzannah S., Misnawi S.J. & Cloke M. (2010). Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao L.*). *Asian Journal of Food and Ag-Industry*, 2: 702-722.
- Hopkins H.C. (1983). The taxonomy, reproductive biology economic potential of *Parkia* (Leguminosae Mimosoideae) in Africa and Madagascar Botanical. *Journal of the Linnean Society*, 87: 135-167.
- Hopkins H.C. (1986). *Parkia* (Leguminosae: Mimosoideae). *Flora Néotropica Monograph*. 43: 1-124.
- Hopkins H.C. & White F. (1984). The ecology and chronology of *Parkia* in Africa. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, 54: 235-266.
- Houston M.C. & Harper K.J. (2008). Potassium, magnesium and calcium: their role in both the cause and treatment of hypertension. *Journal of Clinical Hypertension* (Greenwich), 10:3-11.
- Hsiao C. & Siebert K. (1999). Modeling the inhibitory effects of organic acids on bacteria. *International Journal of Microbiology*, 45: 189-201.
- Huet R. (1958). Composition chimique de l'ananas, *Fruit*, 13(5): 186-193.

## I

- Ibiyemi S., Abiodun, A. & Akanji S. (1988). *Adansonia digitata*, *Bombax* and *Parkia filicoideae* Welw. Fruit pulp for the Soft Drink Industry. *Food chemistry*, 28, 111-116.
- Inibap (2001). Annual rapport (2001). International network for improvement of banana and banana plantain, Montpellier, France, 24 p.
- ISO (International Standards Organization) 26642: (2010). Food products - Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification. Published 2010-09-23. Disponible sur [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm) csnumber = 43633, Consulté le 4 Février 2017.
- Itodo A.U. & Atiku F.A. (2011). Proximate, minerals and anti-nutritional factors of *Gardenia aqualla* (*Gauden dutse*) fruit pulp. In *Parkistan, Journal of Nutrition*, 10(6): 577-581.

## BIBLIOGRAPHIE

### J

- Jenkins D.J., Wolever T.M., Taylor R.H., Barker H., Fielden H., Baldwin J., Bowling A.C., Newman H.C., Jenkins A.L. & Goff D.V. (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition.*, 34(3): 362-366.
- Johnson J.R., Braddock R.J. & Chen C.S. (1995). Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: experimental rate constants. *Journal of Food Science*, 60: 502-505.

### K

- Kalergis M., De Grandpre E. & Andersons C. (2005). The Role of the Glycemic Index in the Prevention and Management of Diabetes: A Review and Discussion. *Canadian Journal of Diabetes*, 29: 27-38.
- Karacdeniz F. (2004). Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. *Journal of Agriculture and forestry*, 28: 267-271.
- Keay R.W.J. (1958). *Parkia*, Dans Flora of West Tropical Africa. Crow Agents, London, 2nd ed. 1, 487.
- Kenne F. (1994). Contribution à l'étude de l'activité anti diarrhéique de la pulpe de fruit d' *Adansonia digitata* L. (*Bombacaceae*). Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 90 p.
- Kerharo J. & Adam J. (1974). La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 21(1-3): 76-77.
- Ki G. (1994). Etude socio-économique de la gestion de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. BR.ex G. Don (Néré) au Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural (Eau et Forêts), Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 146 p.
- Klopotek Y., Otto K., Bohm V. (2005). Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 5640-5646.
- Kouamé C.A. (2016). Composition Biochimique, Index glycémique et Charge glycémique de quelques mets traditionnels de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat des Sciences et technologies des aliments (STA), spécialité : Biochimie et Technologie des aliments. Université Nangui Abrogoua-Abidjan Côte d'Ivoire, 132-145.

## BIBLIOGRAPHIE

- Kouamé C.A., Kouassi N.K., Abodo J.R.F., Kingsley Kwadwo Asare Pereko, Maria Cristina Casiraghi, N'dri, D.Y. & Amani G.N. (2017). Glycemic Responses, Glycemic Index, and Glycemic Load Values of Some Street Foods Prepared from Plantain (*Musa spp*, AAB Genome) in Côte d'Ivoire. *Foods*, 6(83): 9-10.
- Kouamé N.M.T., Gnahoua G.M., Konan E.K. & Traoré D. (2008). Les plantes spontanées alimentaires de la région du Fromager (Gagnoa): Flore, habitats et organes consommés. *Sciences & Nature*, 5(1) : 61-70.
- Kouamé N.M.T., Soro K., Mangara A., Diarrassouba N., Coulibaly, A.V. & Boraud, N.K. M. (2015). Etude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 90 : 8450-8463.
- Kouassi N. K., Tiahou G. G., Abodo J. R. F., Camara-Cissé M. & Amani G. N. (2009). Effect of variety and cooking method on glycemic index of yam. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7): 993-999.
- Kouassi A.K., Kouassi N.K., Beugré M.A.G., N'dri D.Y., Amani G.N. & Gnakri D. (2018a). Glycemic Index and Glycemic Load of juice from Edible Wild Fruits «*Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* and *Parkia biglobosa*» consumed in Côte d'Ivoire. *Journal of Biosciences and Medicine*, 6: 63-74.
- Kouassi A.K., Beugré M.A.G., Kouassi N.K., N'dri D.Y., Amani G.N. & Gnakri D. (2018b). Biochemical Characterization of Juices from Three Wild Fruit Species Consumed in Côte d'Ivoire “*Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa* and *Tamarindus indica*”. *Open Sciences Journal*, 3(4): 1-11.
- Kumar G.S., Nayaka H., Dharmesh S.M. & Salimath P.V. (2006). Free and bound phenolic antioxidant in amla (*Emblic officinalis*) and turmeric (*Curcuma longa*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 446-452.

## L

- Lauverjat F., Pennequin V. & Fontaine R. (2005). Vieillesse et raisonnement: une approche multifactorielle. *L'Année Physiologique*, 105(2) : 225-247.
- Le Bellec F., Judith R., Dijoux S. & Schröder A. (1997). La pitahaya à l'île de la Réunion un nouveau fruit bien séduisant. *Fruitrop*, 41: 17-18.
- Lee K. M., Herman T. J., Lingenfelter J. & Jackson D. (2005). Classification and prediction of maize hardness-associated properties using multivariate statistical analyses. *Journal of Cereal Sciences*, 41: 85-93.

## BIBLIOGRAPHIE

- Leger S. (1977). The Hidden Gifts of Nature a Description of Today's Use of Plants in West Bushmanland Namibia In German Development Service. Windhoek (Ed).
- Leong Pock J. & Lumaret R. (2010). Complexité de la biodiversité à Madagascar: exemple des baobabs. *Scripta Botanica Belgica*, 46: 358.
- Lockett C., Calvert C. & Grivetti L. (2000). Energy and micronutrient composition of dietary and medicinal wild plants consumed during drought. Study of rural Fulani, Northeastern Nigeria. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51(3): 195-208.
- Luckow M. & Hopkins H.C. (1995). A cladistics analysis of Parkia (Legumineuse Mimosoideae). *American Journal of Botany*, 82: 1300-1320.
- Luckow M. (2005). Mimoseae. In: Lewis G., Schrire B., Mackinder B. & Lock M. (eds) Legumes of the world. RBG Kew, 163-183.

## M

- Mahan M.R., Konan N.Y., Sidibe D., Deigigna-Mochey V., Coulibaly A., Ezoua P. & Godi, H.M. (2017). Sensory Analysis of Porridges Processed from Flours of Palmyra New Shoots Enriched with Powders of *Moringa oleifera* Leaflets and *Vigna unguiculata* Beans. *Biotechnology Journal international*, 18(3): 1-11.
- Maïga A. (1987). L'arbre dans les systèmes agro forestiers traditionnels dans la province de Bazéga. Influence du karité, du néré et de l'Acacia albida sur le Sorgho et le mil. Mémoire IRD. IRBET-CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso, 84 p.
- Malaisse F. & Parent G. (1985). Edible wild vegetable product in the in the Zambezi woodland area: a nutritional and ecological approach. *Ecology of Food and Nutrition* 18(1): 43-82.
- Maundu P., Ngugi G. & Kabuye C. (1999). Traditional Food Plants in Kenya, Kenya, Nairobi: *National Museums of Kenya Nairobi*, 270 p.
- Meda A., Lamien C.E., Romito M., Millogo J. & Nacoulma O.G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91: 571-577.
- Meilgaard M.C., Vance Civille G. & Carr B.T. (2003). Sensory evaluation techniques. CRC Press, Boca Raton, London and New York, 448 p.
- Mendoza R. (2004). Revised International Table of Glycemic Index (GI) and Glycemic Load (GL) Values-2002. [en ligne]. .73p .Disponible sur <http://diabetes.about.com/library/mendosagi/ngilists.htm>, Consulté le 15/08/2017.

## BIBLIOGRAPHIE

- Mensah J.K., Okoli R.I., Ohaju-Obodo J.O. & Eifediyi K. (2008). Phytochemical, nutritional and medical properties of some leafy vegetables consumed by Edo people of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7(14): 2304-2309.
- Merceron F. (1997). Le tamarinier et ses sous-produits. Ingénieur ESAT 2 systèmes agricoles, 92(1) : 85-91.
- Mialet-Serra I., Clément A., Sonderegger N. & Dingkuhn M. (2005). Assimilate storage in vegetative organs of coconut (cocos nucifera). *Experimental Agriculture*, 41(2): 161-174.
- Miller N.J. & Rice-Evans C.A. (1997). Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS. + Radical cation assay. *Free Radical Research*, 26: 195-199.
- Mojeremane W. & Tshwenyane, S.O. (2004). *Azanza garckeana*: A valuable edible indigenous fruit tree of Botswana. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3: 264-267.
- Morton J. (1987). Tamarind (*Tamarindus indica*), in: Fruits of warm climates, Julia F. Morton, Miami, FL, U.S.A., 115-121.
- Mossion A. (2007). Etude de la composition minérale et organique des liqueurs de Thé et leurs caractéristiques organoleptique : Influence des paramètres physicochimiques de l'eau. Thèse de Doctorat de Sciences de la Matière option Agro ressource. Université de Toulouse, France, 204 p.
- Muangthai P. & Nookaew P. (2015). Monitoring on Some Organic Acids in Fresh and Processed Rural Plant Leaves in Thailand. *Asian Journal of Natural and Applied Sciences*, 4(1): 82-89.
- Mullen W., Marks S.C. & Crozier A. (2007). Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and drinks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 3148-3157.
- Mulin L. (2003). The Australian baobab. *Newsletter of Tree Society of Zimbabwe*, 9-14.
- Munier P. (1973). Le jujubier et sa culture. *Fruits France*, 28(5): 377-388.
- Murray S., Schoeninger M., Bunn H., Pickering T. & Marlen J. (2001). Nutritional composition of some Wild plant foods and honey used by hadza foragers of Tanzania. *Food Composition and Analysis*, 13: 1-11.
- Murphy N., Norat T., Ferrari P, Jenab M, Bueno-de-Mesquita, B. & Skeie G. (2012). Dietary Fiber Intake and Risks of Cancers of the Colon and Rectum in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *PLoS ONE*, 7(6): 39361

N

## BIBLIOGRAPHIE

- N'dri P. (1986). Contribution à l'étude de quelques plantes alimentaires spontanées de la région de Divo (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA d'Ecologie tropicale Option : Végétale. Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale Abidjan Côte d'Ivoire, 65 p.
- N'dri Y.D. (2010). Potentialités nutritionnelles et antioxydantes de certaines plantes alimentaires spontanées et de quelques légumes et céréales cultivés en Côte d'Ivoire. Doctorat en Science et technologie Alimentaire. Università Degli Studi Di Parma Facoltà Di Agraria, Italie, 112 p.
- Nikiéma A. (1993). Regeneration of *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G. Don in an agroforestry system. A pilot study in Burkina Faso. MSc thesis Tropical Forestry. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 42 p.
- Nour A., Magbou I. & Kheiri N. (1980). Chemical composition of baobab fruit (*Adansonia digitata* L.). *Tropical Science*, 22(4): 383-388.
- O.**
- Okigbo B.N. (1977). Neglected Plants of horticulture and nutritional importance in traditional farming systems of tropical Africa. *Acta Horticulturae*, 53: 131-150.
- Okoh P.N. (1984). An assessment of the protein, mineral and vitamin losses in sun-dried Nigerian vegetables. *Nutrition Reports International*, 29(2): 359-364.
- Olivieira J.S. & DeCarvalho M.F. (1975). Nutritional value of some edible leaves used in Mozambique. *Economic Botany*, 29: 255-263.
- OMS (1985). Besoins énergétiques et besoins en protéines. Rapport de consultation conjointe d'experts FAO/OMS/UNU. Genève, 723-724.
- Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R. & Anthony S. (2009). Base de données Agroforestry: guide de référence et de sélection d'arbres. *Agroforestry Data Base*, 4 : 1-5.
- Osman M.A. (2004). Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit and seed protein solubility. *Plant foods for Human Nutrition*, 59(1) : 29-33.
- Ouattara K. (2011). Essai de production de nectar de pulpe de néré (*Parkia biglobosa* L.) et sa caractérisation. Mémoire de fin d'études pour l'obtention de la Licence Professionnelle en Agroalimentaire, 50 p.
- Ouédraogo A.S. (1995). *Parkia biglobosa* (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest: Biosystématique et amélioration. *Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO)*, Wageningen, Netherlands, 205 p.

## BIBLIOGRAPHIE

Ouédraogo M., Raebild A., Nikiema A. & Kjaer E.D. (2012). Evidence for important genetic differentiation between provenances of *Parkia biglobosa* from the Sudano-Sahelian zone of West Africa. *Agroforestry Systems*, 85: 489-503.

### P

Pai M.L. (1957). Influence of cooking on the nutritional value of foods. II. Riboflavin, nicotinic-acid and ascorbic-acid content of some cooked foods. *Indian Journal of Medical Research*, 45:635-643.

Partrut A., Von Reden K., Lowy D., Albert A., Pohlman J., Wittmann R., Gerlach, D., Xu L. & Mitchell C. (2007). Radiocarbon dating of a very large African Baobab. *Tree Physiology*, 27(11): 1569-1574.

Pascal C. (2006). Etude des interactions des tanins du raisin et du vin blanc avec les protéines riches en proline : Aspects moléculaires et colloïdaux. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 222 p.

Pedneault K., Leonharts A., Gosselin A., Ramputh A. & Arnason J.T. (2001). Influence de la culture hydroponique de quelques plantes médicinales sur la croissance et la concentration en composés secondaires des organes végétaux. Texte de conférence. Canada, 1-5.

Penchev P. I. (2010). Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, 205 p.

Peri C., Pagliarin E. & Pierucci S. (1988). A Study on optimizing heat treatment of milk. *Pasteurisation Milchwissenschaft*, 43: 636-639.

Poupon J. & Chauvin G. (1983). Les arbres de la Martinique, In ONF, ed. *Direction régionale pour la Martinique*, 256 p.

Prasanna V., Prabha T.N. & Tharanathan R.N. (2007). Fruit Ripening Phenomena-An Overview. *Food Sciences and Nutrition*, 47: 1-19.

### R

Rivière R. (1977). Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. *Ministère de la Coopération et du Développement* (Paris), 522 p.

Rodrigues R.B., De Menezes H.C., Cabral L.M.C., Dornier M. & Reynes M. (2001). An amazonian fruit with a high potential as natural source of vitamin C: the camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Fruits*, 56: 345-354.

## BIBLIOGRAPHIE

Roman O. (1998). New multicentric studies in hypertension. *Revista de Chile*, 126(10): 1238-1246.

### S

Sacandé M. & Clethero C. (2007). Seed leaflet. N° 124, 2 p.

Salim A.S., Simon A.J., Waruhiu A. & Orwa C. (1998). Agroforestry Tree Database: A tree species reference and selection guide and tree seed supplier's directory. International Council for Research in Agroforestry, PO Box 30677, Nairobi, Kenya.

Salmerón J., Ascherio A., Rimm E.B., Colditz G.A., Spiegelman D., Jenkins D.J., Stampfer M.J., Wing A.L. & Willett W.C. (1997a). Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care*, 20: 545-550.

Samaha F.F., Iqbal N., Seshadri P., Chicano K.I., Daily D.A. & McGrory J. (2003). A low-carbohydrate as compared with a low fat diet in severe obesity. *New England Journal of Medicine*, 348: 2074-2081.

Sami-Manchado P. & Cheynier V. (2006). Les polyphénols en agro-alimentaire. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 398 p.

Satabié B. (1989). Biosystématique et vicariance dans la flore Camerounaise: cas de quelques espèces arborescentes, écophylétiques. Thèse Doctorale. Science et Nature., Université de Yaoundé, 299 p.

Savonnet G. (1980). L'arbre, le fruit et le petit berger Lobi. Cah. *O.R.S.T.O.M. Science of Human*, 17(3-4) : 227-234.

Scalbert A. & Williamson G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, 130: 2073S-2085S.

Scalbert A., Duval L., Peng S. & Monties B. (1990). Polyphenols of *Quercus robur* L. II Preparative Isolation by Low-Pressure and High-Pressure Liquid Chromatography of Heartwood Ellagitannin. *Journal of Chromatography*, 502: 107-119.

Scheuring J., Sidibé M. & Figg M. (1999). Malian agronomy research identifies local baobab tree as source of vitamin A and vitamin C. *Sighr of life Newslever*, 1: 21-24.

Schwartz C., Issanchou S. & Nicklaus, S. (2009). Developmental changes in acceptance of the five basic tastes in the first year of life. *British Journal of Nutrition*, 1-11.

Seignobos C. (1979). Stratégie de suivi dans les économies de razzies. Université de Tchad, 36 p.

## BIBLIOGRAPHIE

- Sena S., Vander Jagt D., Rivera C., Tsin A., Muhamadu L., Mahamadou O., Mllson M., Pastuszyn A. & Glew H. (1998). Analysis of nutritional compenents of eight famine foods of the Republic of Niger. *Plant foods for Human Nutrition*. 52: 17-30.
- Seymour G.B. (1993). Banana. *In*: Seymour G.B., Taylor, J.E. and Tucker, C.A. (eds) *Biochemistry of fruit Ripening*. Chapman and hall, News York, 83-106.
- Shankarachaya N.B. (1998). Tamarind, Chemistry, Technology and Uses a critical appraisal. *Journal of Food Technology*, 35(3): 193-208.
- Shao M. (2000). *Parkia biglobosa*: Changes in resource allocation in Kandiga, Ghana. MSc thesis. Michigan Technical Universitty, 106 p.
- Sharma S.B., 1983. Studies on the cracking of litchi fruit. Ph.D. thesis, Punjab Agriculture University, Ludhiana
- Shen S.S., Callaghan D., Juzwik C., Xiong H.Q., Huang P.L. & Zhang W.D. (2010). ABCG2 reduces ROS-mediated toxicity and inflammation: A potential role in Alzheimer's disease. *Journal of Neurochemistry*, 114: 1590-1604.
- Sidibé M., Scheuring J., Koné F., Hofman P. & Figg M. (1998). More on Baobab's homgrow vitamin C. *Agroforestry Today*, 4(10): 10.
- Sidibé M. & Williams J.T. (2002). *Baobab Adansonia digitata*: Fruits for the future (Vol. 4). Univ. Southampton, UK: International Center for Underutilized Crops (ICUC), 96 p.
- Sina S. (2006). Reproduction et diversité génétique chez *Parkia biglobosa* (Jacq) G. Don. Thèse de PhD. Université de Wageningen, Wageningen Pays Bas. ISBN. 90-8504-361-1, 102 p
- Sina S. & Traoré S.A. (2002). *Parkia biglobosa* (Jacq) R.Br: ExG. Don. Fiche de Protabase. Oyen, L.P.A. et Lemmens, R.H.M.J. (Edition). PROTA. (Plant Ressources of Tropical Africa/ Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas.
- Sillans R. (1961). Les plantes utiles du Gabon essai d'inventaire et de concordance des noms vernaculaires et scientifiques des plantes spontanées et introduites description des espèces propriétés utilisations économiques, ethnographiques et artistiques. *In* : P. Lechevalier (Ed), préf de Jean-L Trochain. Paris: André Raponda-Walker et Roger Sillans, 614 p.
- Sizaret A. (1972). Le déficit fruitier au Niger. *Fruits*, 27(6) : 485-488.
- Soloviev P., Niang T., Gaye A. & Totte A. (2004). Variabilité des caractères physico-chimiques des fruits de trois espèces ligneuses de cueillette, récoltés au Sénégal: *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca* et *Tamarindus indica*. *Fruits*, 59 : 109-119.

## BIBLIOGRAPHIE

- Soro L.C., Ocho A.L., Kouadio K.K., Kouamé A.C. (2012). Evaluation de la composition nutritionnelle des légumes-feuilles. *Journal of Applied Biosciences*, 51: 3567-3573.
- Souci S.W., Frachmann W. & Kraut H. (2000). Food composition and nutrition tables. Stuttgart: CRC Press, Medpharm, Scientific Publishers, 6<sup>th</sup> revised edition.
- Suryanarayana M.V., Suresh J. & Rajassekhar M.V. (2012). Organic acids in swine feeding. *A review Agricultural Sciences Research Journal*, 2(9): 523-533.

## T

- Tchiegang C. & Kitikil A. (2004). Données ethno nutritionnelles et caractéristiques physico-chimique des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicicultura*, 22(1), 11-18.
- Téhé H. (1980). Utilisations des plantes chez les Guérés et chez les Oubis (Côte d'Ivoire). *Centre O.R.S.T.O.M.*, Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, 40 p.
- Téhé H. (1986). Utilisations des ressources forestières chez les Guérés et les Oubis (Côte d'Ivoire). *Banco* (Côte d'Ivoire), 4: 26-30.
- Thoulon-Page C. (1995). Nutriments, aliments et technologies alimentaires. *SIMEP*, 11-37
- Tindall H. (1965). Fruits and vegetables in West Africa, with a chapter by Florence A. Saï; Fao, Rome, 259 p.
- Tomlinson H., Traoré A. & Teklehaimanot Z. (1988). An investigation of the root distribution of *Parkia biglobosa* in Burkina Faso, West Africa, using a logarithmic spiraltrench. *Forest Ecology and Management*, 107: 173-182.
- Toury J., Giorgi R., Favier J.C. & Savina J.F. (1965). Aliments de l'Ouest Africain. Tables de composition. Dakar, Sénégal: Organisme de coordination de coopération pour la lutte contre les grandes endémies (OCCGE). Organisme de recherches sur l'alimentation et la nutrition africaines (ORANA), 262 p.
- Tubiana M. J. (1969). Pratique actuelle de la cueillette chez les Zaghawa du Tchad. *Journal. Agriculture Traditionnelle et Botanique Appliquée*, 16(2/5) : 4-83.

## V

- Van Den Broeck I., Ludikhuyze L., Weemaes C., Van Loey A. & Hendrickx M. (1998). Kinetics for isobaric-isothermal degradation of L-ascorbic acid. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 2001-2006.
- Venn B.J. & Green T.J. (2007). "Glycemic index and Glycemic Load: Measurement Issues and Their Effect on Diet-Disease Relationship," *European Journal of Clinical*

## BIBLIOGRAPHIE

*Nutrition*, Vol. 61, Suppl. 1, 2007, pp. S122- S.E.L. [http:// dx.doi.org/10.1038/dc08-1237/sj.Cjen.1602942](http://dx.doi.org/10.1038/dc08-1237/sj.Cjen.1602942).

Vikram V.B., Ramesh M.N. & Brapulla S.G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69: 31-40.

Von Maydell H.J. (1990). Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Version française, 359-364. G.T.Z., *Eschborn*, 531 p.

### W

Walker (1953). Le baobab au Gabon. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale.*, 33 : 174-175.

Watine J. Friedberg B. & Bouarioua N. (2002). Variables biologiques et stratification des patients atteints de cancer bronchique non à petites cellules non opérés: recommandations pour de futurs essais. *Cancer/Radiothérapie*, 6(4): 209-216.

Wehmeyer A.S. (1971). The nutritional value of some edible wild fruits and plants. In: Claasens, J.W. Potgieter, H.G. (eds): Proteins and food supply in republic of South Africa. Balkeina, Cape Town, 89- 94.

Wehmeyer A. (1996). The nutrient composition of some edible wild fruits found in the Transvaal. *South African Medical Journal*, 40: 1102-1104.

Wickens G. (1982). The baobab. Africa's upside-down tree. *Kew Bulletin*, 4 :: 173-209.

Wolever T.M.S. (2002). Les glucides alimentaires dans le traitement du diabète : importance de la source et de la quantité. Compte rendu des conférences scientifiques de la division d'endocrinologie et du métabolisme. Hôpital St. Michael. *Endocrinologie*, 5: 1-6.

Wolever T.M.S. (2013). Is Glycemic Index (GI) a valid Measure of Carbohydrate quality. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67: 522-531.

Wong S.P., Leong L.P. & Koh, J.H.W. (2006). Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food chemistry*, 99: 775-783.

Wunderlin R.P. (1998). Guide to the vascular plants of Florida Gainesville: *University Press of Florida*, 806 p.

### Y

*BIBLIOGRAPHIE*

Yazzie D., Vanderjagt D., Okolo A. & Glew R. (1994). The amino acid and mineral content of baobab (*Adansonia digitata* L.) leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*. **7**: 189-193.

**Z**

Zhao H.L., Grossman H.B., Hernandez L.M., Dinney C.P. & Wu X. (2007). Dietary isothiocyanates, GSTM1, GSTT1, NAT2 polymorphisms and bladder cancer risk. *International Journal of Cancer*, 120: 2208-2213.

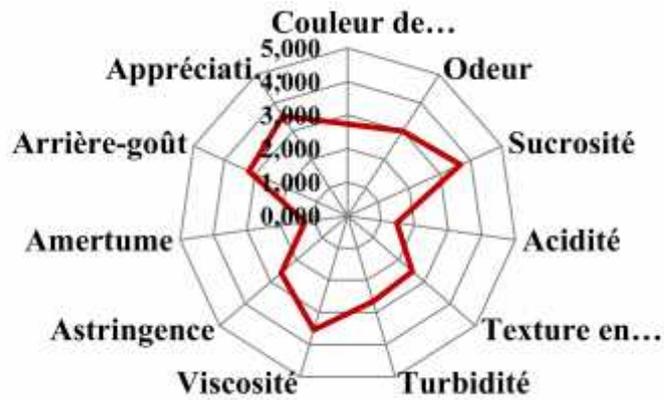
Zhu Q.Y., Zhang A., Tsang D., Huang Y. & Chen Z.Y. (1997). Stability of Green Tea Catechins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(12): 4624-4628.

---

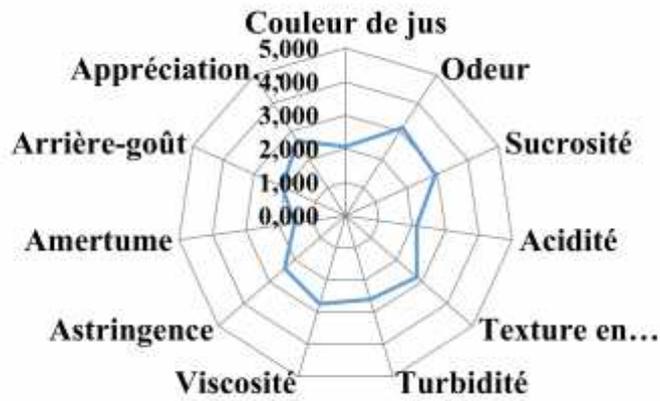
# ANNEXES

---

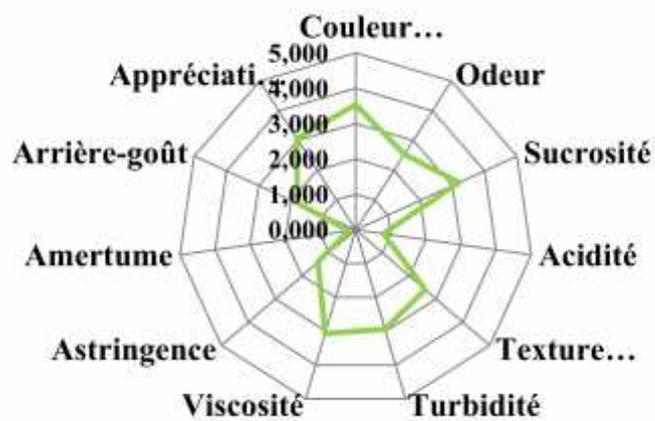
Annexe 1 : Profils sensoriels des nectars de Baobab (A), du Tomi (B) et du Néré (C)



A



B



C

ANNEXES

**Annexe 2 : Matrices de corrélation entre les différents nutriments mesurés dans la pulpe des trois fruits et leur nectar**

**Macronutriments et énergie dans la pulpe des trois fruits**

**Matrice de covariance (Covariance (n-1)):**

Variables	Protéine	Lipide	Mat Sèche	Cendre	Fib totales	Glu totaux	Suc totaux	pH	Ac titrable	Energie
Protéine	<b>1,03427037</b>	-0,137	-2,106	0,647	18,299	-3,668	-21,260	1,330	-75,791	-11,950
Lipide	-0,137	<b>0,18581111</b>	2,669	0,628	-0,501	2,027	2,142	-0,134	6,895	9,530
Mat sèche	-2,106	2,669	<b>38,3507148</b>	8,856	-9,920	29,441	33,756	-2,109	109,768	137,629
Cendre	0,647	0,628	8,856	<b>3,44333333</b>	19,614	4,267	-16,148	1,010	-60,724	26,362
Fib totales	18,299	-0,501	-9,920	19,614	<b>345,715604</b>	-47,266	-383,798	24,003	-1376,729	-120,490
Gl tx	-3,668	2,027	29,441	4,267	-47,266	<b>27,1821778</b>	69,252	-4,330	240,063	115,462
Sucres tx	-21,260	2,142	33,756	-16,148	-383,798	69,252	<b>439,664478</b>	-27,496	1570,364	213,926
pH	1,330	-0,134	-2,109	1,010	24,003	-4,330	-27,496	<b>1,71953704</b>	-98,208	-13,373
Ac titrable	-75,791	6,895	109,768	-60,724	-1376,729	240,063	1570,364	-98,208	<b>5612,18135</b>	727,478
Energie	-11,950	9,530	137,629	26,362	-120,490	115,462	213,926	-13,373	727,478	<b>514,908133</b>

*Mat : Matière ; Fib : Fibre ; Gluc : Glucide ; Suc : Sucre ; Ac : Acide*

Test de sphéricité de Bartlett:

Khi <sup>2</sup> (Valeur observée)	238,511
Khi <sup>2</sup> (Valeur critique)	72,153
DDL	54
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

**Interprétation du test:**

H0 : Il n'y a pas de corrélation significativement différente de 0 entre les variables.

Ha : Au moins l'une des corrélations entre les variables est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative. Ha. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

## ANNEXES

## Micronutriments dans la pulpe des trois fruits

## Matrice de corrélation (Pearson (n))

	Ac mal	Ac tar	Ac cit	Vit A	Vit C	Ac ben	Ac gal	Cat	Cou	Que	Tan	Fla	Ph tx	Oxa	Glu	Sac	Fru	Gal	Ara	Rha
Ac mal	<b>1</b>	-0,995	0,364	-0,900	-0,953	<b>1,000</b>	0,947	-0,495	-0,457	-0,970	-0,952	0,849	<b>-1,000</b>	-0,990	-0,964	<b>-0,999</b>	-0,993	0,736	0,695	0,695
Ac tar	-0,995	<b>1</b>	-0,452	0,938	0,977	<b>-0,997</b>	-0,973	0,409	0,370	0,989	0,977	-0,795	0,992	<b>0,999</b>	0,933	<b>0,999</b>	<b>1,000</b>	-0,668	-0,623	-0,623
Ac cit	0,364	-0,452	<b>1</b>	-0,733	-0,630	0,382	0,645	0,629	0,662	-0,580	-0,631	-0,182	-0,337	-0,492	-0,102	-0,405	-0,472	-0,362	-0,416	-0,416
Vit A	-0,900	0,938	-0,733	<b>1</b>	0,990	-0,908	-0,993	0,067	0,024	0,979	0,990	-0,535	0,887	0,953	0,751	0,919	0,945	-0,368	-0,313	-0,313
Vit C	-0,953	0,977	-0,630	0,990	<b>1</b>	-0,958	<b>-1,000</b>	0,207	0,165	<b>0,998</b>	<b>1,000</b>	-0,649	0,943	0,986	0,837	0,965	0,982	-0,496	-0,444	-0,444
Ac ben	<b>1,000</b>	<b>-0,997</b>	0,382	-0,908	-0,958	<b>1</b>	0,952	-0,478	-0,440	-0,974	-0,958	0,839	<b>-0,999</b>	-0,992	-0,958	<b>-1,000</b>	-0,995	0,724	0,682	0,682
Ac gal	0,947	-0,973	0,645	-0,993	<b>-1,000</b>	0,952	<b>1</b>	-0,188	-0,146	-0,997	<b>-1,000</b>	0,634	-0,937	-0,983	-0,826	-0,960	-0,978	0,479	0,427	0,427
Cat	-0,495	0,409	0,629	0,067	0,207	-0,478	-0,188	<b>1</b>	<b>0,999</b>	0,269	0,206	-0,879	0,520	0,367	0,709	0,456	0,389	-0,952	-0,969	-0,969
Cou	-0,457	0,370	0,662	0,024	0,165	-0,440	-0,146	<b>0,999</b>	<b>1</b>	0,227	0,164	-0,858	0,483	0,327	0,678	0,417	0,349	-0,938	-0,957	-0,957
Que	-0,970	0,989	-0,580	0,979	<b>0,998</b>	-0,974	-0,997	0,269	0,227	<b>1</b>	<b>0,998</b>	-0,695	0,963	0,995	0,870	0,980	0,992	-0,550	-0,500	-0,500
Tan	-0,952	0,977	-0,631	0,990	<b>1,000</b>	-0,958	<b>-1,000</b>	0,206	0,164	<b>0,998</b>	<b>1</b>	-0,648	0,943	0,986	0,836	0,965	0,982	-0,495	-0,443	-0,443
Fla	0,849	-0,795	-0,182	-0,535	-0,649	0,839	0,634	-0,879	-0,858	-0,695	-0,648	<b>1</b>	-0,864	-0,766	-0,960	-0,825	-0,781	0,983	0,970	0,970
Ph tx	<b>-1,000</b>	0,992	-0,337	0,887	0,943	<b>-0,999</b>	-0,937	0,520	0,483	0,963	0,943	-0,864	<b>1</b>	0,985	0,971	<b>0,997</b>	0,989	-0,756	-0,716	-0,716
Oxa	-0,990	<b>0,999</b>	-0,492	0,953	0,986	-0,992	-0,983	0,367	0,327	0,995	0,986	-0,766	0,985	<b>1</b>	0,916	0,995	<b>1,000</b>	-0,634	-0,587	-0,587
Glu	-0,964	0,933	-0,102	0,751	0,837	-0,958	-0,826	0,709	0,678	0,870	0,836	-0,960	0,971	0,916	<b>1</b>	0,951	0,925	-0,891	-0,862	-0,862
Sac	<b>-0,999</b>	<b>0,999</b>	-0,405	0,919	0,965	<b>-1,000</b>	-0,960	0,456	0,417	0,980	0,965	-0,825	<b>0,997</b>	0,995	0,951	<b>1</b>	<b>0,997</b>	-0,706	-0,663	-0,663
Fru	-0,993	<b>1,000</b>	-0,472	0,945	0,982	-0,995	-0,978	0,389	0,349	0,992	0,982	-0,781	0,989	<b>1,000</b>	0,925	<b>0,997</b>	<b>1</b>	-0,651	-0,606	-0,606
Gal	0,736	-0,668	-0,362	-0,368	-0,496	0,724	0,479	-0,952	-0,938	-0,550	-0,495	0,983	-0,756	-0,634	-0,891	-0,706	-0,651	<b>1</b>	<b>0,998</b>	<b>0,998</b>
Ara	0,695	-0,623	-0,416	-0,313	-0,444	0,682	0,427	-0,969	-0,957	-0,500	-0,443	0,970	-0,716	-0,587	-0,862	-0,663	-0,606	<b>0,998</b>	<b>1</b>	<b>1,000</b>
Rha	0,695	-0,623	-0,416	-0,313	-0,444	0,682	0,427	-0,969	-0,957	-0,500	-0,443	0,970	-0,716	-0,587	-0,862	-0,663	-0,606	<b>0,998</b>	<b>1,000</b>	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différents de 0 à un de signification alpha= 0,05.

Ac mal : acide malique ; Ac tar : acide tartrique ; Ac cit : acide citrique ; Vit A : Vitamine A ; Vit C : Vitamine C ; Ac ben : Acide benzoïque ; Ac gal : Acide gallique ; Cat : catéchine ; Cou : coumarine ; Que : Quercétine ; Tan : tanin ; Fla : flavonoïde ; Ph tx : phénols totaux ; Oxa : oxalate ; Glu : glucose ; Sac : saccharose ; Fru : fructose ; Gal : galactose ; Ara : arabinose ; Rha : rhamnose.

## ANNEXES

## Minéraux dans la pulpe des trois fruits

## Matrice de covariance (Covariance (n-1)):

Variables	K	Na	Ca	P	Fe	Mg	Zn
K	<b>101257,531</b>	136,741	768,733	58,270	183,859	120,877	6,668
Na	136,741	<b>0,20414444</b>	1,012	0,065	0,379	0,312	0,010
Ca	768,733	1,012	<b>5,8708037</b>	0,461	1,221	0,719	0,049
P	58,270	0,065	0,461	<b>0,04342593</b>	0,013	-0,036	0,003
Fe	183,859	0,379	1,221	0,013	<b>1,21030033</b>	1,216	0,019
Mg	120,877	0,312	0,719	-0,036	1,216	<b>1,27734815</b>	0,016
Zn	6,668	0,010	0,049	0,003	0,019	0,016	<b>0,00049881</b>

## Test de sphéricité de Bartlett:

Khi <sup>2</sup> (Valeur observée)	243,265
Khi <sup>2</sup> (Valeur critique)	40,113
DDL	27
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

**Interprétation du test :**

H<sub>0</sub>: Il n'y a pas de corrélation significativement différente de 0 entre les variables.

H<sub>a</sub>: Au moins l'une des corrélations entre les variables est significativement différente de 0

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H<sub>0</sub>, et retenir l'hypothèse alternative H<sub>a</sub>. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H<sub>0</sub> alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%

## ANNEXES

## Macronutriments et énergie dans les trois nectars

## Matrice de Covariance (Covariance (n-1))

Variables	Protéine	Lipide	Mat sèche	Cendre	Fib totales	Glu totaux	Suc totaux	pH	Ac titrable	Energie
Protéine	<b>0,00152678</b>	-0,008	-0,150	0,001	0,008	-0,174	-0,070	0,026	-2,728	-0,762
Lipide	-0,008	<b>0,04645278</b>	0,783	-0,016	0,083	0,913	0,360	-0,124	13,274	4,037
Mat sèche	-0,150	0,783	<b>14,8750481</b>	-0,086	-1,787	17,174	6,924	-2,677	277,962	75,190
Cendre	0,001	-0,016	-0,086	<b>0,02343333</b>	-0,359	-0,120	-0,032	-0,020	1,204	-0,605
Fib totales	0,008	0,083	-1,787	-0,359	<b>6,15667244</b>	-1,734	-0,971	0,898	-78,786	-6,327
Gluc totaux	-0,174	0,913	17,174	-0,120	-1,734	<b>19,845337</b>	7,986	-3,059	318,399	86,959
Suc totaux	-0,070	0,360	6,924	-0,032	-0,971	7,986	<b>3,22605926</b>	-1,260	130,441	34,936
pH	0,026	-0,124	-2,677	-0,020	0,898	-3,059	-1,260	<b>0,53791111</b>	-54,438	-13,271
Ac titrable	-2,728	13,274	277,962	1,204	-78,786	318,399	130,441	-54,438	<b>5540,82234</b>	1384,361
Energie	-0,762	4,037	75,190	-0,605	-6,327	86,959	34,936	-13,271	1384,361	<b>381,307337</b>

*Mat : Matière ; Fib : Fibre ; Glu : Glucide ; Suc : Sucre ; Ac : Acide*

Test de sphéricité de Bartlett:

Khi <sup>2</sup> (Valeur observée)	242,595
Khi <sup>2</sup> (Valeur critique)	72,153
DDL	54
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

**Interprétation du test :**

H0: Il n'y a pas de corrélation significativement différente de 0 entre les variables.

Ha: Au moins l'une des corrélations entre les variables est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

## ANNEXES

## Micronutriments dans les trois nectars

## Matrice de corrélation (Pearson (n))

	Ac mal	Ac tar	Ac cit	Vit A	Vit C	Ac ben	Ac gal	Cat	Cou	Que	Tan	Fla	Ph tx	Oxa	Glu	Sac	Fru	Gal	Ara	Rha
Ac mal	<b>1</b>	0,324	-0,297	-0,511	-0,607	0,805	0,380	-0,914	-0,885	-0,616	-0,628	-0,738	-0,737	-0,936	-0,961	-0,434	-0,757	0,996	0,990	0,990
Ac tar	0,324	<b>1</b>	<b>-1,000</b>	0,648	0,555	-0,300	-0,752	-0,680	-0,728	0,546	0,533	-0,877	0,401	0,030	-0,050	0,711	0,372	0,406	0,452	0,452
Ac cit	-0,297	<b>-1,000</b>	<b>1</b>	-0,669	-0,578	0,327	0,770	0,659	0,708	-0,569	-0,556	0,864	-0,427	-0,058	0,022	-0,731	-0,398	-0,380	-0,427	-0,427
Vit A	-0,511	0,648	-0,669	<b>1</b>	0,993	-0,921	-0,989	0,118	0,051	0,992	0,990	-0,203	0,958	0,781	0,728	0,996	0,948	-0,433	-0,386	-0,386
Vit C	-0,607	0,555	-0,578	0,993	<b>1</b>	-0,960	-0,966	0,233	0,167	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	-0,087	0,985	0,848	0,803	0,979	0,979	-0,535	-0,491	-0,491
Ac ben	0,805	-0,300	0,327	-0,921	-0,960	<b>1</b>	0,855	-0,496	-0,436	-0,963	-0,967	-0,194	-0,994	-0,963	-0,938	-0,884	<b>-0,997</b>	0,750	0,715	0,715
Ac gal	0,380	-0,752	0,770	-0,989	-0,966	0,855	<b>1</b>	0,027	0,095	-0,963	-0,959	0,343	-0,906	-0,682	-0,621	<b>-0,998</b>	-0,892	0,298	0,248	0,248
Cat	-0,914	-0,680	0,659	0,118	0,233	-0,496	0,027	<b>1</b>	<b>0,998</b>	0,243	0,258	0,948	0,399	0,713	0,766	0,032	0,428	-0,946	-0,962	-0,962
Cou	-0,885	-0,728	0,708	0,051	0,167	-0,436	0,095	<b>0,998</b>	<b>1</b>	0,177	0,193	0,968	0,336	0,664	0,721	-0,036	0,366	-0,922	-0,941	-0,941
Que	-0,616	0,546	-0,569	0,992	<b>1,000</b>	-0,963	-0,963	0,243	0,177	<b>1</b>	<b>1,000</b>	-0,077	0,986	0,854	0,809	0,977	0,981	-0,544	-0,500	-0,500
Tan	-0,628	0,533	-0,556	0,990	<b>1,000</b>	-0,967	-0,959	0,258	0,193	<b>1,000</b>	<b>1</b>	-0,061	0,989	0,862	0,819	0,974	0,984	-0,557	-0,514	-0,514
Fla	-0,738	-0,877	0,864	-0,203	-0,087	-0,194	0,343	0,948	0,968	-0,077	-0,061	<b>1</b>	0,088	0,453	0,523	-0,287	0,119	-0,795	-0,825	-0,825
Ph tx	-0,737	0,401	-0,427	0,958	0,985	-0,994	-0,906	0,399	0,336	0,986	0,989	0,088	<b>1</b>	0,928	0,895	0,929	<b>1,000</b>	-0,674	-0,636	-0,636
Oxa	-0,936	0,030	-0,058	0,781	0,848	-0,963	-0,682	0,713	0,664	0,854	0,862	0,453	0,928	<b>1</b>	0,997	0,724	0,939	-0,901	-0,878	-0,878
Glu	-0,961	-0,050	0,022	0,728	0,803	-0,938	-0,621	0,766	0,721	0,809	0,819	0,523	0,895	0,997	<b>1</b>	0,666	0,908	-0,933	-0,913	-0,913
Sac	-0,434	0,711	-0,731	0,996	0,979	-0,884	<b>-0,998</b>	0,032	-0,036	0,977	0,974	-0,287	0,929	0,724	0,666	<b>1</b>	0,917	-0,354	-0,305	-0,305
Fru	-0,757	0,372	-0,398	0,948	0,979	<b>-0,997</b>	-0,892	0,428	0,366	0,981	0,984	0,119	<b>1,000</b>	0,939	0,908	0,917	<b>1</b>	-0,697	-0,659	-0,659
Gal	0,996	0,406	-0,380	-0,433	-0,535	0,750	0,298	-0,946	-0,922	-0,544	-0,557	-0,795	-0,674	-0,901	-0,933	-0,354	-0,697	<b>1</b>	<b>0,999</b>	<b>0,999</b>
Ara	0,990	0,452	-0,427	-0,386	-0,491	0,715	0,248	-0,962	-0,941	-0,500	-0,514	-0,825	-0,636	-0,878	-0,913	-0,305	-0,659	<b>0,999</b>	<b>1</b>	<b>1,000</b>
Rha	0,990	0,452	-0,427	-0,386	-0,491	0,715	0,248	-0,962	-0,941	-0,500	-0,514	-0,825	-0,636	-0,878	-0,913	-0,305	-0,659	<b>0,999</b>	<b>1,000</b>	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différents de 0 à un de signification  $\alpha=0,05$ .

Ac mal : acide malique ; Ac tar : acide tartrique ; Ac cit : acide citrique ; Vit A : Vitamine A ; Vit C : Vitamine C ; Ac ben : Acide benzoïque ; Ac gal : Acide gallique ; Cat : catéchine ; Cou : coumarine ; Que : Quercétine ; Tan : tanin ; Fla : flavonoïde ; Ph tx : phénols totaux ; Oxa : oxalate ; Glu : glucose ; Sac : saccharose ; Fru : fructose ; Gal : galactose ; Ara : arabinose ; Rha : rhamnose.

## ANNEXES

## Minéraux dans les trois nectars

## Matrice de covariance (Covariance (n-1)):

Variables	K	Na	Ca	P	Fe	Mg	Zn
K	<b>101257,531</b>	136,741	768,733	58,270	183,859	120,877	6,668
Na	136,741	<b>0,20414444</b>	1,012	0,065	0,379	0,312	0,010
Ca	768,733	1,012	<b>5,8708037</b>	0,461	1,221	0,719	0,049
P	58,270	0,065	0,461	<b>0,04342593</b>	0,013	-0,036	0,003
Fe	183,859	0,379	1,221	0,013	<b>1,21030033</b>	1,216	0,019
Mg	120,877	0,312	0,719	-0,036	1,216	<b>1,27734815</b>	0,016
Zn	6,668	0,010	0,049	0,003	0,019	0,016	<b>0,00049881</b>

## Test de sphéricité de Bartlett:

Khi <sup>2</sup> (Valeur observée)	243,265
Khi <sup>2</sup> (Valeur critique)	40,113
DDL	27
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

**Interprétation du test:**

H0: Il n'y a pas de corrélation significativement différente de 0 entre les variables.

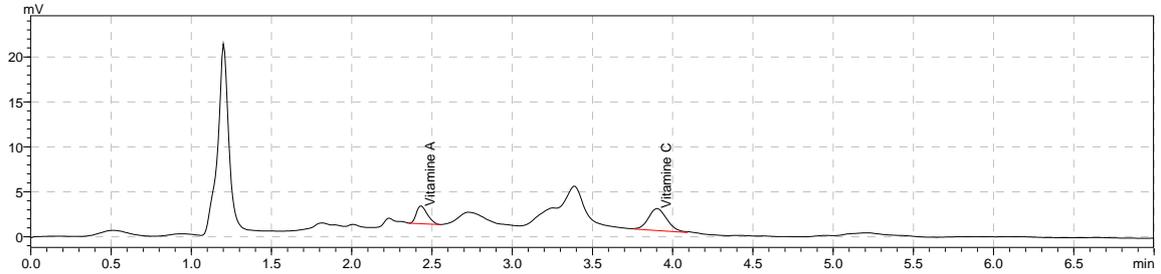
Ha: Au moins l'une des corrélations entre les variables est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

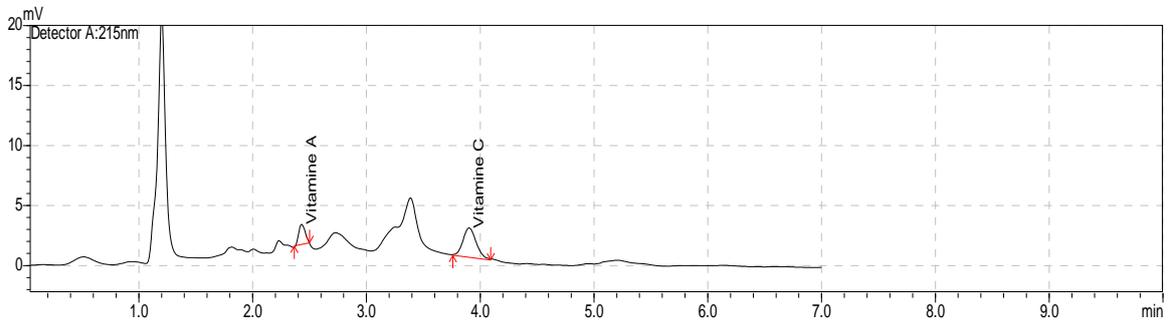
**Annexe 3 : Chromatogrammes des vitamines A et C, des acides organiques, des composés phénoliques et des sucres simples**

**Résultats du dosage des vitamines A et C dans la pulpe et le nectar de Baobab**

**Pulpe**

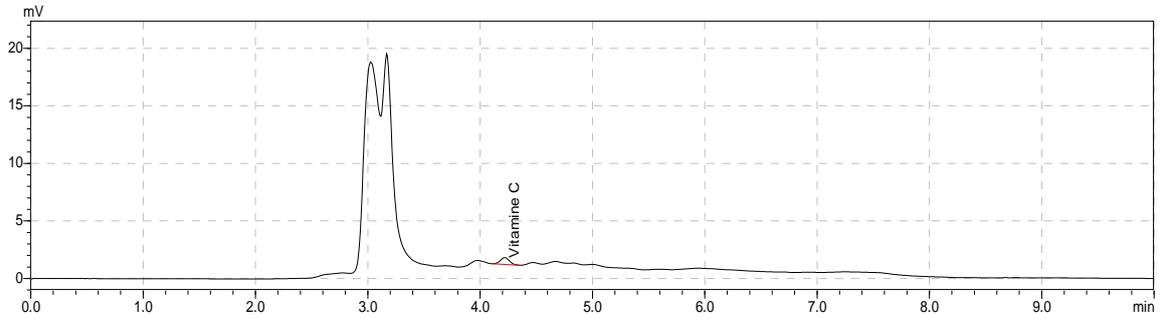


**Nectar**

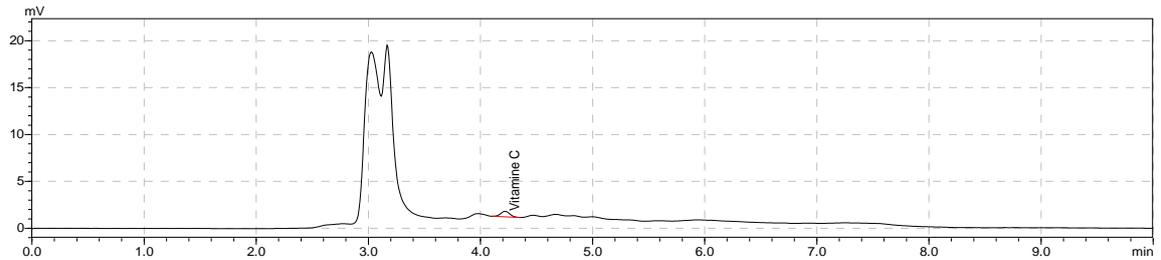


**Résultats du dosage des vitamines A et C dans la pulpe et le nectar de Tomi**

**Pulpe**



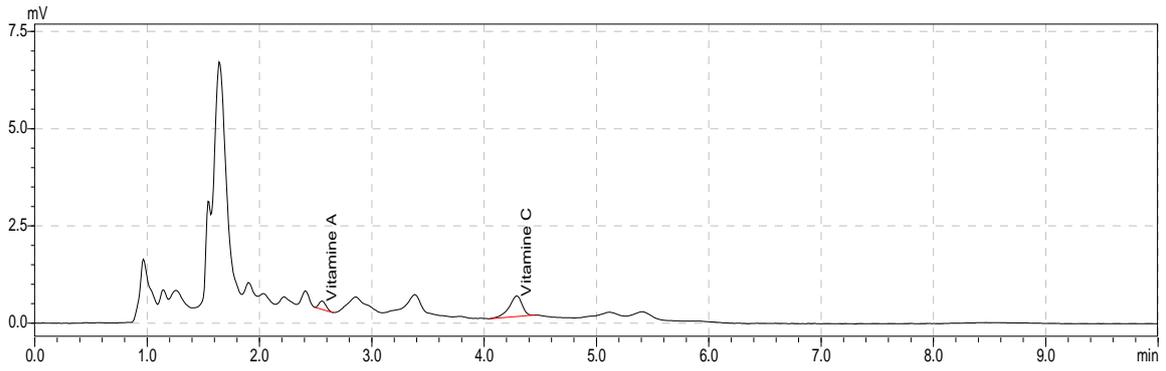
**Nectar**



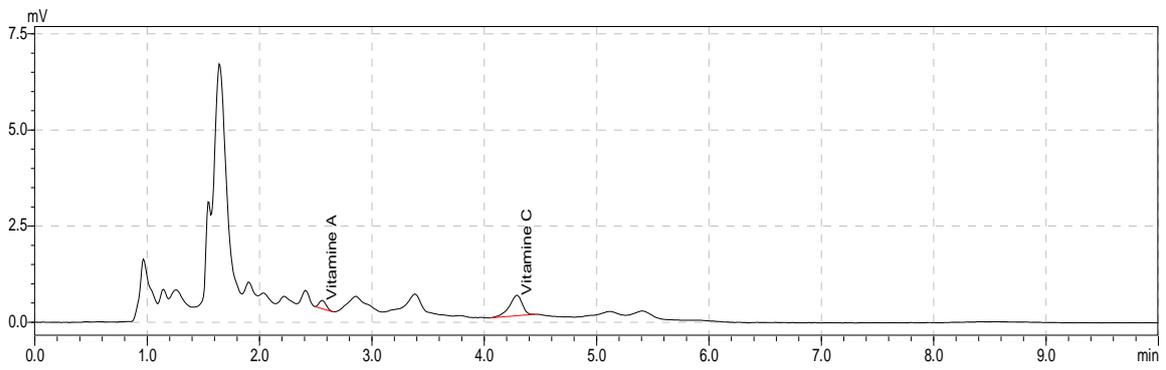
**Résultats du dosage des vitamines A et C dans la pulpe et le nectar de Néré**

## ANNEXES

### Pulpe

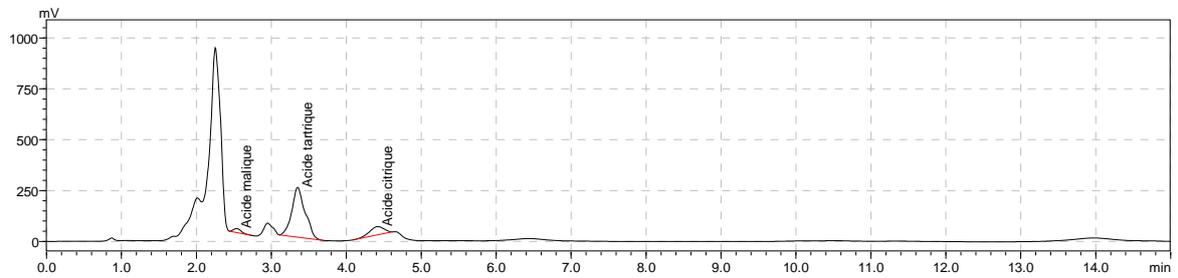


### Nectar

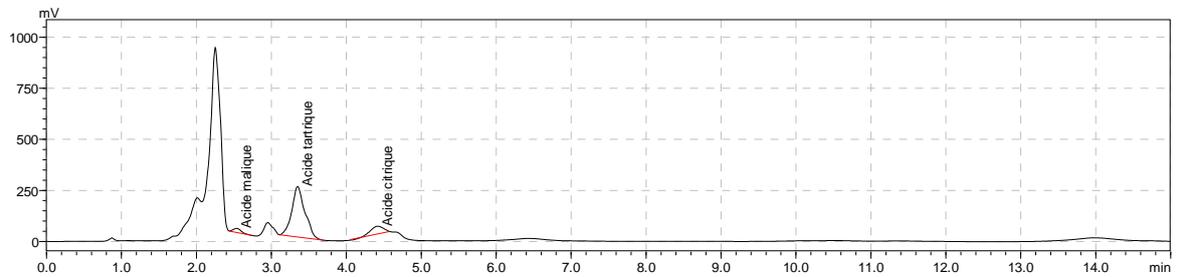


## Résultats du dosage des acides organiques dans la pulpe et le nectar Baobab

### Pulpe

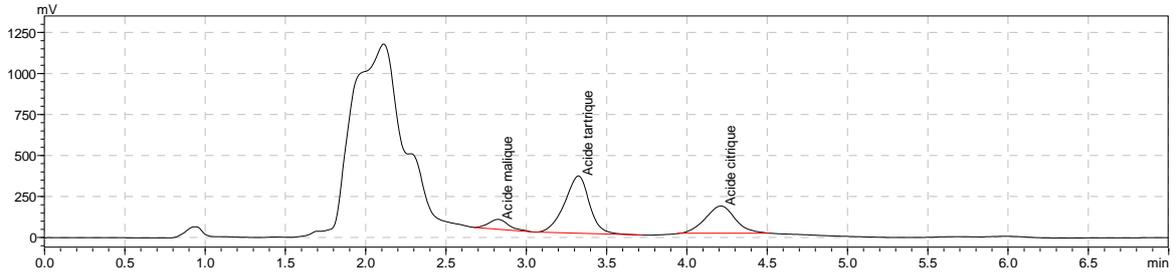


### Jus

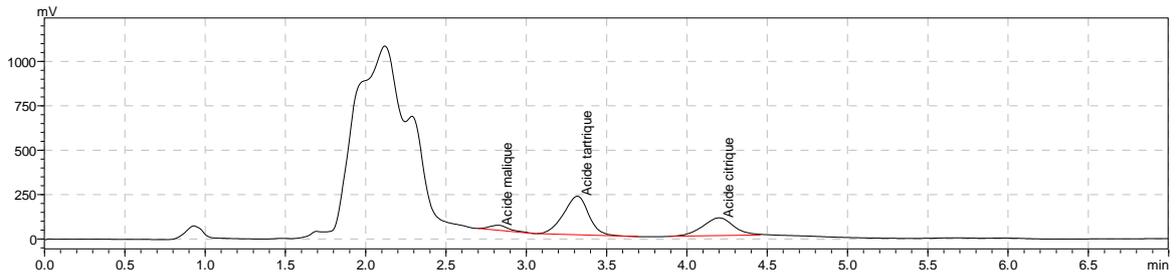


## Résultats du dosage des acides organiques dans la pulpe et le nectar Tomi

### Pulpe

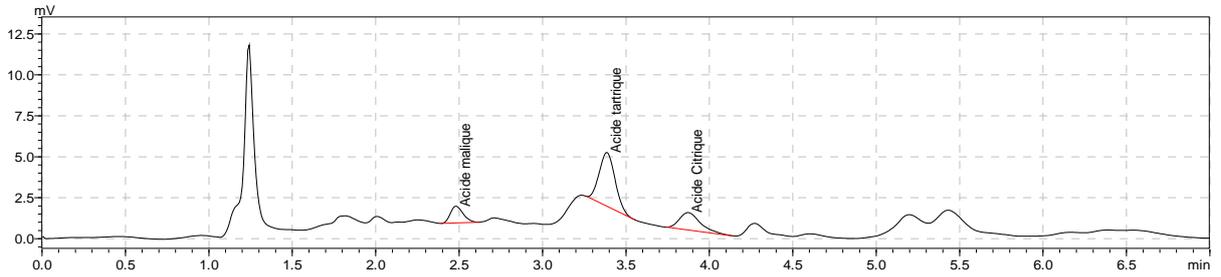


### Nectar

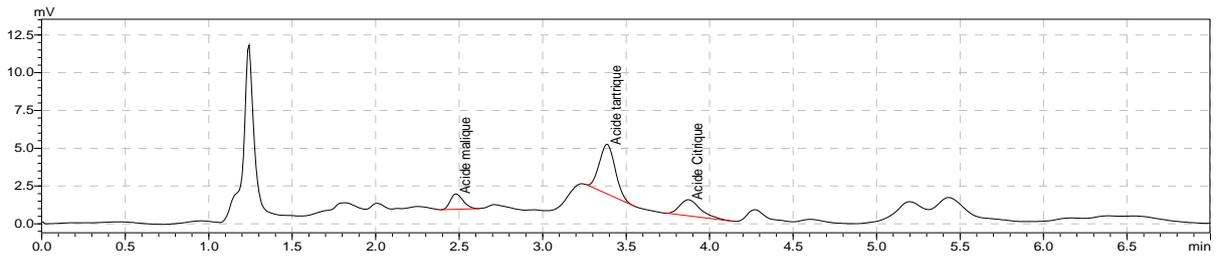


## Résultats du dosage des acides organiques dans la pulpe et le nectar de Néré

### Pulpe

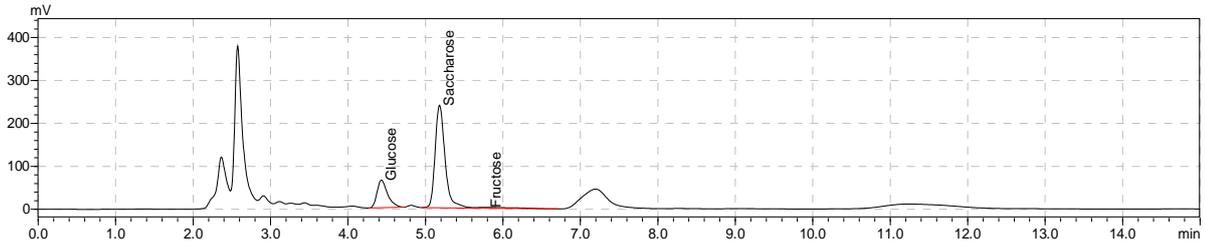


### Nectar

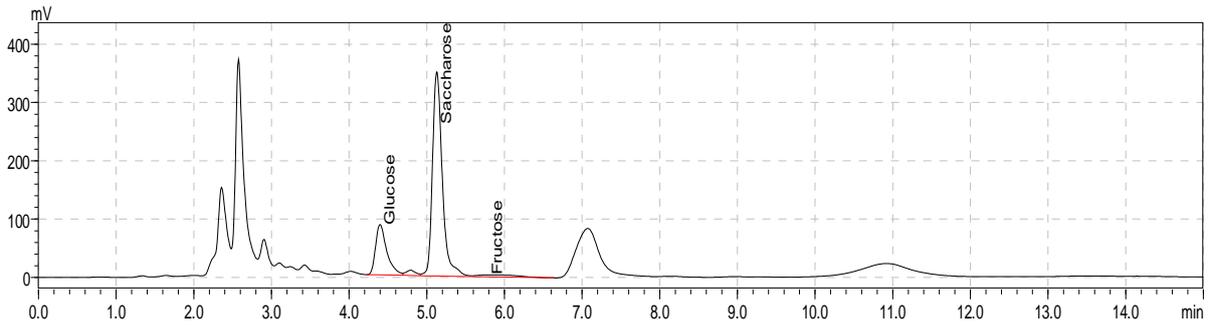


### Résultats du dosage des sucres simples dans la pulpe et le nectar de Baobab

#### Pulpe

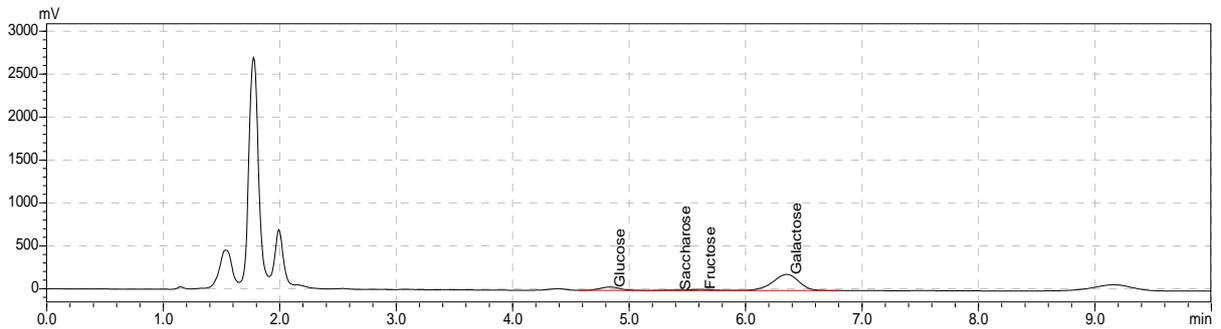


#### Nectar

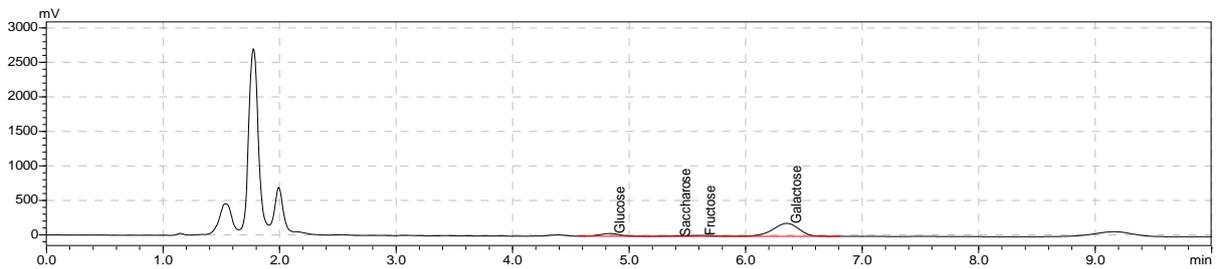


### Résultats du dosage des sucres simples dans la pulpe et le nectar de Tomi

#### Pulpe

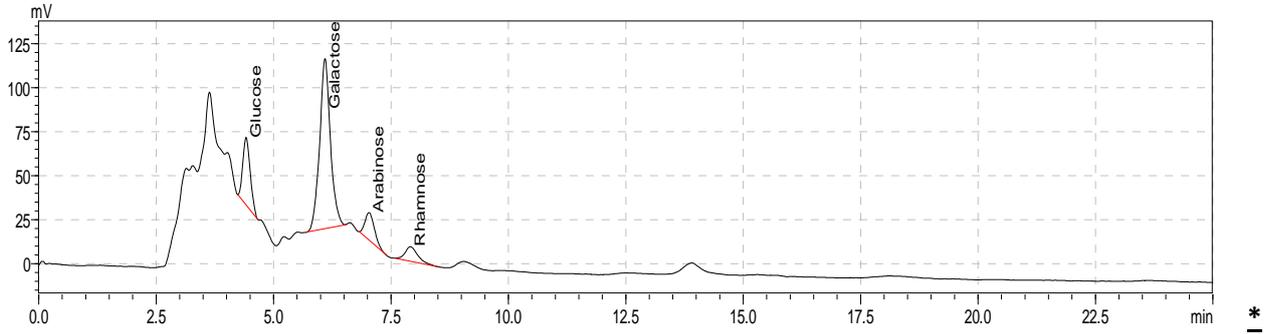


#### Nectar

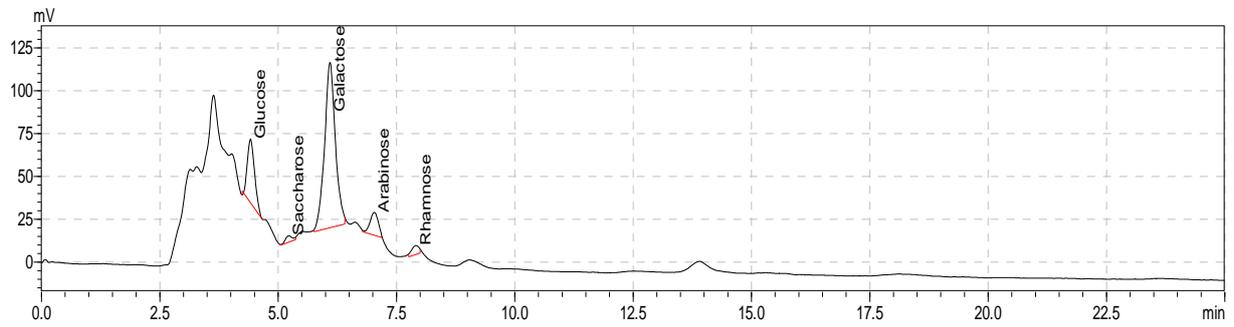


Résultats du dosage des sucres simples dans la pulpe et le nectar de Néré

Pulpe

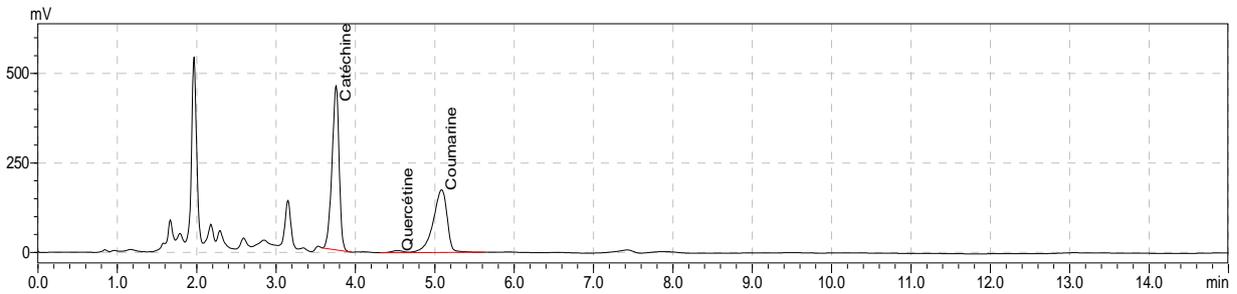


Nectar

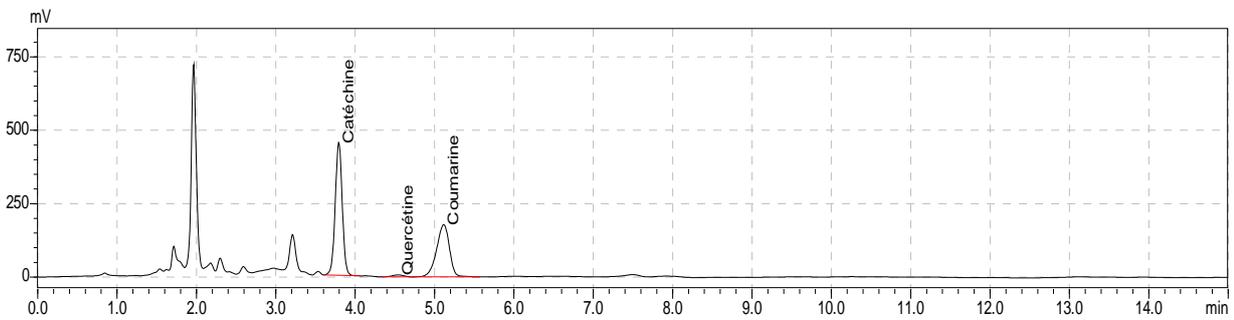


Résultats du dosage des composés phénoliques dans la pulpe et le Nectar de baobab

Pulpe

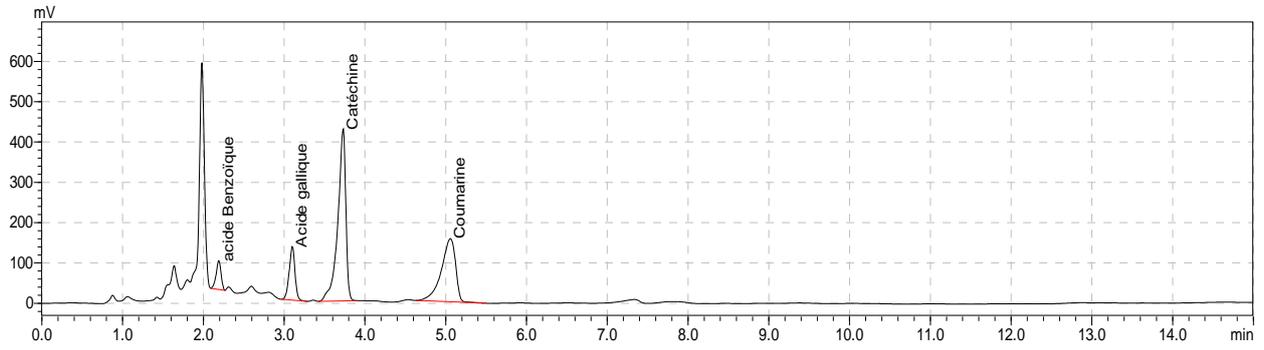


Nectar

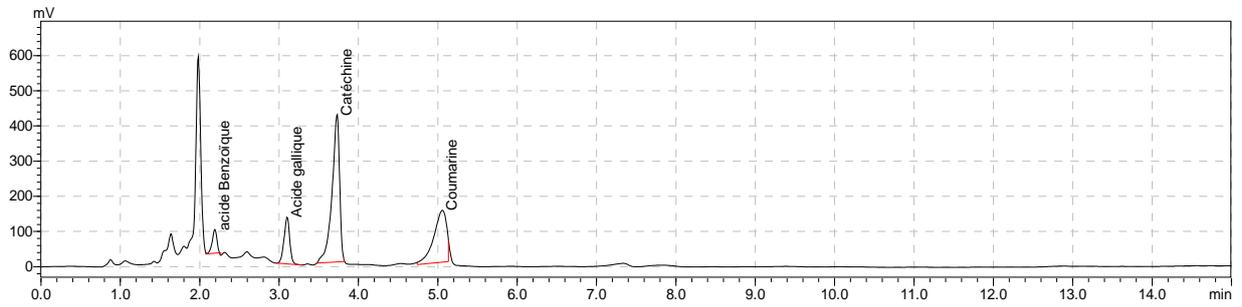


## Résultats du dosage des composés phénoliques dans la pulpe et le nectar de Tomi

### Pulpe

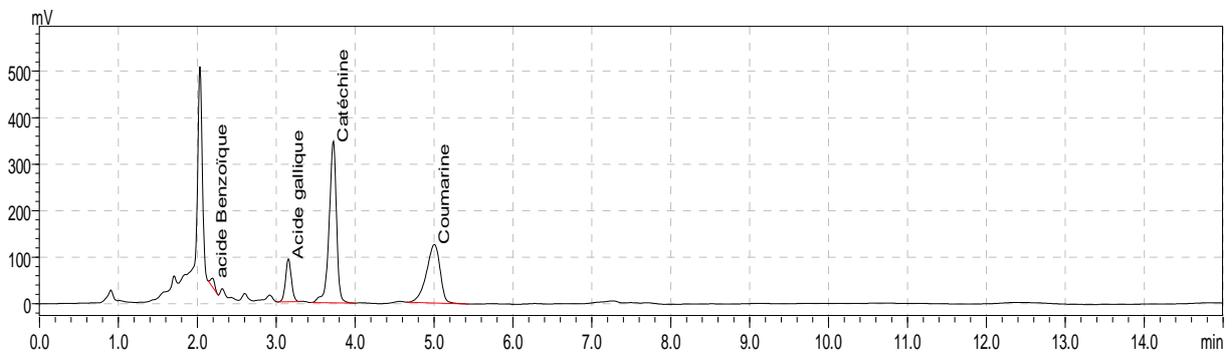


### Nectar

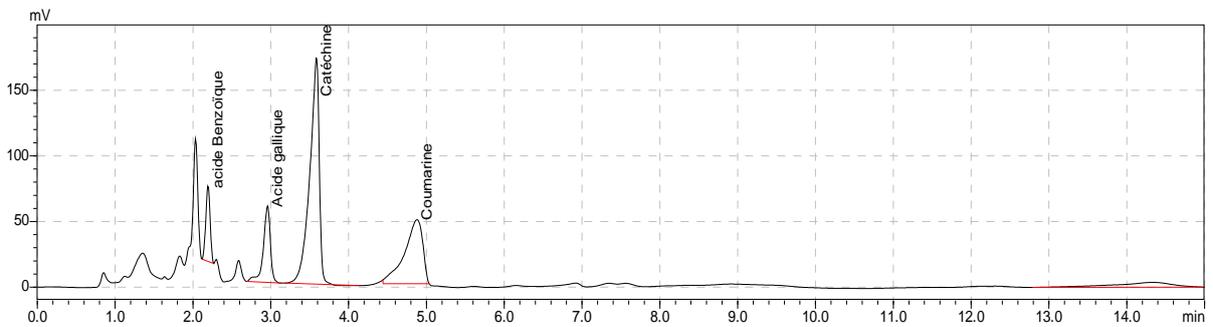


## Résultats du dosage des composés phénoliques dans la pulpe et le nectar de Néré

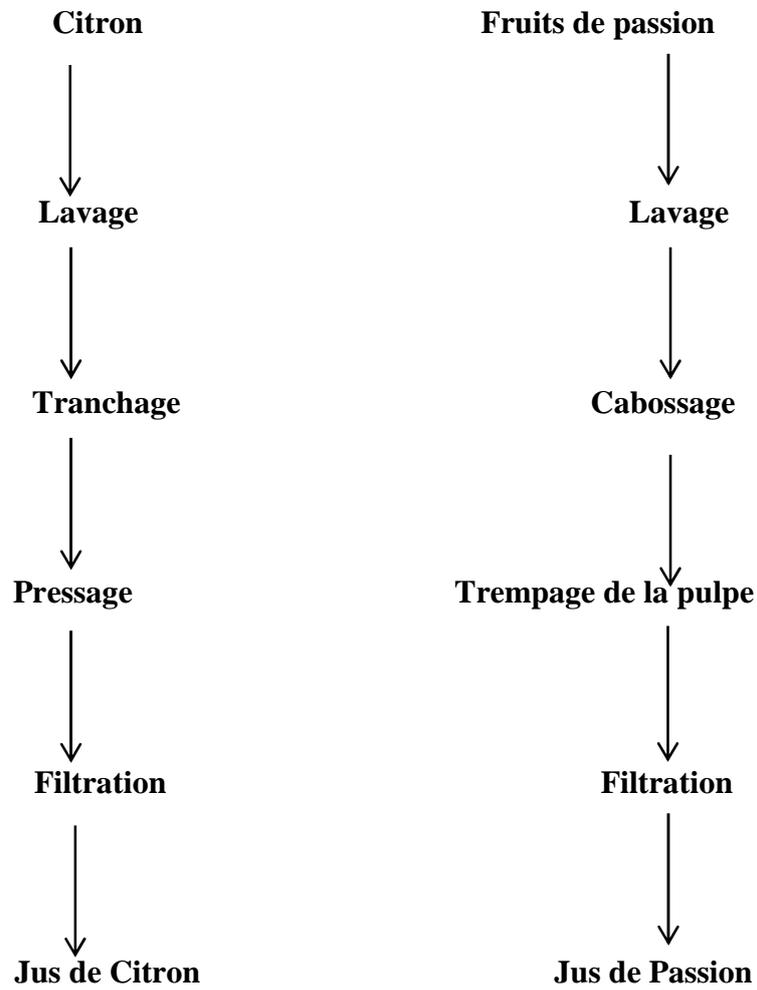
### Pulpe



### Nectar



**Annexe 4 : Diagrammes de production des deux additifs naturels (Jus de citron et de passion)**



*PUBLICATIONS*

PUBLICATION 1

PUBLICATION 2

**PUBLICATION 3**