



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE  
Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNÉE : 2023-2024

N° D'ORDRE : 100

CANDIDAT

Nom : TRAORE

Prénoms : Fakana Drissa

# THÈSE DE DOCTORAT

Mention : **Biologie-Santé**

Spécialité : **Biochimie-Nutrition**

Étude épidémio-clinique du diabète au CHR de Daloa et effet antidiabétique de farines de patate douce (*Ipomoea batatas L.*) enrichies en poudre de feuilles de *Moringa* (*Moringa oleifera Lam*) sur les rats albinos (*Rattus norvegicus*), Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire).

## JURY

- Président : M. SORO Senan, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé
- Directeur Scientifique : M. DIOMANDE Massé, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé
- Rapporteur : M. OKOU Obou Constantin, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé
- Examineur 1 : M. NIABA Koffi Pierre, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé
- Examineur 2 : M. DJE Kouakou Martin, Maître de Conférences,  
Université Nangui Abrogoua

Soutenue publiquement

le 02/11/2024

## **TABLE DES MATIÈRES**

TABLE DES MATIÈRES .....	i
DÉDICACE.....	x
REMERCIEMENTS .....	xi
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	xv
LISTE DES TABLEAUX.....	xvi
LISTE DES FIGURES.....	xviii
LISTE DES ANNEXES.....	xix
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS .....	5
1.1. Régulation de la glycémie .....	6
1.1.1. Origine du glucose sanguin.....	6
1.1.2. Transporteurs de glucose .....	6
1.1.3. Hormone entrant dans la régulation de la glycémie.....	6
1.1.4. Autres hormones rentrant dans la régulation de la glycémie.....	7
1.1.4. 1. Glucagon .....	7
1.1.4.2. Cortisol.....	7
1.2. Diabète.....	8
1.2.1. Définition .....	8
1.2.2. Classification.....	8
1.2.2.1. Diabètes primaires.....	8
1.2.2.1.1. Diabète de type 1 ou diabète insulino-dépendant (DID) .....	9
1.2.2.1.2. Diabète de type 2 ou diabète non insulino-dépendant (DNID).....	9
1.2.2.1.3. Diabète gestationnel .....	10
1.2.2.2. Diabètes secondaires .....	11
1.2.3. Épidémiologie .....	11
1.2.4. Physiopathologie.....	12
1.2.5. Critères de diagnostic et symptômes du diabète .....	13
1.2.5.1. Critères de diagnostic .....	13

1.2.5.2. Symptômes .....	13
1.2.6. Complications liées au diabète.....	14
1.2.6.1. Complications aiguës .....	14
1.2.6.1.1. Hyperglycémie.....	14
1.2.6.1.2. Hypoglycémie.....	14
1.2.6.2. Complications chroniques .....	15
1.3. Traitements du diabète et toxicité des substances sur des organes.....	15
1.3.1. Traitements du diabète .....	15
1.3.1.1. Traitements non médicamenteux .....	15
1.3.1.2. Traitements médicamenteux .....	16
1.3.1.2.1. Antidiabétiques oraux (ADO) .....	16
1.3.1.2.2. Insulinothérapie .....	16
1.3.1.2.3. Nouvelles classes d'antidiabétiques .....	18
1.3.2. Toxicité des substances sur des organes .....	18
1.3.2.1. Toxicité sur le foie.....	18
1.3.2.2. Toxicité sur les reins .....	19
1.4. Patate douce.....	19
1.4.1. Origine et distribution .....	19
1.4.2. Caractéristiques et description botanique .....	19
1.4.3. Position systématique.....	21
1.4.4. Exigences écologiques .....	21
1.4.5. Statistique de production.....	21
1.4.6. Composition nutritionnelle .....	22
1.4.7. Conservation et mode de séchage des tubercules .....	23
1.4.7.1. Stockage des tubercules .....	23
1.4.7.2 Mode de séchage des tubercules .....	24
1.4.7.2.1. Séchage solaire direct .....	24
1.4.7.2.2. Séchage solaire amélioré .....	24
1.4.7.2.3. Séchage thermique.....	25
1.4.8. Produits dérivés de la patate douce.....	25

1.4.9. Différents usages.....	26
1.4.10. Utilisations médicinales .....	27
1.5. <i>Moringa (Moringa oleifera Lam)</i> .....	28
1.5.1. Origine et distribution .....	28
1.5.2. Description botanique .....	28
1.5.2.1. Morphologie de la plante.....	28
1.5.2.2 Systématique et nomenclature de la plante .....	29
1.5.3. Écologie .....	29
1.5.4. Composition nutritionnelle des feuilles .....	30
1.5.5. Domaine d'utilisation.....	32
1.5.5.1. Alimentation.....	32
1.5.5.1.1. Humaine.....	32
1.5.5.1.2. Animale .....	32
1.5.5.2. Médicinale et pharmacologique .....	33
1.5.5.3. Industrie.....	34
1.5.6. Facteurs antinutritionnels.....	34
1.6. Quelques paramètres biochimiques sanguins et valeurs usuelles chez le rat .....	34
1.6.1. Transaminases (ALAT/SGTP et ASAT/SGOT).....	34
1.6.2. Créatinine.....	35
1.6.3. Urée.....	36
1.6.4. Cholestérol .....	36
1.6.5. Valeurs usuelles de quelques paramètres biochimiques du sang chez le rat .....	37
1.7. Quelques paramètres hématologiques sanguins et valeurs usuelles chez le rat .....	37
1.7.1. Cellules de l'immunité.....	37
1.7.2. Formules globulaires.....	38
1.7.3. Formule leucocytaire .....	39
1.7.4. Plaquettes .....	39
1.7.5. Valeurs usuelles de quelques paramètres hématologiques du sang chez le rat.....	40
1.8. Cadre d'étude.....	40

1.8.1. Situation géographique de la zone d'étude .....	40
1.8.2. Population du Haut Sassandra et du Département de Daloa.....	41
1.8.3. Potentialité agricole, économique et sanitaire de Daloa .....	41
1.8.4. Climat.....	43
1.8.5. Végétation et type de sol.....	43
DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	44
2.1. Matériel.....	45
2.1.1. Matériel biologique .....	45
2.1.1.1. Matériel végétal.....	45
2.1.1.2. Matériel animal .....	46
2.1.2. Population d'étude .....	46
2.1.3. Matériel technique .....	46
2.2. Méthodes .....	47
2.2.1. Échantillonnage.....	47
2.2.2. Procédure d'enquête.....	48
2.2.3. Collecte des données.....	48
2.2.3.1. Informations socio-démographiques .....	48
2.2.3.2. Constantes du patient .....	48
2.2.3.3. Signes cliniques.....	49
2.2.3.4. Paramètres biochimiques.....	49
2.2.3.4.1. Glycémie.....	49
2.2.3.4.2. Hémoglobine glyquée (HbA1c).....	49
2.2.3.4.3. Glycosurie et cétonurie .....	50
2.2.3.5. Paramètres hématologiques.....	50
2.2.3.6. Traitements.....	50
2.2.3.7. Consommation d'aliments préoccupants (sucrés et gras) et d'aliments antidiabétiques à base de <i>Moringa</i> et/ou de patate douce. ....	50
2.2.4. Méthodes de caractérisation et de détermination des propriétés biochimiques et potentialités nutritionnelles de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C et des farines de patate douce enrichies en poudre de <i>Moringa</i> .....	50

2.2.4.1. Production des farines de patate douce .....	50
2.2.4.2. Production de poudre de <i>Moringa</i> .....	52
2.2.4.3. Formulation des farines de patate douce enrichies en poudre de <i>Moringa</i> .....	53
2.2.4.4. Détermination de la teneur en cendres .....	54
2.2.4.5. Dosage des minéraux .....	55
2.2.4.5.1. Dosage des éléments minéraux.....	55
2.2.4.5.2. Dosage par spectrophotomètre directe du phosphore.....	55
2.2.4.6. Détermination de la teneur en lipides.....	55
2.2.4.7. Caractérisation des protéines.....	56
2.2.4.8 Détermination de la teneur des glucides totaux .....	56
2.2.4.9. Détermination de la teneur en fibres brutes .....	57
2.2.4.10. Dosage des sucres totaux.....	57
2.2.4.11 Dosage des sucres réducteurs.....	57
2.2.4.12. Caractérisation des phytonutriments .....	58
2.2.4.12.1. Dosage des polyphénols totaux .....	58
2.2.4.12.2. Caractérisation des composés phénoliques.....	58
2.2.4.12.3. Dosage des flavonoïdes .....	59
2.2.4.12.4. Dosage des caroténoïdes.....	59
2.2.4.12.5. Détermination du taux d'acide gallique.....	60
2.2.4.12.6. Caractérisation des vitamines .....	60
2.2.4.13. Détermination du profil des acides aminés .....	61
2.2.4.14. Détermination des propriétés anti-nutritives.....	63
2.2.4.14.1. Détermination de la teneur en oxalates.....	63
2.2.4.14.2. Dosage des phytates.....	63
2.2.4.14.3. Détermination de la teneur en tannins .....	63
2.2.4.15. Détermination de la valeur énergétique .....	64
2.2.5. Méthodes de l'essai animal .....	64
2.2.5.1 Test de tolérance du glucose sur des rats albinos.....	64
2.2.5.2. Alimentation animale .....	65
2.2.5.3. Échantillon de sang prélevé.....	65
2.2.5.4. Dosage des paramètres biochimiques du sang des rats Wistar .....	65
2.2.5.4.1. Mesure de la glycémie .....	66
2.2.5.4.2. Dosage de l'alanine aminotransférase (ALAT).....	66

2.2.5.4 .3 Dosage de l'aspartate aminotransférase (ASAT) .....	67
2.2.5.4.4. Dosage de la créatinine.....	68
2.2.5.4 .5. Dosage de l'urée .....	68
2.2.5.4.6. Dosage des triglycérides.....	69
2.2.5.4.7. Dosage du cholestérol total.....	70
2.2.5.4.8. Dosage du cholestérol HDL .....	71
2.2.3.4.9. Calcul du LDL-cholestérol .....	72
2.2.5.5. Dosage des paramètres hématologiques du sang des rats Wistar.....	72
2.2.5.6 Taux de variation sur les différents paramètres évalués .....	73
2.2.5.7. Histologie hépatique et rénale .....	73
2.2.6. Analyse statistique .....	73
TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	74
Chapitre 1 : Profil épidémiologique et clinique des patients .....	75
1.1. Introduction .....	75
1.2. Résultats.....	75
1.2.1. Répartition des patients selon le sexe et les tranches d'âge.....	75
1.2.2. Répartition des patients selon la nationalité et la profession .....	76
1.2.3. Répartition selon les constantes, le type de diabète et des soins des malades .....	77
1.2.4. Répartition des patients selon les paramètres biochimiques sanguins.....	80
1.2.5. Répartition des patients selon les paramètres hématologiques (érythrocytaires et leucocytaires) .....	82
1.2.6. Répartition des patients selon le taux des plaquettes sanguines .....	85
1.2.7. Répartition des patients selon l'antécédent familial, la sédentarité, le suivi diététique, les symptômes, d'ancienneté du diabète et le mode de sortie de l'hôpital .....	86
1.2.8. Répartition des patients selon la consommation d'aliments sucrés et gras et la connaissance des vertus thérapeutiques du <i>Moringa</i> et de la patate douce .....	88
1.3. Discussion.....	90
1.4. Conclusion partielle.....	97
Chapitre 2 : Caractéristiques de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C.....	98

2.1. Introduction .....	98
2.2. Résultats.....	98
2.2.1. Teneur en macronutriments et valeurs énergétiques des farines de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C .....	98
2.2.2. Composition phytochimique des farines des différentes variétés de patates douces .....	102
2.2.3. Profil en acides aminés essentiels des différentes variétés de patate douce .....	104
2.2.4. Composition minérale, vitaminique et facteurs antinutritionnels de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve .....	107
2.2.4.1. Teneurs en cendres des patates douces .....	107
2.2.4.2 Composition en éléments minéraux des patates douces.....	107
2.2.4.3. Composition en vitamines des farines des variétés de patate douce .....	111
2.2.4.4. Composition antinutritionnelle des différentes variétés de patate douce .....	114
2.2.6. Différenciation entre les variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C .....	115
2.3. Discussion.....	117
2.4. Conclusion partielle .....	124
Chapitre 3 : Détermination des propriétés biochimiques et potentialités nutritionnelles des farines de la variété peau blanche et chair blanche (BB) de patate douce enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	125
3.1. Introduction .....	125
3.2. Résultats.....	125
3.2.1. Teneur en macronutriments des farines enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> et leurs valeurs énergétiques. ....	125
3.2.2. Composition phytochimique des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	128
3.2.3. Profil en acides aminés des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	131
3.2.4. Teneurs en cendres et éléments minéraux des farines formulées à base de patate douce et <i>Moringa</i> . ....	132

3.2.5. Composition vitaminique des farines enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	137
3.2.6. Composition antinutritionnel des farines de patate douce enrichies en poudre de feuilles <i>Moringa</i> .....	140
3.2.7. Différenciation entre les farines formulées à base de patate douce et de <i>Moringa</i> . .....	141
3.3. Discussion.....	143
3.4. Conclusion partielle.....	150
Chapitre 4 : Effets des farines de patate douce à peau blanche et à chair blanche ( <i>Ipomoea batatas</i> ) enrichie en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> ( <i>Moringa oleifera Lam</i> ) sur les paramètres biochimiques des rats albinos. ( <i>Rattus norvegicus</i> ) .....	
4.1. Introduction .....	151
4.2. Résultats.....	151
4.2.1. Effets des formulations sur la glycémie des rats.....	151
4.2.2. Effets des formulations sur les paramètres biochimiques sanguins.....	152
4.2.3. Différenciation entre les lots de rats sur la base des paramètres biochimiques sanguins.....	157
4.3. Discussion.....	159
4.4. Conclusion partielle.....	163
Chapitre 5 : Effets des farines de patate douce ( <i>Ipomoea batatas</i> ) enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> ( <i>Moringa oleifera Lam</i> ) sur les paramètres hématologiques érythrocytaires et leucocytaires et sur les tissus du foie et du rein des rats albinos ( <i>Rattus norvegicus</i> ). .....	
5.1. Introduction .....	164
5.2. Résultats.....	164
5.2.1. Paramètres érythrocytaires des rats nourris avec les différentes formulations .....	164
5.2.2. Paramètres leucocytaires des rats nourris avec les différentes formulations. ....	166
5.2.3. Teneur en plaquettes sanguines des rats nourris avec les différentes formulations .....	166

5.2.4. Différenciation entre les rats nourris avec les formulations sur la base des paramètres hématologiques .....	171
5.2.5. Impact des farines enrichies sur les tissus du foie chez les rats.....	173
3.5.2.6. Impact des farines enrichies sur les tissus du rein chez les rats.....	174
5.3. Discussion.....	175
5.4. Conclusion partielle.....	178
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	179
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	178

## **DÉDICACE**

Ce travail est dédié à :

Mon tuteur de Daloa monsieur **KONE Sidiki**.

Mon épouse **DOSSO Fanta**

In memorium

**TRAORE Clogni Moussa**

**DAO Yéssogui Karidja**

**KONE Salifou**

**KONE Fanta**

## REMERCIEMENTS

Le présent travail n'aurait pas atteint son terme si des personnes disponibles et aimables ne m'avaient pas accordé un précieux temps. C'est pourquoi, il me sied ici de leur adresser mes remerciements.

Je remercie madame KROU ADOHI Viviane, Professeur Titulaire en Sciences Physiques et Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) pour avoir accepté mon inscription en Thèse de Doctorat au sein de son institution.

J'exprime ma gratitude à monsieur SORO Dogniméton, Professeur Titulaire en Pédologie et Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique, pour son humilité et tous les efforts qu'il fait quotidiennement en vue de la bonne marche de l'institution.

Je tiens à remercier monsieur KONE Issiaka, Professeur Titulaire de Sociologie et Anthropologie et Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, chargé de la Planification, de la Programmation et Relations Extérieures, pour tous les efforts qu'il fait quotidiennement pour l'institution.

Je tiens à manifester ma reconnaissance à madame TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences en Phytopathologie et Directrice de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) en Agroforesterie, pour sa disponibilité et pour ses efforts quotidiens pour l'UFR.

Je remercie monsieur BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire en Biochimie et Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé, par ailleurs Directeur du Laboratoire d'Agrovalorisation qui m'a accepté au sein dudit Laboratoire.

J'exprime ma gratitude la plus profonde à madame YOBOUE Lucie, Professeur Titulaire en Entomologie Agricole à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Présidente du Conseil Scientifique de l'UFR Agroforesterie qui a accepté la thèse de Doctorat au Conseil Scientifique.

Je suis grandement reconnaissant à monsieur SORO Senan, Professeur Titulaire en Entomologie Agricole à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Président du jury pour avoir accepté de juger cette thèse de Doctorat dont les contributions scientifiques amélioreront ce travail.

J'exprime mes plus chaleureux remerciements à monsieur DIOMANDE Massé, Maître de Conférences en Biochimie et Technologie des Aliments à l'Université Jean Lorougnon Guédé, Directeur du département de Biochimie et Microbiologie et Directeur Scientifique de cette thèse de Doctorat, pour sa confiance et son encouragement, mais surtout pour sa rigueur scientifique dans le travail. Qu'il trouve en ces mots toute ma gratitude.

Je tiens à remercier monsieur OKOU Obou Constantin, Maître de Conférences en Biochimie-Pharmacologie à l'Université Jean Lorougnon Guédé et rapporteur, pour avoir accepté d'instruire cette thèse et dont les contributions scientifiques ont permis d'améliorer ce travail.

Mes chaleureux remerciements sont adressés à madame Agbo Adouko Edith Chiakoun, Maître de Conférences en Biochimie et Nutrition à l'Université Nangui Abrogoua et rapporteur, pour avoir accepté d'instruire cette thèse et dont les contributions scientifiques ont permis d'améliorer ce travail.

J'exprime ma gratitude à monsieur NIABA Koffi Pierre, Maître de Conférences en Biochimie et Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé et examinateur 1, pour avoir accepté de juger ce travail.

Mes sincères remerciements vont à l'endroit de monsieur DJE Kouakou Martin, Maître de Conférences en Biochimie et Technologie Alimentaire à l'Université Nangui Abrogoua, Examineur 2, pour avoir accepté de juger ce travail.

Je tiens à manifester ma reconnaissance à monsieur KOUAME Kan Benjamin, Maître de Conférences en Biochimie et Technologie des Aliments à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour ses compétences scientifiques qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail ;

J'exprime ma gratitude la plus profonde à monsieur KOKO Anauma, Maître de Conférences de Biochimie et Technologie des Aliments, pour sa contribution à améliorer le manuscrit.

Je tiens à remercier monsieur KOFFI Allali Eugène, Maître de Conférences en Biochimie et microbiologie à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour sa contribution pendant les essais animaux.

Je suis profondément reconnaissant à monsieur GBOGBO Moussa, Maître de Conférences en Biochimie et Toxicologie à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Directeur du Laboratoire Interdépartemental d'Analyses et de recherche Côte d'Ivoire (LIDAL- CI) pour avoir accepté de me perfectionner en Biochimie sanguine et Hématologique.

Je remercie monsieur KOUADIO Zilé Alex, Maître de Conférences en Hydrologie à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour ses conseils quotidiens.

Je suis grandement reconnaissant à monsieur SORO Songuimondénin, Assistant en Biochimie et Technologie Alimentaire à Université Nangui Abrogoua, pour sa contribution scientifique à améliorer la thèse de Doctorat.

Je tiens à remercier monsieur KOUADIO Victorien, Assistant en Écologie Animale à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour m'avoir aidé à réaliser la carte de la zone d'étude.

J'exprime ma reconnaissance à madame TRAORE Koba Fatou, Assistant en Biochimie et Technologie Alimentaire à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour sa contribution scientifique qui a permis d'améliorer cette thèse de Doctorat.

Mon appréciation sincère va à l'endroit des enseignants Chercheurs du Département Biochimie et Microbiologie de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) d'Agroforesterie de tous rangs, grades et qualités, pour les conseils et leur disponibilité lors de mes travaux de thèse de Doctorat.

J'exprime ma reconnaissance à tous les enseignants qui ont participé à ma formation.

Je remercie monsieur ABE Rodrigue Pierre Fourier, Directeur du Centre Hospitalier Régional de Daloa (CHR) pour avoir accepté mon stage pour la réalisation de l'enquête.

J'exprime ma gratitude la plus profonde à monsieur KONAN Delafosse, Médecin, Chef de Service de Diabétologie du CHR de Daloa pour la formation et l'encadrement pendant mon stage.

Je tiens à remercier monsieur DESSI Kouassi Jonas, Infirmier Major du Service de Diabétologie du CHR de Daloa pour l'encadrement pendant mon stage.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mesdames AMOAKON Siriane, MENZAN Sonia Solange, N'KPOME Francine et Messieurs LOUAME Aubin, KOFFI Fernand, Infirmiers Diplômés d'État au Service de Diabétologie du CHR de Daloa pour la sincère collaboration pendant mon stage.

Je suis grandement reconnaissant à Mesdames TEHE Solange, SORO Irène, N'GUESSAN Florence et SANOGO Djénéba, Auxiliaires de Santé au Service de Diabétologie du CHR de Daloa pour leurs contributions à la collecte des données.

J'exprime mes plus chaleureux remerciements à mes enfants, TRAORE Tiloman Mariam, TRAORE Dossogui Siriki Kader Bertrand, TRAORE Gniré Karidja Princesse et TRAORE Zoul Salif Prince.

Je tiens à remercier mes frères Daouda, Nadoumon, Chiffolo, Ténénon et Zana et mes sœurs N'gadio, Tchéporogo et Nermegnon pour leurs soutiens moraux, leurs encouragements et leurs affections. A vous tous, je souhaite un avenir de santé, de joie, de bonheur et de succès.

J'exprime ma gratitude au Maire de KOLIA, Monsieur KONE Dotiéomé Karim pour son soutien moral au cours de la rédaction de cette thèse de Doctorat.

Je suis profondément reconnaissant au Maire de BASSAWA, Monsieur KARIDIOULA Souleymane pour m'avoir offert un ordinateur pour la rédaction de cette thèse et pour son soutien moral.

J'exprime ma gratitude à mes amis KONE N'gagolo, TOURE Comory, COULIBALY Tialafolo, KOUAKOU Gnamien Frederic, KONE Zana Bakary, FONDIO Ben Bakary, SILUE Wérikaouli, POKOU N'da Koffi Sylvère, SOUANGA Koffi Albert, OUATTARA Nangboho, CAMARA Innocent Valy, TOURE Klinnan Maxim, SOGODOGO Siaka et KANGA N'Da Konan Jean Charles qui sont toujours à mes côtés pendant les périodes difficiles.

Je tiens à remercier madame GROUTO Koffi Éléonore qui n'a ménagé aucun effort pour que je me consacre à mes travaux de recherche de thèse de Doctorat. Qu'elle trouve en ces mots toute ma gratitude et affection maternelle.

Je tiens à remercier le Conseil d'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre du Lycée Moderne Kennedy de Daloa pour leur franche collaboration.

J'exprime mes plus chaleureux remerciements à l'ensemble des Doctorants du Laboratoire d'Agrovalorisation avec qui je garde un excellent souvenir de la parfaite collaboration et des échanges fructueux pendant ces moments vécus.

Il est un devoir pour moi de réitérer ma gratitude à l'endroit de tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation du présent manuscrit.

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADA : American Diabetes Association  
ADO : Antidiabétiques oraux  
ALAT : Alanine Amino-transférase  
ASAT : Aspartate Amino-transférase  
DG : Diabète gestationnel  
DM : Diabète mellitus  
FID : Fédération internationale du diabète  
G3P : Glycérol-3- phosphate.  
GJ : Glycémie à jeun  
GLP : Glucagon-like peptide  
GLUT : Glucose transporteurs  
GPO : Phosphate déshydrogénase.  
HbA1c : Hémoglobine glyquée  
HGPO : Hyperglycémie provoquée par voie orale  
MCV : Maladies cardiovasculaires  
MODY : Maturity onset diabetes of the young  
MS : matière sèche  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
PFM : Poudre de feuille de *Moringa*  
TG : Triglycérides  
UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé  
CHR : Centre Hospitalier Régional de Daloa

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Composition biochimique de la patate douce (pour 100 g de pulpe) .....	23
Tableau II : Variations pathologiques dues au cholestérol .....	37
Tableau III: Valeurs de référence de quelques paramètres biochimiques chez le rat .....	37
Tableau IV: Valeurs de référence de quelques paramètres hématologiques chez le rat .....	40
Tableau V: Enrichissement de la farine de patate douce en poudre de <i>Moringa</i> .....	54
Tableau VI: Les standards utilisés pour les injections dans le système HPLC et les différentes longueurs d'onde .....	61
Tableau VII: Répartition selon les constantes, du type de diabète et des soins des malades...	79
Tableau VIII: Répartition des patients selon les paramètres biochimiques sanguins .....	81
Tableau IX: Répartition des malades selon les paramètres hématologiques érythrocytaires ..	83
Tableau X: Répartition des patients selon les paramètres hématologiques leucocytaires .....	84
Tableau XI: Répartition des patients selon l'antécédent familial, la sédentarité, le suivi diététique, les symptômes, l'ancienneté du diabète et le mode de sorti de l'hôpital .....	87
Tableau XII : Répartition des patients selon la consommation d'aliments sucrés et gras et la connaissance des vertus thérapeutiques du <i>Moringa</i> et de la patate douce.....	89
Tableau XIII : Teneur en macronutriments des farines de trois variétés de patate douce séchées au soleil et à l'étuve.....	100
Tableau XIV : Composition phytochimique des différentes variétés de farine de patates douces (mg/100g de MS) .....	103
Tableau XV: Teneurs en acides aminés essentiels des différentes variétés de patates douces .....	106
Tableau XVI : Teneurs en minéraux des farines de patate douce .....	110
Tableau XVII : Teneurs en vitamines des farines de patate douce .....	113
Tableau XVIII: Composés anti nutritionnelle des différentes variétés de patate douce .....	115
Tableau XIX: Teneur en macronutriments des farines formulées et leurs valeurs énergétiques .....	127
Tableau XX: Composition phytochimique des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	130
Tableau XXI: Teneurs en acides aminés des farines de patate douce enrichies en poudre de <i>Moringa</i> .....	132

Tableau XXII: Teneur en éléments minéraux des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	136
Tableau XXIII : Teneur en vitamines des farines de patate douce enrichies en poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	139
Tableau XXIV: Teneurs en Composés anti nutritionnels des farines de patate douce enrichie en poudre de <i>Moringa</i> .....	141
Tableau XXV: Taux de variation de la glycémie.....	152
Tableau XXVI: Effets des formulations sur les paramètres biochimiques sanguins des rats	155
Tableau XXVII: Taux de variation des paramètres biochimiques entre le début et la fin de l'essai.....	156
Tableau XXVIII : Paramètres érythrocytaires des rats par lot nourris avec les différentes formulations .....	167
Tableau XXIX: Paramètres leucocytaires des rats par lot.....	168
Tableau XXX : Paramètres thrombocytaires des rats par lot .....	169
Tableau XXXI : Taux de variation des paramètres hématologiques .....	170

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : morphotypes relatif aux feuilles ( 1 a et 1 b).....	20
Figure 2 : Deux différentes racines tubéreuses de patate douce (2 a et 2 b) (Dibi <i>et al.</i> , 2016) .....	21
Figure 3: Plants de <i>Moringa</i> ( Soulemane <i>et al.</i> , 2018). ....	29
Figure 4: Zone d'étude (Traoré, 2024).....	41
Figure 5: Tubercule de différentes variétés de patate douce (5a à 5c) et de feuilles de <i>Moringa</i> ( 5d).....	45
Figure 6: Rat albinos ( <i>Rattus norvegicus</i> ).....	46
Figure 7: Diagramme de fabrication de la farine de patate douce .....	52
Figure 8: Diagramme de production de la poudre de feuilles de <i>Moringa</i> .....	53
Figure 9: Répartition des patients selon le sexe .....	75
Figure 10: Répartition des patients selon les tranches d'âge .....	76
Figure 11: Répartition des patients selon la nationalité .....	77
Figure 12: Répartition des patients selon la profession.....	77
Figure 13: Répartition des patients selon le taux de plaquettes sanguines.....	85
Figure 14: Valeurs énergétiques des variétés de patate séchées au soleil et à l'étuve .....	101
Figure 15 : Teneurs en cendres des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C. ....	107
Figure 16 :Analyse en composantes principal des variétés de patate douce.....	116
Figure 17 : Teneur en cendres en fonction des formulations .....	133
Figure 18 : Analyse en composante principale des farines formulées .....	142
Figure 19 :Effet des formulations sur la glycémie des rats albinos .....	152
Figure 20 : Analyse en composante principale des paramètres biochimiques sanguins des rats .....	158
Figure 21 :Différenciation entre les rats nourris avec les formulations sur la base des paramètres hématologiques.....	172
Figure 22 : Observations au microscope de coupes histologiques des tissus du foie des rats nourris avec les formulations à base de farines de patate douce et de poudre de feuilles de <i>Moringa</i> . ....	173
Figure 23 : : Observations au microscope de coupes histologiques des tissus de reins des rats nourris avec les formulations à base de farines de patate douce et de poudre de feuilles de <i>Moringa</i> . ....	174

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Fiche d'enquête épidémioclinique du diabète au CHR de Daloa

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

---

Le diabète est une maladie métabolique non transmissible répandue dans le monde. Cette maladie résulte d'un défaut de la production ou de l'action de l'insuline (ADA, 2014) et est caractérisée par une hyperglycémie chronique à jeun supérieure ou égale à 1,26 g/L (ou 7 mmol/L). Son traitement reste depuis longtemps restreint aux changements de régime alimentaire, à l'injection d'insuline et à la prise d'antidiabétiques oraux (Gbekley *et al.*, 2015). De nos jours, l'urbanisation rapide, les régimes alimentaires non équilibrés et les styles de vie toujours plus sédentaires, se sont traduits par une hausse sans précédent du taux d'obésité et de diabète (FID, 2019).

Ainsi, les études épidémiologiques ont montré que le diabète affecte indistinctement toutes les populations et toutes les tranches d'âge (Akré *et al.*, 2021). À l'échelle mondiale, le nombre de patients diabétiques a beaucoup augmenté ces dernières années. Il y a environ 537 millions d'adultes âgés de 20 à 79 ans qui sont atteints de diabète dans le monde soit 10,5 % de la population mondiale (OMS, 2023). L'OMS annonçait 643 millions de patients diabétiques pour 2030 et 784 millions pour 2045 (FID, 2019). A cet effet, 5,6 % des hommes et 4,4 % des femmes de la population ivoirienne souffraient de diabète (OMS, 2016). En 2021, une proportion de 81 % des adultes diabétiques vivait dans des pays à revenu faible ou intermédiaire contre 79 % en 2019. De plus, 6,7 millions de personnes étaient décédées en 2021 en raison de leur diabète, soit une augmentation de 2,5 millions par rapport à 2019 qui était à 4,2 millions de décès. Ce taux de mortalité augmenterait de 51 % durant les dix prochaines années si aucune mesure urgente n'est prise. Ainsi, le diabète pourrait être la 7<sup>e</sup> cause de décès dans le monde d'ici 2030, au vu des prévisions de l'Organisation Mondiale de la Santé (Akré *et al.*, 2021).

Les dépenses allouées au diabète sont énormes en Afrique et représenteraient environ 23 % du budget total de la santé. Près de 9,5 milliards dollars US ont été dépensés pour le diabète sur le continent africain en 2019 (FID, 2019). Selon les estimations, 24 millions de personnes étaient atteintes de diabète en Afrique en 2021. Ce chiffre devrait passer à 55 millions en 2045, soit une augmentation de 129 % comparée à celle de 55 % dans le reste du monde (Diop & Diédhiou, 2015). Cependant Plus de la moitié (54 %) des personnes atteintes de diabète dans la région africaine ne sont pas diagnostiquées (Akré *et al.*, 2021). Entre 2011 et 2021, la région Africaine a enregistré une multiplication par cinq du nombre de cas de diabète de type 1 chez les enfants et les adolescents de moins de 19 ans, le nombre de cas étant passé de quatre pour 1000 enfants à près de 20 pour 1000.

En Côte d'Ivoire, le diabète représente un problème majeur de santé publique de par sa prévalence élevée (6,2 %), soit 700000 personnes atteintes dans la population (Akré *et al.*, 2021). Le coût excessif des médicaments, leurs graves effets secondaires et l'insuffisance des

## INTRODUCTION

---

infrastructures médicales amènent les populations à s'orienter vers la médecine traditionnelle qui est moins coûteuse et accessible à tous. Ainsi, l'OMS encourage la population à faire recours à la médecine traditionnelle et aux plantes médicinales pour le traitement de diverses pathologies (OMS, 2020). Ces plantes constituent un potentiel médical accessible, disponible et à moindre coût (Okigbo & Omodamiro, 2006). Il est admis que diverses plantes sont connues tant pour leurs valeurs nutritives que pour leurs vertus médicinales (OOAS, 2013).

La patate douce est l'une des plantes à racines et tubercules les plus importantes avec des utilisations domestiques et industrielles (Lebot *et al.*, 2009). Sa valeur nutritionnelle dépasse de loin celle de l'igname, du manioc et du taro (Onwueme, 1978). Ses tubercules sont riches en vitamines A et C, en fer, en calcium et en acides aminés (Sanoussi *et al.*, 2016). La patate douce a des atouts majeurs pour faire face au défi de la sécurité alimentaire dans le contexte des changements climatiques (Glato *et al.*, 2014). La patate douce est une culture économique importante en raison de son potentiel de lutte contre la pauvreté, la réduction de la cécité (en utilisant des variétés à chair orangée) et d'amélioration de l'état nutritionnel des populations rurales de manière peu coûteuse et durable (Brobbrey, 2015). La production ivoirienne était estimée à 58520 tonnes en 2021 (FAO, 2021). Des études de caractérisation de patates douces montrent qu'elles sont extrêmement riches en fibres, en antioxydants, en vitamines, en minéraux et peu caloriques (Boukhers, 2022). Cette plante est utilisée dans les pratiques de médecine traditionnelle pour traiter le diabète (Traoré *et al.*, 2023). Les recherches effectuées sur les modèles animaux et humains suggèrent un rôle possible des tubercules de la patate douce dans le contrôle glycémique (OOAS, 2013).

En plus de la patate douce, le *Moringa* (*Moringa oleifera Lam*) est aussi utilisé en médecine traditionnelle. Ces feuilles sont sources de protéines végétales, de vitamines (A, B, C et E), de minéraux (potassium, calcium, magnésium, fer, manganèse, sélénium), d'acides aminés dont les acides aminés essentiels (isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine, histidine). Une utilisation plus notable de la poudre de feuilles de *Moringa* est documentée pour le traitement et la prévention de la malnutrition, surtout chez les enfants (OOAS, 2013). Les feuilles sont utilisées pour favoriser la digestion et comme agent hypocholestérolémiant chez les personnes obèses. Elles sont également utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle (OOAS, 2013). En effet, Dolly *et al.* (2009) ont montré que les extraits aqueux de feuilles possédaient des propriétés antidiabétiques et hypoglycémiques. Également, une réduction significative de la glycosurie et de la protéinurie sont observés suite à leur utilisation (OOAS, 2013). Une autre étude en Thaïlande a révélé que le *Moringa* contient des antioxydants comme l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les

## INTRODUCTION

---

polyphénols et les caroténoïdes qui provoquent une diminution du taux de cholestérol sanguin accompagnée d'une diminution significative de la formation de plaques d'athérome (OOAS, 2013). Une étude similaire dans la même année a montré que la consommation de *Moringa* améliorerait *in vivo* le diabète (OOAS, 2013).

Ainsi, aux vues des propriétés de la patate douce et du *Moringa*, une incorporation de la poudre de feuilles de *Moringa* dans la farine de patate douce n'aurait-elle pas un effet synergique dans les traitements du diabète ? Des formulations de farine composite de patate douce et feuilles de *Moringa* n'auraient-elles pas des effets thérapeutiques chez le diabétique ? Autrement dit, l'effet synergique de la patate douce et de *Moringa* ne serait-elle pas bénéfique pour les diabétiques ?

L'objectif général de la présente étude a été de valoriser la farine de patate douce enrichie en poudre de feuille de *Moringa* pour une utilisation nutritionnelle et thérapeutique par des diabétiques. De façon spécifique, il s' est agi de :

- décrire le profil épidémiologique et clinique de la maladie à travers une enquête sur les patients en consultation au service de diabétologie du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Daloa ;
- caractériser au niveau biochimique trois variétés de patate douce séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C ;
- mettre en évidence les potentialités nutritionnelles et thérapeutiques de la farine de patate douce enrichie à la poudre de feuille de *Moringa* ;
- évaluer l'effet de la farine enrichie sur les paramètres biochimiques, hématologiques et histologiques des rats albinos.

Le travail s'articulera autour des parties suivantes :

- première partie : généralités sur le diabète, la patate douce et le *Moringa*,
- deuxième partie : matériel et méthodes,
- troisième partie : résultats et discussion.

Ce travail s'achèvera par une conclusion générale qui permettra de tirer quelques perspectives et recommandations.

# **PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS**

## 1.1. Régulation de la glycémie

### 1.1.1. Origine du glucose sanguin

Le taux de glucose dans le sang est la glycémie. Ce glucose sanguin est la source principale d'énergie pour l'organisme humain (Niiijima, 1989). Ce sucre constitue la seule source d'énergie pour certains organes ou cellules tels que le cerveau ou les érythrocytes. Il est métabolisé en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O accompagné de la production de molécules d'ATP. Les glucides alimentaires sont des sources de glucose d'origine exogène, et les sources endogènes sont la production de glucose par glycogénolyse et néoglucogenèse à partir des substrats non glucidiques tels que le lactate, le glycérol et les acides aminés glucoformateur (Hadj & Benbelal, 2020). La glycémie normale est comprise entre 3,9 et 5,8 mmol/L (soit 0,7 et 1,05 g/L). Le système hormonal, ainsi que plusieurs organes (foie et pancréas principalement) permettent de maintenir l'homéostasie du glucose au sein de l'organisme (Fatsah & Zoubir, 2012).

### 1.1.2. Transporteurs de glucose

L'homéostasie du glucose dans le sang et l'utilisation du glucose par les cellules est très importante dans l'organisme. Les transporteurs membranaires permettent au glucose de traverser différents organes, tissus et cellules dans le but d'être utilisé, stocké ou libéré (Hadj & Benbelal, 2020). Le passage du glucose postprandial à travers la paroi intestinale vers la circulation sanguine se fait grâce au symport D-glucose/Na<sup>+</sup> (Weinman & Méhul, 2004).

Un processus de transport spécifique impliquant des membres de deux classes différentes de transporteurs de glucose permet la transformation de glucose à travers les membranes cellulaires et les barrières tissulaires. Ces transporteurs comprennent des transporteurs de glucose indépendants du sodium (transport facilité ; GLUT (transporteurs de glucose)) et des transporteurs de glucose dépendants du sodium (transport actif secondaire ; SGLT (sodium-glucose transporteurs) (Shah *et al.*, 2012). Les GLUT1 et GLUT3 sont présents dans tous les tissus des mammifères, tandis que GLUT2 est trouvé dans le foie, les cellules β du pancréas et l'intestin grêle. Les GLUT4 se trouvent dans le muscle squelettique ou cardiaque et le tissu adipeux (Weinman & Méhul, 2004).

### 1.1.3. Hormone entrant dans la régulation de la glycémie.

L'insuline est une hormone polypeptidique composée de 51 acides aminés, disposés en 2 chaînes (Guindo, 2008). Les chaînes A et B sont constituées de 21 et 30 résidus d'acides aminés respectivement. Des liaisons disulfures de résidus cystéine relient les 2 chaînes (Hadj & Benbelal, 2020).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

Les cellules  $\beta$  productrices d'insuline sont situées dans de petits groupes de cellules pancréatiques endocrines connues sous le nom d'îlots de Langerhans. Chaque îlot contient jusqu'à environ 2000 cellules. Les plus gros îlots ayant un diamètre ne dépassant pas près de 0,2 mm. En plus de ces cellules productrices d'insuline, les îlots de Langerhans contiennent d'autres types de cellules endocriniennes sécrétant des hormones telles que le glucagon, la somatostatine et le polypeptide pancréatique (Malaisse, 2014). Les cellules  $\beta$  synthétisent le polypeptide (insuline) sous forme de préprohormone qui est converti dans le réticulum endoplasmique rugueux (RER) en proinsuline, puis s'opère la formation de l'insuline dans l'appareil de Golgi (Doyle & Egan, 2003). Les cellules du tissu musculaire, de l'endothélium vasculaire, du cœur et du foie effectuent la cascade insulino-dépendante. La réponse générée par les effets de l'insuline dans ces cellules est spécifique aux tissus. Dans le tissu adipeux, le muscle squelettique et le cœur, le résultat est un métabolisme du glucose *via* l'absorption du glucose dans les cellules (Hadj & Benbelal, 2020).

La vasodilatation *via* la production de protoxyde d'azote (NO) est le résultat observé dans l'endothélium vasculaire et le cœur. Le foie présente une diminution de la gluconéogenèse et une augmentation de la glycogénèse en réponse à la présence d'insuline. L'effet de l'insuline s'étend également au métabolisme des lipides et des protéines. Il stimule la lipogenèse et la synthèse des protéines et à l'inverse inhibe la lipolyse et la dégradation des protéines (Hadj & Benbelal, 2020).

### 1.1.4. Autres hormones rentrant dans la régulation de la glycémie

#### 1.1.4. 1. Glucagon

Le glucagon sécrété par les cellules  $\alpha$  dans les îlots de Langerhans agit comme la principale hormone contre-régulatrice de l'insuline et est important pour maintenir des niveaux de glucose normaux. Inversement, la sécrétion de glucagon est régulée par le glucose, inhibée pendant l'hyperglycémie et stimulée pendant l'hypoglycémie, entraînant une stimulation de la production hépatique de glucose (Gromada *et al.*, 2007). Le récepteur du glucagon est situé à la fois sur les cellules pancréatiques  $\beta$  et  $\delta$  (Svendsen *et al.*, 2018).

#### 1.1.4.2. Cortisol

Le cortisol, une hormone stéroïde, est synthétisé et libéré du cortex surrénal en réponse à l'hormone polypeptidique, ACTH (Adrenal corticotrophic hormone). Les signaux de stress chronique (douleur, hypoglycémie, hémorragie et exercice) sont transmis du cortex cérébral à l'hypothalamus et à l'hypophyse antérieure, ce qui libère de l'ACTH (Doyle & Egan, 2003).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

Dans le muscle, le cortisol favorise la dégradation des protéines dont les aminoacides sont exportés vers le foie où ils servent de précurseurs à la gluconéogenèse. Dans le tissu adipeux, le cortisol augmente la libération des acides gras et du glycérol des triacylglycérols (TAG), les premiers servent de source énergétique à divers tissus et le deuxième est utilisé comme précurseur dans la gluconéogenèse (Serge & Pierre, 2004).

### 1.2. Diabète

#### 1.2.1. Définition

Le mot diabète vient du grec « dia-baïno » signifiant « passer au travers » (Mosca *et al.*, 2013). Le diabète est un groupe de maladies métaboliques, d'étiologies diverses, caractérisé par une hyperglycémie chronique, accompagnée par une perturbation des métabolismes glucidique, lipidique et protéique, résultant d'un défaut de sécrétion et/ou d'action de l'insuline (DeFronzo *et al.*, 2015).

L'OMS définit le diabète par une glycémie supérieure à 1,26 g/L (7 mmol/L) après un jeûne de 8 heures vérifié par deux prises de sang consécutives, ou supérieur à 2 g/L quelle que soit l'heure du prélèvement en présence de symptômes cliniques (polyurie, polydipsie et amaigrissement) (Scheen & Luyckx, 2010). C'est une pathologie du métabolisme en glucose provoquée par un dysfonctionnement des cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans, sécrétrices de l'insuline, ou une mauvaise assimilation de cette dernière par les tissus périphériques (l'insulinorésistance) (Laura, 2022). Cette hyperglycémie chronique est associée, à des degrés divers, à des complications à long terme, touchant en particulier les yeux, les reins, les nerfs, le cœur et les vaisseaux sanguins (Rodier, 2008).

#### 1.2.2. Classification

La classification du diabète a longtemps été revue et révisée depuis sa première classification en 1979 (Spinass & Lehmann, 2001). Finalement, l'Association Américaine du Diabète (ADA) a proposé de nouveaux critères de diagnostic ainsi qu'une nouvelle classification selon laquelle il faut distinguer les diabètes primaires et les diabètes secondaires (ADA, 2014).

##### 1.2.2.1. Diabètes primaires

Les diabètes primaires sont classés en 3 types : le diabète de type 1 (environ 5 à 10 % de la population diabétique), le diabète de type 2 (90 à 95 %) et le diabète gestationnel (Sana, 2022).

### 1.2.2.1.1. Diabète de type 1 ou diabète insulino-dépendant (DID)

Le diabète de type 1, autrement appelé diabète insulino-dépendant ou diabète juvénile, est une maladie majoritairement auto-immune (90 % des cas). Il est le résultat de la destruction des cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans du pancréas. La destruction des cellules  $\beta$  conduit à une carence quasi complète de l'insuline et par conséquent, une élévation de la glycémie sanguine. Lorsque cette hyperglycémie se manifeste cliniquement, près de 80 % des cellules  $\beta$  sont ravagées. C'est une maladie silencieuse qui débute souvent vers le jeune âge (enfance ou adolescence) et se manifeste la plupart du temps vers la vingtaine. Elle est diagnostiquée par une glycémie élevée ainsi que par la présence d'auto-anticorps (contre les îlots pancréatiques et contre l'insuline) dans la circulation sanguine (Spinass & Lehmann, 2001).

Les personnes atteintes de cette forme de diabète ont besoin d'insuline chaque jour afin de maintenir leur glycémie sous contrôle. Sans insuline, les personnes atteintes de diabète de type 1 ne peuvent survivre. En général, le diabète de type 1 apparaît de manière soudaine et se traduit par des symptômes tels que la soif excessive et la bouche sèche, les mictions fréquentes, le manque d'énergie, la fatigue extrême, la faim constante, la perte de poids soudaine, la cicatrisation lente des plaies, les infections récurrentes, la vision trouble, etc.

Les personnes atteintes de diabète de type 1 peuvent mener une vie saine et normale grâce à la combinaison d'une insulinothérapie quotidienne, d'une surveillance étroite, d'une alimentation saine et de la pratique régulière d'une activité physique. Le nombre de personnes atteintes de diabète de type 1 est en augmentation. Les raisons de cette hausse ne sont pas encore connues avec certitude mais des médicaments, des facteurs de risque environnementaux, des événements survenant aux premiers stades de la grossesse, l'alimentation au début de la vie et des infections virales pourraient jouer un rôle (You & Henneberg, 2016).

### 1.2.2.1.2. Diabète de type 2 ou diabète non insulino-dépendant (DNID)

Le diabète de type 2 est la forme la plus courante de la maladie et représente environ 90 % de tous les cas (Holman *et al.*, 2015). Il touche généralement les adultes plus âgés, mais est de plus en plus souvent observé chez des enfants, des adolescents (Beers *et al.*, 2006). Chez les personnes atteintes de diabète de type 2, l'organisme est capable de produire de l'insuline, mais soit la quantité produite est insuffisante, soit l'organisme ne réagit pas à l'action de l'insuline, ce qui entraîne une accumulation de glucose dans le sang. De nombreuses personnes atteintes de diabète de type 2 en sont longtemps inconscientes car plusieurs années peuvent s'écouler avant que les symptômes apparaissent ou soient reconnus. Pendant ce temps, l'excès de glucose

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

dans le sang provoque des dommages à l'organisme. Le diagnostic n'est souvent posé que lorsque des complications du diabète se sont déjà développées.

Bien que les raisons de l'apparition du diabète de type 2 soient encore inconnues, il existe plusieurs facteurs de risque importants, entre autres l'obésité, une alimentation peu équilibrée, l'inactivité physique, un âge avancé, des antécédents familiaux de diabète impliquant des éléments génétiques (Vazquez *et al.*, 2007 ; Forouzanfar *et al.*, 2015). En effet, l'hérédité augmente d'environ 2 à 4 fois le risque de contracter ce type de diabète, si un des parents en a souffert (Stumvoll *et al.*, 2005), l'ethnie, une glycémie élevée pendant la grossesse qui affecte l'enfant à la naissance, etc.

Contrairement aux personnes atteintes de diabète de type 1, la majorité des personnes atteintes de diabète de type 2 n'ont pas besoin de doses quotidiennes d'insuline pour survivre. De nombreuses personnes parviennent à gérer leur maladie grâce à une alimentation saine et à davantage d'activité physique ou à des médicaments pris par voie orale. De l'insuline peut toutefois leur être prescrite si elles ne parviennent pas à réguler leur glycémie. Le nombre de personnes atteintes de diabète de type 2 augmente rapidement à travers le monde. Cet accroissement est associé au développement économique, au vieillissement des populations, à l'urbanisation galopante, à des changements d'alimentation, à une diminution de l'activité physique et à d'autres modifications du mode de vie (ASPC, 2011).

### 1.2.2.1.3. Diabète gestationnel

Les femmes qui développent une résistance à l'insuline et, par conséquent, une glycémie élevée pendant leur grossesse sont atteintes de diabète gestationnel (Guariguata *et al.* 2014). Le diabète gestationnel apparaît généralement à un stade plus avancé de la grossesse, souvent vers le 2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> trimestre. Ce trouble survient parce que l'action de l'insuline est inhibée, probablement par les hormones de croissance et placentaires ; ce qui provoquerait une insensibilité à l'insuline (également appelée insulino-résistance). Comme le diabète gestationnel apparaît généralement plus tard au cours de la grossesse, le fœtus est déjà bien formé, même si son développement n'est pas terminé (Hunt & Schuller, 2007 ; ASPC, 2011). Le risque immédiat pour le bébé n'est donc pas aussi important que pour les enfants dont la mère était atteinte de diabète de type 1 ou de type 2 avant la grossesse. Néanmoins, un diabète gestationnel non maîtrisé peut avoir des conséquences graves à la fois pour la mère et le bébé (Hunt & Schuller, 2007 ; Ali & Dornhorst, 2011 ; Negrato & Gomes, 2013).

### 1.2.2.2. Diabètes secondaires

Les autres types de diabète sont souvent appelés diabètes spécifiques, puisqu'ils sont liés à une cause bien définie. Ces causes peuvent être de nature génétique, comme le diabète MODY (Maturity Onset Diabetes of the Young), et affecter la fonction des cellules  $\beta$ . Il est aussi appelé diabète monogénique et est responsable d'environ 1 à 5 % de tous les cas de diabète (Slingerland, 2006). Le diabète secondaire peut aussi découler de l'évolution d'une autre maladie, telles que les maladies endocrines (Syndrome de Cushing ou acromégalie, hyperthyroïdie), les maladies du pancréas (pancréatite, cancer du pancréas) et les maladies du foie (cirrhose, hépatite C). Certains médicaments comme les corticoïdes peuvent aussi induire ce type de diabète (Fendler *et al.*, 2012).

### 1.2.3. Épidémiologie

Le diabète est un problème de santé majeur présent partout dans le monde. Les études épidémiologiques ont montré qu'il touche indistinctement toutes les populations et toutes les tranches d'âge.

Depuis les années 1980, plusieurs enquêtes épidémiologiques ont été conduites dans le monde afin de déterminer la prévalence du diabète. Les résultats de ces enquêtes ont fait l'objet d'une remarquable analyse par un groupe de travail de l'OMS (Monnier, 2010).

Selon la Fédération Internationale du Diabète (FID) en 2019, le nombre des adultes diabétiques entre 20 et 79 ans est estimé à 463 millions. De plus, environ 374 millions de personnes courent un risque accru de développer un diabète de type 2. En 2045, le nombre des diabétiques atteindra 700 millions. À l'échelle mondiale, le nombre de patients diabétiques est en augmentation spectaculaire ces dernières années.

En Afrique sub-saharienne, bien que les données soient insuffisantes, la prévalence et le nombre de cas, estimés respectivement à 4,8 % et 19,1 millions, seront respectivement de 5,7 % et 41,4 millions en 2035, soit une progression de 109 % comparée à celle de 55 % dans le reste du monde (Diop & Diédhiou, 2015). Une personne meurt du diabète toutes les 6 secondes dans le monde, soit plus que le SIDA, la tuberculose et la malaria (FID, 2017). En 2017, environ 15,5 millions de personnes (20-79 ans) étaient atteintes de diabète (3,3 % de la population mondiale) et 40,1 millions (8,6 %) étaient atteintes d'une intolérance au glucose et présentaient un risque élevé de contracter la maladie. Un chiffre alarmant qui devrait encore augmenter pour atteindre 102,0 millions d'ici à 2045 (FID, 2017). Le diabète est en progression dans le monde entier et les pays peinent à suivre le rythme selon la Fédération Internationale du Diabète (FID, 2017).

### 1.2.4. Physiopathologie

L'insuline est l'hormone principale de l'homéostasie du glucose. Trois principales anomalies métaboliques conduisent à l'hyperglycémie dans le diabète de type 2 : l'insulinopénie relative, la résistance périphérique à l'action de l'insuline et l'augmentation de la production hépatique de glucose. Chacune de ces altérations est actuellement bien caractérisée. Leur part relative est éminemment variable selon les patients, ce qui met en exergue l'extrême hétérogénéité physiopathologique du diabète de type 2 (Bastard & Hainque, 1995). Des anomalies de la sécrétion d'insuline sont observées chez les patients atteints de diabète de type 2, avec une détérioration progressive de la sécrétion d'insuline avec la durée d'évolution de la maladie selon l'UKPDS (1995). En effet, tant que la sécrétion  $\beta$  pancréatique est suffisante pour contrer la résistance à l'insuline, la glycémie reste normale ou modérément altérée. Ainsi, le syndrome métabolique se traduit biologiquement soit par une hyper-insulinémie et une altération de la tolérance au glucose, soit une évolution vers un diabète de type 2 lorsque les capacités sécrétoires du pancréas sont dépassées. Cette insulino-résistance concerne en premier lieu le foie, les muscles et les tissus adipeux. De même, la résistance de la cellule  $\beta$  pancréatique entraîne une altération de la sécrétion d'insuline qui précipite l'évolution vers l'hyperglycémie chronique (Bastard *et al.*, 2001).

Il existe, de plus, une corrélation étroite entre la production hépatique de glucose et la glycémie à jeun, ce qui indique un rôle primordial du foie dans l'élévation glycémique du réveil. L'augmentation de la production hépatique de glucose correspond principalement à une accélération de la néoglucogenèse (Broussolle *et al.*, 1990).

Le diabète de type 2 associé à l'obésité est caractérisé par l'augmentation de la concentration de glucose dans le sang, suite à une dysfonction des cellules  $\beta$  pancréatiques, une élévation de la production de glucose par le foie (gluconéogenèse et glycogénolyse) et une diminution de la capture de glucose par les tissus périphériques (Wellen & Hotamisligil, 2005).

Au contraire, chez les patients qui subissent une dysfonction des cellules beta-pancréatiques, la sécrétion d'insuline devient progressivement trop basse pour répondre à la demande des tissus périphériques (Prentki & Nolan, 2006). Par conséquent, la glycémie s'élève, passant de l'état normal à l'intolérance au glucose et éventuellement à la manifestation du diabète (Chang-Chen *et al.*, 2008).

### 1.2.5. Critères de diagnostic et symptômes du diabète

#### 1.2.5.1. Critères de diagnostic

La Fédération Internationale de Diabète reconnaît comme critère de diabète l'existence d'un des paramètres suivants :

- une glycémie veineuse à jeun (depuis au moins 8 heures de jeûne) supérieure ou égale à 1,26 g/L (ou 7 mmol/L) à au moins deux reprises ;
- une glycémie veineuse à n'importe quelle heure de la journée supérieure ou égale à 2 g/L (11,1 mmol/L) ;
- une glycémie 2 heures après une charge en glucose (plus de 75 g) supérieure ou égale à 2 g/L (11,1 mmol/L) associée à des symptômes du diabète (polyurie, polydipsie, amaigrissement) ;
- une hémoglobine glyquée (HbA1c) supérieure ou égale à 6,5 %.

Il s'agira d'intolérance au glucose lorsque la glycémie veineuse à jeun est inférieure à 1,26 g/L (7 mmol/L) et la glycémie veineuse à la 2<sup>e</sup> heure de l'hyperglycémie provoquée par voie orale (HGPO) ou charge en glucose supérieure ou égale à 1,4 g/L (7,8 mmol/L) mais inférieure à 2 g/L (11,1mmol/L) (FID, 2017).

#### 1.2.5.2. Symptômes

Les symptômes pour les diabètes de type 1 et de type 2 sont les mêmes mais peuvent passer inaperçus (symptômes insidieux) pendant plusieurs années (Baynes & Thorpe, 1999). L'hyperglycémie peut, dans certains cas, causer une polyurie (urines abondantes et fréquentes), de même qu'une polyphagie (augmentation de la faim) et une polydipsie (augmentation de la soif) (Alberti & Zimmet, 1998). Le diabète reste la cause de nombreuses complications pathologiques comme les maladies cardiovasculaires, l'insuffisance cardiaque, des insuffisances rénales chroniques ou encore des troubles pouvant conduire à la cécité (Grossin *et al.*, 2008 ; Giacco & Brownlee, 2010). Chez certains diabétiques, les symptômes du diabète pouvant être insidieux, la détection du pourcentage d'hémoglobine glyquée (% HbA1c) reste l'un des outils de diagnostic le plus fiable pour vérifier une anomalie dans la régulation de la glycémie. En effet, l'hémoglobine, protéine plasmatique d'une demi-vie de 120 jours, se retrouve glyquée dans le sang et constitue donc un marqueur de diagnostic de l'état diabétique d'un sujet (Gillery *et al.*, 1999).

### 1.2.6. Complications liées au diabète.

#### 1 2.6.1. Complications aigües

##### 1 2.6.1.1. Hyperglycémie

L'hyperglycémie est caractérisée par une augmentation importante du glucose dans le sang et se traduit par un dessèchement de la bouche, une soif extrême, un besoin fréquent d'uriner (polyurie), une somnolence accrue, des nausées et vomissements, associés à une perte de poids. Ces symptômes ont des origines métaboliques. En effet, la destruction des cellules  $\beta$  dans le diabète de type 1 et 2 diminue ou inhibe la production d'insuline et il en résulte une non pénétration du glucose dans les cellules et par conséquent une hyperglycémie. De plus, celle-ci s'accompagne d'une production hépatique de glucose par processus de néoglucogénèse et de glycolyse. Malgré la présence de glucose, les cellules doivent trouver un autre substrat biologique pour produire de l'énergie. Ainsi, elles vont utiliser des acides gras et des acides aminés. Ces derniers vont subir des réactions de désamination et de transamination pour pouvoir entrer dans le cycle de Krebs. En parallèle, les acides gras libres subissent le cycle de la  $\beta$ -oxydation pour aller dans le cycle de Krebs. Cependant, lors de la  $\beta$ -oxydation, il y a formation de corps cétoniques toxiques (acétone,  $\beta$ -hydroxy pyruvate et acétoacétate) qui se comportent comme des acides dans le sang et diminuent considérablement le pH sanguin ; c'est l'acidocétose. Si celle-ci n'est pas rapidement traitée, elle peut provoquer une hypotension, une altération de la fonction myocardique, une vasodilatation cérébrale et un coma, parfois mortel. De plus, l'hyperglycémie a pour conséquence la non réabsorption du glucose par le tubule rénal, ce qui entraîne une glycosurie. Elle induit également une hyperosmolarité extracellulaire, provoquant le passage de l'eau et du potassium de la cellule vers le compartiment extracellulaire. Les signes spécifiques de cette fuite hydrique sont la polyurie et la polydipsie. Si cette déshydratation n'est pas soignée, elle peut engendrer un coma hyperosmolaire (Godoy-Matos, 2014).

##### 1.2.6.1.2. Hypoglycémie

Les symptômes qui caractérisent l'hypoglycémie sont une faim insatiable, des tremblements et étourdissements, des troubles visuels associés à des maux de tête et à des changements de caractères, ainsi qu'une transpiration importante et une fatigue extrême. Elle peut survenir en cas d'inadéquation du traitement chez le patient diabétique de type 1 ou si le diabète est très fortement instable. En effet, si les doses d'insuline sont trop fortes par rapport aux besoins (efforts physiques ou alimentation), la glycémie passe sous le seuil de 0,8 g/L. Lorsque les symptômes apparaissent, il faut rapidement ingérer des glucides ayant un index glycémique

élevé (haut pouvoir sucrant) comme le sucre ou la confiture. Si l'hypoglycémie apparaît pendant la période d'action d'une insuline rapide, il est recommandé d'ingérer des glucides ayant au contraire un index glycémique plus faible comme les fruits ou le pain pour remonter la glycémie. Parfois, il peut se produire des hypoglycémies sévères pouvant entraîner des pertes de connaissance. Le recours à des injections intraveineuses de glucose ou de glucagon est indispensable pour rétablir la glycémie (Smilek *et al.*, 2014).

### 1.2.6.2. Complications chroniques

Les complications chroniques du diabète représentent aujourd'hui les causes essentielles de morbidité et de mortalité chez le patient diabétique. L'hyperglycémie à long terme aboutit à des lésions au niveau des vaisseaux à l'origine de graves complications cardiovasculaires (Eeg-Olofsson *et al.*, 2010). Le risque de maladies cardiovasculaires est de 2 à 3 fois plus élevé chez les diabétiques que dans l'ensemble de la population (FID, 2016). Les lésions concernant les petits vaisseaux sont appelées microangiopathies. Elles touchent essentiellement le rein (Berbel *et al.*, 2011), l'œil (Hammes *et al.*, 2011), et certains nerfs périphériques. A l'inverse, les atteintes des vaisseaux plus gros ou vaisseaux de conductance sont les macroangiopathies. Elles peuvent entraîner des accidents vasculaires cérébraux (AVC) (Davis & Davis, 2010) et des infarctus du myocarde (Kautzky-Willer *et al.*, 2013). Ces complications cardiovasculaires peuvent aller jusqu'à des comas.

## 1.3. Traitements du diabète et toxicité des substances sur des organes.

### 1.3.1. Traitements du diabète

Les traitements du diabète sont de deux types, les non médicamenteux (traitement hygiéno-diététiques) et les médicamenteux (antidiabétiques oraux (ADO) et insulinothérapie). Les traitements visent un équilibre glycémique optimal avec un taux de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) inférieur à 6,5 % (UKPDS, 1998).

#### 1.3.1.1. Traitements non médicamenteux

La réduction pondérale et la pratique régulière de l'activité physique (adaptée et contrôlée) ont un effet favorable sur le contrôle de la glycémie. Ce dernier ayant un effet favorable sur l'insulino-résistance. Des mesures hygiéno-diététiques doivent être mises en œuvre dès que l'HbA1c est supérieure à 6,5 %. Une alimentation équilibrée est conseillée, avec une diminution des apports en graisses saturées, des sucres et de l'alcool. Une activité physique adaptée aux possibilités de chaque patient est recommandée chez le diabétique de type 2 (DT2), car elle contribue à une amélioration de la situation métabolique (insulinosensibilité, niveau

glycémique, pression artérielle, profil lipidique etc...) et pourrait être utile pour le contrôle du poids (ANAES, 2000).

### 1.3.1.2. Traitements médicamenteux

#### 1.3.1.2.1. Antidiabétiques oraux (ADO)

Les traitements médicamenteux actuellement disponibles ont pour cible les différentes anomalies métaboliques rencontrées dans le diabète du type 2. Deux grandes familles d'antidiabétiques oraux sont connues, les insulinosensibilisateurs et les insulinosécrétagogues (Tielmans *et al.*, 2007).

Le choix des médicaments antidiabétiques doit se faire en fonction d'une évaluation de la balance bénéfices/risques, en intégrant le coût du traitement, et en favorisant une approche individuelle centrée sur le patient diabétique (Scheen, 2015). Quatre grands groupes médicamenteux sont utilisés dans le traitement du diabète (Awodele *et al.*, 2012) :

- Le premier groupe est composé des biguanides dont le chef de file est la metformine (par exemple Glucophage, Stagid, ...). Ces médicaments ont pour propriété de favoriser l'action de l'insuline dans l'organisme. Ils diminuent la production de sucre par le foie, et l'absorption du glucose au niveau de l'intestin (Awodele *et al.*, 2012) ;
- Le deuxième groupe comprend les sulfamides hypoglycémifiants parmi lesquels carbutamide, glipizide, glibenclamide, gliclazide, glibornuride, glimépiride, agissant directement sur le pancréas en stimulant la sécrétion d'insuline. Parmi eux figure le Daonil ou encore l'Amarel (Awodele *et al.*, 2012) ;
- En troisième position viennent les inhibiteurs de l'alpha-glucosidase (Diastabol & Glucor) qui agissent principalement sur l'augmentation du taux de sucre juste après les repas (glycémie post-prandiale) en ralentissant l'absorption des sucres contenus dans les aliments (Awodele *et al.*, 2012);
- Enfin, les glinides (Novonorm) agissent de la même façon que les sulfamides hypoglycémifiants en stimulant la sécrétion d'insuline. De plus, des nouveaux médicaments tels que les analogues des glucagon-like peptide-1 (GLP1), les inhibiteurs du Co-transporteur de la dipeptidyl-peptidase-4 (DPP-4) et les inhibiteurs de sodium-glucose de type 2 (SGLT2) permettent de traiter le diabète de type 2 (El-Mouhayyar, 2020).

#### 1.3.1.2.2. Insulinothérapie

L'insulinothérapie vise à prévenir les complications aiguës et chroniques en atteignant un équilibre glycémique quasi normal et en améliorant la qualité de vie du patient (Mohn *et al.*, 2012).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

L'insuline peut être administrée selon divers schémas posologiques, mais très peu de ces schémas ont été étudiés chez les enfants dont le diabète venait d'être diagnostiqué. Le choix du type d'insulinothérapie va dépendre de l'âge de l'enfant, de son style de vie et bien sûr du choix personnel de l'enfant/adolescent et de ses parents. Le but est de s'approcher le plus possible de la physiologie (Diana *et al.*, 2018).

Il existe 2 types de schémas thérapeutiques pour les injections d'insuline : schéma conventionnel et schéma intensifié.

Selon Diana *et al.*, (2018), le traitement conventionnel utilise deux ou trois injections par jour d'insuline ou d'analogues rapides.

- Les insulines rapides (Actrapid, Insuman Rapid, Umuline Rapide) ont un début d'action d'environ 30 minutes après injection pour une durée d'environ 6 heures.
- Pour les analogues rapides d'insuline (Humalog, Novorapid, Apidra), l'action débute 15 minutes environ après injection pour une durée d'environ 3 heures ;
- Il est aussi possible de faire deux injections par jour d'insuline intermédiaire (NPH). Parmi les NPH figurent Insulatard, Umuline NPH, Insuman Basal dont l'action débute environ 1 heure après injection pour une durée de 12 heures.

Selon Diana *et al.* (2018), le traitement intensifié de type basal/bolus utilise un analogue lent une fois/jour (Glargine) en principe avant le coucher ou deux fois/jour (Detemir) avec un analogue rapide pour couvrir les repas et les collations. Ce schéma permet un meilleur contrôle glycémique et moins d'hypoglycémie, mais nécessite jusqu'à sept injections par jour. Ainsi :

- les analogues rapides d'insuline (Humalog, Novorapid, Apidra) ont un début d'action d'environ 15 minutes après injection pour une durée d'environ 3 heures.
- En ce qui concerne les analogues à action prolongée (Lantus, Levemir), le début d'action est d'environ 1 heure pour une durée d'environ 18 heures pour Levemir et 24 heures pour Lantus.

Le traitement par la pompe à insuline sous-cutanée continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) permet la même flexibilité sans les nombreuses injections. Comparé aux injections multiples avec la NPH ou la Glargine, il a montré un meilleur contrôle glycémique (Dirlewanger *et al.*, 2007).

### 1.3.1.2.3. Nouvelles classes d'antidiabétiques

De nouveaux agents antidiabétiques mettent à profit des systèmes de régulation non exploités jusqu'ici dans le traitement du diabète : le système des incrétines et celui des endocannabinoïdes (Archambeaud, 2008).

#### ✓ Incrétines :

Les incrétines présentent de réels intérêts comme alternative au traitement du DT2. Elles sont des hormones peptidiques secrétées par la muqueuse digestive lors du passage du bol alimentaire. Ces incrétines libérées, en particulier le Glucose-dépendant Insulinotropic Polypeptide (GIP) et le Glucagon-Like Peptide-1 (GLP-1), passent dans le sang et induisent une augmentation de la sécrétion d'insuline par les cellules  $\beta$  du pancréas ; le GLP-1 étant le plus puissant stimulant de la sécrétion d'insuline. Par ailleurs, les incrétines sont détruites rapidement, en quelques minutes, par les enzymes peptidiques, en particulier la plus importante, la Dipeptidyl Peptidase-4 (DPP-4). Chez les diabétiques de type 2, la diminution de l'effet de l'insuline produite par les incrétines est due à une diminution de la capacité sécrétoire de la muqueuse digestive des hormones peptidiques, en particulier les deux principales, le GIP et le GLP-1. Pour pallier cette carence de l'effet des incrétines, deux solutions sont à l'heure actuelle proposées. Il peut être administré :

- soit la gliptine (un inhibiteur de l'enzyme détruisant les incrétines physiologiques) qui sont des inhibiteurs de la DPP-4 (Sitagliptine, Januvia, 100 mg par voie orale) ;
- soit un incrétinomimétique synthétique (analogues des incrétines), agoniste des récepteurs GLP-1, résistant à l'action de la DPP-4, analogue du GLP-1 physiologique (Exenatide, Byetta R, stylo prérempli de 5 et 10  $\mu\text{g}$  en solution injectable sous cutanée) (Tan & Pillon, 2009).

#### ✓ Endocannabinoïdes

L'inhibition du récepteur de type 1 (CB1) des endocannabinoïdes endogènes améliore la sensibilité à l'insuline, abaisse la glycémie et ralentit l'athérosclérose (DeMiguel-Yanes *et al.*, 2011).

### 1.3.2. Toxicité des substances sur des organes

#### 1.3. 2.1. Toxicité sur le foie

L'hépatotoxicité est définie comme le pouvoir qu'a une substance comme les médicaments de provoquer des dommages au foie. La toxicité de substance sur le foie se manifeste sous forme d'inflammation (hépatite) ou encore de nécrose (mort des cellules du foie), dans les cas plus sévères. La stéatose hépatique survient lorsqu'il y a accumulation de gras dans le foie. Le foie

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

est un organe important car il permet à l'organisme d'éliminer les substances nuisibles auxquelles il est quotidiennement exposé (Dana & Benichou, 1993).

### 1.3.2.2. Toxicité sur les reins

Les néphropathies sont causées par l'ingestion, l'inhalation et l'injection chronique de médicaments, de produits chimiques/biologiques, de métaux lourds et de solvants qui sont toxiques pour les reins. Ces derniers entraînent des changements fonctionnels et/ou structuraux des reins qui sont irréversibles (Van & Schnellmann, 2003). La néphropathie induite par l'ingestion de chlorure de mercure qui endommage le tubule proximal et celle aux herbes toxiques qui induit une fibrose rénale sont de ce groupe (Nortier *et al.*, 2015).

## 1.4. Patate douce

### 1.4.1. Origine et distribution

La patate douce (*Ipomoea batatas*) est originaire d'Amérique tropicale, notamment d'Amérique centrale et méridionale (Janssens, 2001). Elle a été probablement introduite simultanément sur les côtes Est et Ouest (Angola & Mozambique), avant de se propager à l'intérieur de l'Afrique. D'autres introductions de la culture ont été faites plus tard en provenance de l'Inde vers l'Afrique de l'Est, sous l'influence de la colonisation britannique (Low *et al.*, 2009). La plante est inconnue à l'état sauvage. Elle a été répandue depuis très longtemps dans toutes les zones tropicales et subtropicales, aussi bien en Amérique et en Océanie qu'en Asie et en Afrique. La patate douce est également connue sous le nom de « *Kumara* » en Polynésie, où elle était déjà cultivée avant les explorations européennes. Au Japon, elle est connue sous le nom de « *Satsuma imo* » du nom de l'ancienne province de Satsuma de laquelle elle est originaire. Sa culture en France date seulement de 1750 (Fritzinger, 2016). En effet, les Portugais d'abord ont transféré des clones antillais par une voie appelée « *Batatas* » via l'Europe méditerranéenne, l'Afrique, l'Inde, l'Indonésie et la Chine. La voie « *kamote* » était plutôt utilisée par les galions espagnols au départ du Mexique, vers les Philippines, la Chine et le Japon.

### 1.4.2. Caractéristiques et description botanique

La patate douce est une plante herbacée, vivace, mais annuelle en culture de la famille des Convolvulacées (Dibi *et al.*, 2016). Il existe plus de 50 genres appartenant à cette famille dont « *Ipomoea* » avec plus de 1000 espèces dont *l'Ipomoea batatas* (Randrianarisoa, 2005). Les variétés les plus connues sont les variétés à chair blanche et ceux à chair pourpre ou orange. Ces variétés comportent en eux plusieurs cultivars (Figure 1). Les tiges de la patate douce, herbacées et rampantes portent des feuilles de forme variable, généralement lobées (Figure 1a),

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

parfois découpées (Figure 1b) et longuement pétiolées « 5 à 30 cm de long » (Mathieu-Daudé *et al.*, 2001). Quant à ses fleurs, elles sont de couleur blanche ou violette et groupées le long de la tige. La fructification de cette plante est très rarement observée en culture (Tumwegamire *et al.*, 2014). Quant aux tubercules, ce sont des racines qui peuvent descendre jusqu'à 2 m sous terre et extrêmement variables : globulaires ou allongées. Leur poids varie entre 0,1 et 0,5 Kg (Dibi *et al.*, 2016) et contiennent un latex blanc et gluant (Mathieu-Daudé *et al.*, 2001). Selon la variété, la pelure et la chair des tubercules peuvent être de couleur blanche, jaune-orangée, orange ou pourpre (Bell *et al.*, 2000). Le système racinaire fasciculé donne naissance à des racines qui s'incurvent vers le bas en formant des racines tubéreuses de formes et de couleurs de chair variables (blanches, jaune-orangées, rouges ou violettes) (Figure 2). Ces racines tubéreuses légèrement sucrées car riches en glucides et en fécules, mais pauvres en protides, sont comestibles (Austin *et al.*, 1970). Selon Dibi *et al.* (2016), la patate douce renferme un grand nombre de variétés cultivées. Celles-ci se distinguent par la morphologie et la coloration de certains organes tels que les feuilles, les pétioles, la tige et les racines tubéreuses. Elles se distinguent aussi par le port de la plante, la durée du cycle, le rendement, la cuisson et par le goût. Ces variétés peuvent être groupées selon l'utilisation des feuilles et des racines (Austin *et al.*, 1970). Au niveau des paysans, il n'est pas aisé de se retrouver parce qu'il existe beaucoup de synonymies et d'homonymies chez les variétés de patate douce. La dénomination des variétés repose sur des critères géographiques, botaniques et agronomiques. Quelquefois, plusieurs variétés sont connues sous le même nom ou une même variété est appelée différemment à l'échelle même d'une région (Dibi *et al.*, 2016).

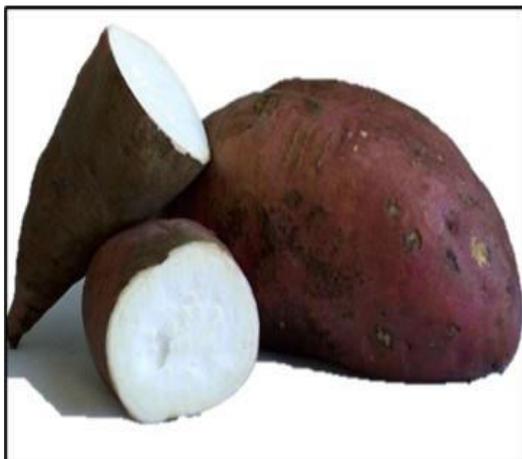


1 a : feuilles lobées (Dibi *et al.*, 2016).



1 b : feuilles découpées (Dibi *et al.*, 2016).

Figure 1 : morphotypes relatif aux feuilles ( 1 a et 1 b)



2 a : Peau violette à chair blanche



2 b : Peau violette à chair jaune orangé

Figure 2 : Deux différentes racines tubéreuses de patate douce (2 a et 2 b) (Dibi *et al.*, 2016)

### 1.4.3. Position systématique

La classification systématique de la patate douce est la suivante (Cronquist, 1981) :

Règne :	Plantae
Embranchement :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Solanales
Famille :	Convolvulaceae
Genre :	<i>Ipomoea</i>
Espèce :	<i>Ipomoea batatas</i>

### 1.4.4. Exigences écologiques

La culture de la patate douce est facile et peu exigeante ; ce qui lui permet de s'adapter à divers climats. Effectivement, elle peut être cultivée en tant que plante annuelle tant en région tempérée chaude qu'en région tropicale (Mathieu-Daudé *et al.*, 2001). En zone tropicale, la culture peut être pratiquée à tout moment de l'année. Cependant, la récolte se fait après la saison des pluies, car les racines tubéreuses sont susceptibles de s'altérer en cas d'excès d'humidité (Dibi *et al.*, 2016).

### 1.4.5. Statistique de production

Selon Hironori *et al.* (2007), la patate douce occupe la septième position (7<sup>e</sup>) en termes de culture alimentaire mondiale, après le blé, le riz, le maïs, la pomme de terre, l'orge et le manioc.

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

Dans les pays tropicaux, elle occupe la deuxième place en termes de racines et de tubercules après le manioc (FAOSTAT, 2015), et elle occupe la troisième place en Afrique subsaharienne après le manioc et l'igname (Karyeija *et al.*, 1998). La production la plus importante est obtenue en Asie avec plus de 75 %, suivie de l'Afrique avec 20 %, de l'Amérique avec 4 % et de l'Europe à inférieure à 1 %. En Asie, les surfaces emblavées sont de 4,02 millions d'hectares et en Afrique, de 3,74 millions. En Afrique, la Tanzanie est le premier pays producteur (3,47 millions de tonnes), suivi du Nigéria (3,45 millions de tonnes), de l'Ouganda (2,59 millions de tonnes), le Kenya (1,15 million), le Madagascar (1,13 million) et du Rwanda (1,08 million). La Côte d'Ivoire a une production de 47 914 tonnes (FAOSTAT, 2015). Cette production est essentiellement composée de patate douce à chair blanche et jaune-orangée. La patate douce est cultivée dans toutes les régions du pays (FAOSTAT, 2018)

### 1.4.6. Composition nutritionnelle

La composition chimique de la patate douce dépend de la variété, du type de sol et la période de culture (Ruiz, 1984). C'est un légume nutritif et une excellente source de vitamines. La patate douce est énergétique, riche en vitamines et en minéraux (potassium majoritairement), en fibres alimentaires et en protéines. En outre, elle est composée de plus de 80 % de glucides (en base sèche), principalement sous forme d'amidon (Ruiz, 1984). Sa teneur en sucres et en amidon est fortement dépendante de la variété. Les glucides varient de 13,4 à 29,2 % dont 4,8 à 7,8 % de sucres réducteurs, ce qui fait évoluer sa valeur nutritionnelle entre 110 et 125 calories pour 100 g. C'est également une bonne source de vitamines A et B (cette dernière étant sous différentes formes chimiques : thiamine, riboflavine, niacine). Sa teneur en eau est importante (59,1 - 77,7 %) et elle contient peu de protéines (2,0 - 2,9 %) et de lipides (0,3 - 0,8 %) (NEPA, 2006). Les tubercules frais contiennent généralement une faible teneur en matières solides solubles, mais celle-ci tend à augmenter au cours du stockage sous l'effet de la déshydratation. La patate douce fraîche contient entre 16 et 40 % de masse sèche, composée principalement de glucides (entre 75 et 90 % de glucides totaux) sous forme d'amidon, de sucres, de cellulose, de pectine et d'hémicellulose (Bouwkamp, 1985). La patate douce contient des minéraux variés : calcium (30 mg / 100 g), phosphore (49 mg / 100 g), potassium (273 mg / 100 g), magnésium (24 mg / 100 g), soufre (26 mg / 100 g) et sodium (13 mg / 100 g) (UNIFESP, 2008). Les feuilles de la patate douce sont également très nutritives et peuvent être consommées comme n'importe quel autre légume vert (UNIFESP, 2008). La FAO classe les feuilles de la patate douce comme un des dix principaux légumes source d'antioxydants d'Asie (Dibi *et al.*, 2016) (Tableau I).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

Tableau I: Composition biochimique de la patate douce (pour 100 g de pulpe)

Composés	Valeurs nutritives
Calories (Kcal / 100 g)	114
Protéines (g /100 g)	1
Glucides (g /100 g)	28
Lipides (g /100 g)	0
Fibres alimentaires (g /100 g)	2,6
Cendre (g /100 g)	0,9
Potassium (mg /100 g)	340
Phosphore (mg /100 g)	36
Calcium (mg /100 g)	21
Magnésium (mg /100 g)	17
Sodium (mg /100 g)	9
Fer (mg /100 g)	0,4
Manganèse (mg /100 g)	0,2
Zinc (mg /100 g)	0,2
Cuivre (mg /100 g)	0,11
Thiamine (mg /100 g)	0,06
Riboflavine (mg /100 g)	0,02

(NEPA, 2006).

### 1.4.7. Conservation et mode de séchage des tubercules

#### 1.4.7.1. Stockage des tubercules

Le stockage des racines tubéreuses doit se faire dans un endroit frais, aéré et sec, à l'abri de la lumière et à une température idéale de 12 à 14 °C. Il est déconseillé de mettre les racines tubéreuses dans le réfrigérateur. En cas de possibilité, un pré-stockage pendant 6 à 8 jours en atmosphère chaude et humide (28-30 °C et une hygrométrie d'au moins 80 %) améliore la saveur et la texture des racines et prolonge la durée de conservation. Mais, ces conditions ne sont pas faciles à réunir sous nos climats (Dibi *et al.*, 2016). Dans la plupart des régions d'Afrique, les températures de stockage moyennes dépassent largement 16 °C et les paysans ne sont pas non plus en mesure de contrôler l'humidité. La période de stockage est par conséquent limitée à un ou deux mois au maximum (Issa *et al.*, 2015).

Dans les pays développés, après la récolte des patates douces, on pratique le pré-stockage, qui s'effectue idéalement à 30 °C avec une humidité relative de 80 à 90 %. Après le pré-stockage, les patates douces peuvent être stockées pendant 4 à 7 mois dans des conditions appropriées, notamment avec une bonne ventilation. Les patates douces sont nettoyées en les brossant ou en les lavant et parfois même en les cirant avant de les emballer dans des boîtes, des caisses ou des paniers destinés au marché (Hayma, 2004).

Les patates douces sont attaquées par un certain nombre de pourritures, dont la pourriture noire causée par le champignon *Ceratocystis fimbriata*. Ces derniers détériorent les patates douces

après la récolte, lors du transport et durant la conservation, causant des pertes très importantes dans les lots expédiés (Bell *et al.*, 2000).

Dans certaines régions d'Afrique, les tubercules sont souvent épluchés, tranchés et séchés pour prolonger leur conservation (Antonio *et al.*, 2011). La durée de conservation peut être prolongée lorsque les produits sont convenablement conditionnés avec un emballage étanche à l'eau, à l'air et aux arômes (Bit, 1980).

### **1.4.7.2 Mode de séchage des tubercules**

Le séchage provoque une réduction de l'activité de l'eau du produit, c'est-à-dire que l'eau devient peu disponible pour les micro-organismes et les réactions chimiques. Un produit est généralement considéré stable lorsque son activité d'eau ( $a_w$ ) est inférieure ou égale à 0,65 (Thebud & Santarius, 1982). Différentes méthodes de séchage existent dont le séchage solaire, par atomisation et à l'étuve.

#### **1.4.7.2.1. Séchage solaire direct**

Le séchage solaire est pratiqué depuis longtemps et c'est le séchage solaire direct à l'air libre qui a été adopté de par sa simplicité d'utilisation et sa gratuité. Cette méthode se pratique simplement en exposant directement les produits aux rayons solaires. Ainsi, le tubercule est étalé sur les rocs, les toits des maisons, à même le sol ou sur des nattes. Cependant, le séchage solaire direct traditionnel présente plusieurs inconvénients :

- La forte dépendance vis-à-vis des conditions climatiques : sécher un produit en saison sèche donne de bons résultats. Lors d'une dégradation momentanée des conditions climatiques (augmentation de l'humidité relative de l'air par augmentation de l'humidité absolue), le séchage à l'air libre s'avère inopérant et les pertes sont importantes ;
- La faible qualité nutritionnelle et microbiologique du produit séché, ainsi que ses caractéristiques organoleptiques ;
- Les effets cumulés d'une exposition directe au soleil (pertes en vitamines, brunissement non-enzymatique), de l'activité enzymatique (destruction du produit) et du développement microbien (risque de présence d'éléments pathogènes) donnent des produits finaux indésirables (Rozis, 1995).

#### **1.4.7.2.2. Séchage solaire amélioré**

Plusieurs types de séchoirs ont été mis au point dans le monde pour profiter de l'énergie solaire. Dans ces séchoirs solaires, les produits disposés sur des claies sont mis dans une enceinte plus ou moins fermée pour les protéger des souillures et contaminations potentielles. Dans les

modèles les plus simples, les claies sont constituées d'un cadre en bois dont le bas est recouvert d'une toile en matière synthétique. Les produits à sécher sont posés sur la toile et le tout est recouvert par une autre claie de même type (Ouaouich *et al.*, 2005). Ces dispositions empêchent tout contact du produit avec l'environnement (insecte). Les claies ainsi recouvertes sont déposées sur un support d'environ 1 m de haut et exposées directement au soleil. Aussi cette méthode possède-t-elle l'inconvénient d'être dépendante de la source d'énergie solaire. La nuit ou par temps nuageux, le processus de déshydratation ralentit et peut même s'arrêter ou s'inverser, allongeant la durée de séchage. De plus, les réhydratations multiples des produits influent négativement sur leur qualité. Ceci a amené à concevoir des méthodes de séchage où l'air chaud est produit régulièrement et les paramètres de séchage maîtrisés. C'est le cas du séchage électrique (Ouaouich *et al.*, 2005).

### 1.4.7.2.3. Séchage thermique

Pour les techniques d'élimination d'eau par voie thermique, trois mécanismes de séchage peuvent être mis en œuvre pour extraire l'eau d'un produit : le séchage par ébullition, par entraînement et par sublimation (lyophilisation) (Ouaouich *et al.*, 2005).

### 1.4.8. Produits dérivés de la patate douce

La transformation la plus courante en Afrique est la conversion en farine. Les tubercules de patates douces, pelés et coupés en petits morceaux, puis séchés et broyés, donnent une farine de couleur diverse suivant les variétés. La patate douce est quelquefois découpée en tranches et séchée au soleil, puis réduite en farine pour la fabrication de pain et de confiseries (Ndangui, 2015). Il existe une forme de transformation consistant à couper les tubercules en rondelles, à les faire bouillir légèrement et à les sécher au soleil avant de les ensacher pour le stockage (Bell *et al.*, 2000). Ces rondelles, qui se consomment ensuite sous forme de chips, peuvent également être servies après une seconde ébullition. L'amélioration de cette méthode et sa vulgarisation potentielle est actuellement envisageable. Les techniques de transformation, telles que la mise en boîte, la congélation ou la déshydratation, ont été développées dans des pays industrialisés comme les Etats-Unis. Certains restaurants de la côte Ouest des Etats-Unis proposent des frites de patate douce. Au Japon, une importante quantité de la production totale est utilisée pour la production d'amidon entrant dans le textile, le papier, le cosmétique, le sirop de glucose et en industrie alimentaire. La Chine possède en revanche une longue tradition de transformation artisanale de la patate douce en pâtes, cossettes, amidon, gâteaux, ainsi qu'en diverses friandises

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

et autres produits, dont l'Afrique pourrait elle aussi profiter (Bell *et al.*, 2000). La National Aeronautic and Space Agency (NASA) effectue des recherches sur la patate douce comme céréales pour le petit-déjeuner (Ndangui, 2015). La patate douce est également utilisée dans la production d'acide lactique ou d'acide polylactique, employés dans la fabrication des plastiques biodégradables (Ndangui, 2015).

### 1.4.9. Différents usages

La patate douce représente une matière première largement utilisée dans l'industrie agroalimentaire pour la production de fécule et la transformation en alcool et colorant, mais aussi pour l'alimentation humaine et animale (Champagne, 2010).

Elle peut être consommée bouillie, cuite au four, rôtie, ou frite. Dans de nombreux pays, elle est consommée bouillie avec la peau (puis épluchée) car étant la transformation la plus simple et la moins coûteuse. Au Pérou et à Taïwan, la patate douce bouillie est mélangée à du riz blanc. Les feuilles de la plante peuvent aussi être préparées bouillies ou cuites à la vapeur, seules ou mélangées à d'autres aliments. Au Philippines, un plat appelé *sinapaw* est préparé à base de feuilles de patate douce et de riz (N'Diaye, 2010).

Aux Etats-Unis, de grandes quantités de patates douces sont mises en conserves, mais ce procédé est trop cher pour les pays en développement. La patate douce est mise en boîte entière, divisée en deux ou en gros morceaux, ainsi qu'en sirop ou sous vide et sans liquide. La stérilisation instantanée des produits en boîtes, augmente la durée de conservation ainsi que la qualité. De nombreux autres produits similaires existent, à savoir : des confitures, des jus, des sucreries, des sauces, des pâtés et des purées. Ces produits sont commercialisés en quantité aux Etats-Unis et au Japon. L'élaboration de ces produits est possible grâce à l'utilisation de variétés très riches en sucres.

En Asie, et plus particulièrement en Chine, l'un des plus gros producteurs mondiaux, des usines de transformation produisent des sirops de glucose et de fructose à partir de copeaux séchés de patates douces grâce à la conversion de l'amidon. L'acide citrique, un exhausteur de goût et conservateur est aussi obtenu à partir de l'amidon de patate douce en Chine et au Japon. Les entreprises chinoises de fabrication d'alcool à base de patates douces utilisent couramment des copeaux asséchés comme matière première, ce qui exige de les produire tout au long de l'année (Woolfe, 1992).

Au Japon, la production de Shochu, un alcool très apprécié, nécessite une fermentation dans des usines modernes automatisées. Les patates douces non-pelées sont nettoyées à la main et les parties indésirables sont éliminées avant le lavage, la cuisson à la vapeur et le broyage en

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

pâte. Un important inoculum de *Aspergillus niger* ou *A. kawachii* fournit les enzymes qui hydrolysent l'amidon en sucres. Durant la fermentation de la pâte, il y a simultanément une transformation de l'amidon en sucres et une fermentation de ces sucres en alcool grâce à la levure *Saccharomyces cerevisiae*. L'alcool est ensuite distillé et différents lots de distillerie peuvent être mélangés. Ainsi, un produit homogène est obtenu et ajusté à 20 % (v/v) puis, enfin, mis en bouteilles (Woolfe, 1992).

La patate douce possède deux types de pigments potentiellement intéressants comme colorants naturels pour l'industrie alimentaire : les caroténoïdes qui sont des colorants jaune orangé ou orange et les anthocyanes qui sont de teinte rouge, violette ou bleue. (Lebot, 2009).

Sur le plan alimentaire, les feuilles et les pousses tendres de patate douce sont utilisées comme condiments. Elles sont en effet utilisées dans la préparation de sauces dans de nombreuses régions en Afrique et aux Philippines (Owori *et al.*, 2007).

Dans l'alimentation animale, les feuilles ainsi que les pousses de patate douce peuvent servir à l'alimentation des herbivores ou bien des lapins ainsi que du bétail ; elles constituent un excellent fourrage tant à l'état frais qu'après dessiccation.

### 1.4.10. Utilisations médicinales

La consommation de légumes crucifères ainsi que de la patate douce était associée à un risque moindre de cancer de la vésicule biliaire. Les aliments de type racine contenant beaucoup d'amidon, tels que la patate douce, les pommes de terre et le taro, seraient associés à un plus faible risque de cancer du rein (Kokou *et al.*, 2019).

La patate douce, grâce aux composés phénoliques et aux anthocyanines qu'elle contient, pourrait prévenir et diminuer l'oxydation du « mauvais » cholestérol (LDL), facteur de risque des maladies cardiovasculaires. Les anthocyanines retrouvées dans la patate douce pourpre diminueraient aussi la progression du dépôt de graisse sur les vaisseaux sanguins (Kokou *et al.*, 2019). Au laboratoire, il est démontré que les extraits de feuilles entraîneraient une relaxation des vaisseaux sanguins, particulièrement ceux de l'aorte même si ces résultats doivent encore être approfondis (Kokou *et al.*, 2019).

La consommation de patates douces pourpres améliore la fonction du foie chez des hommes susceptibles de souffrir d'une hépatite et diminue les taux d'enzymes hépatiques, donc le niveau de dégradation des cellules du foie (Kokou *et al.*, 2019).

La patate douce est un aliment souvent recommandé aux diabétiques car elle a un indice glycémique (IG) plus faible que beaucoup d'autres féculents (Anonyme, 2015). Un extrait de type de patate douce à pelure blanche pourrait diminuer la résistance à l'insuline, et donc

améliorerait le contrôle du taux de sucre des personnes souffrant de diabète de type 2 (Kokou *et al.*, 2019). L'ingrédient « antidiabétique » de la patate douce à pelure blanche stimule la réponse immunitaire. De plus, un type de sucre (polysaccharide) extrait de la patate douce exercerait des effets bénéfiques sur le système immunitaire de l'animal, entre autres en augmentant la prolifération des lymphocytes et la fonction phagocytaire, deux systèmes de défense de l'organisme (Kokou *et al.*, 2019).

### **1.5. *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam)**

#### **1.5.1. Origine et distribution**

*Moringa oleifera* Lam est une espèce originaire des régions d'Agra et d'Oudh, au Nord-Est de l'Inde, au Sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya. Il est cultivé aujourd'hui dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde. Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du XX<sup>e</sup> siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période (Aissou & Boudjelal, 2017). *Moringa* peut se trouver dans des zones très arides comme le Sahara, mais il préfère les climats semi-tropicaux humides.

#### **1.5.2. Description botanique**

##### **1.5.2.1. Morphologie de la plante**

*Moringa oleifera* L. est un petit arbre à feuilles caduques à croissance rapide et à feuilles persistantes qui pousse généralement jusqu'à 10 ou 12 m de hauteur (Figure 3). Il a une couronne ouverte et étalée de branches tombantes et fragiles, un feuillage plumeux de feuilles tripennées et une écorce épaisse, liégeuse et blanchâtre (Roloff *et al.*, 2009). Alternes et bi ou tripennées, les feuilles de *Moringa oleifera* L. se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long et sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes. De plus, elles ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long (Laleye *et al.*, 2015).

Après 8 à 12 mois, l'arbre commence à fleurir (Price, 2007). La floraison se fait presque toute l'année, suivant les endroits et la période d'émondage (Atakpama *et al.*, 2014). Les fleurs individuelles mesurent environ 0,7 à 1 cm de long et 2 cm de large (Roloff *et al.*, 2009).

Les fruits sont pendants, linéaires, gousses à trois côtés avec neuf arêtes longitudinales, généralement de 20 à 50 cm de long, et 2,0 à 2,5 cm de large. Les gousses, chacune contenant généralement jusqu'à 26 graines de couleur vert foncé pendant leur développement, prennent environ 3 mois pour mûrir après la floraison (Chukwuebuka, 2015). Un arbre peut produire

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

15000 à 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25 % du poids de la graine ( Soulemane *et al.*, 2018).



Figure 3: Plants de *Moringa* ( Soulemane *et al.*, 2018).

### 1.5.2.2 Systématique et nomenclature de la plante

*Moringa oleifera* L. appartient à la famille monogénérique des arbustes et est l'espèce la plus connue parmi 14 espèces des arbres des Moringaceae (Behnas & Benabdel, 2021). Selon Laleye *et al.* (2015) la Position systématique de *Moringa oleifera* est la suivante :

Régne :	Plantae
Division :	Magnoliopyte
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Capparales
Famille :	Moringaceae
Genre :	<i>Moringa</i>
Espèce :	<i>Moringa oleifera</i> Lam

### 1.5.3. Écologie

Le *Moringa* est une plante extrêmement adaptable, capable de prospérer dans des environnements très arides comme le Sahara, ainsi que dans des climats semi-tropicaux humides. Grâce à sa racine tubéreuse, il peut survivre plusieurs mois sans eau. Lorsqu'il est coupé ou que ses jeunes pousses sont brûlées par le soleil, il repousse rapidement avec les premières pluies (Melesse *et al.*, 2012).

### 1.5.4. Composition nutritionnelle des feuilles

*Moringa oleifera* Lam est l'une des espèces les plus prometteuses en ce qui concerne son haut pouvoir antioxydant et sa teneur élevée en micronutriments. Ces feuilles sont utilisées pour préserver les aliments grâce à leur pouvoir antioxydant (Siddhuraju & Becker, 2003 ; Sreelatha & Padma, 2009). Elles sont une bonne source de nutriment et d'exposition antitumorale, activités anti-inflammatoires, anti-ulcères, antiathérosclérotiques et anticonvulsives (Chumark *et al.*, 2008). Les feuilles de *Moringa oleifera* Lam peuvent être consommées fraîches, cuites ou stockées sous forme de poudre sèche pendant plusieurs mois (Arabshahi *et al.*, 2007). Plusieurs travaux ont mis en évidence les qualités nutritionnelles exceptionnelles des feuilles de *Moringa oleifera* Lam, qui sont utilisées dans l'alimentation en raison de leur richesse en protéines (35,03 mg/100 g), en calcium (1526,74 mg/100 g), en potassium (888,50 mg/100 g), en magnésium (428,87 mg/100 g), en fer (18,86 mg/100 g), en zinc ( 2,13 mg/100 g), en manganèse (0,36 mg/ 100 g), en cuivre (0,48 mg/ 100 g), en sodium (77,17 mg/100 g) et en phénols totaux (236,5 mg EAG/g de MS) (Atakpama *et al.* 2014 ; Hekmat *et al.*, 2015). Elles contiennent également de la vitamine A (19 mg/100 g), B (22 mg/ 100 g), C (22 mg/100 g), et E (39 mg/100 g) (Atakpama *et al.* 2014 ; Hekmat *et al.*, 2015) et sont considérées comme de bonnes sources de phyto-nutriments tels que les caroténoïdes et les tocophérols (Saini *et al.*, 2014).

Les minéraux occupent une part importante de la matière sèche des feuilles de *Moringa oleifera* Lam avec des teneurs de 0,6 à 11,42 % de MS (Djeneba *et al.*, 2022). La matière grasse contenue dans les feuilles de *Moringa oleifera* Lam varie de 2,3 à 10 % MS. Les feuilles fraîches sont cueillies, desséchées, broyées en poudre et ensuite stockées plus tard comme aromatisant ou additif alimentaire. Comparées à d'autres aliments, les feuilles de *Moringa oleifera* Lam contiennent (poids par poids) 4 fois plus de calcium que le lait, 7 fois plus de vitamine C que l'orange, 3 fois plus de potassium que la banane, 3 fois plus de fer que les épinards, 4 fois plus de vitamine A que la carotte et 2 fois plus de protéines que le lait (Mahmood *et al.*, 2010; Bhagave *et al.*, 2015). Les feuilles de *Moringa oleifera* Lam sont un légume de bonne qualité nutritionnelle et sont l'un des meilleurs légumes tropicaux. La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée. En effet, les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines A et C, un complexe de vitamines B, du fer, du calcium, des protéines, du zinc, du sélénium. Les études menées au Sénégal montrent que les teneurs en protéines des produits de *Moringa oleifera* sont le plus souvent supérieures à celles de plusieurs légumes et feuilles consommées en Afrique et font de *Moringa oleifera* une véritable source de protéines végétales. Cette teneur varie entre 19-35 % MS (Ndong *et al.*, 2007).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

Ces différents auteurs ont trouvé que les feuilles matures contiennent moins de protéines que les jeunes feuilles du fait de leur teneur élevée en fibres, notamment en cellulose brute variant de 9,13-28,2 % MS. La teneur en acides aminés (en g/16 g N) des feuilles fraîches est plus faible que celle des feuilles traitées à l'éthanol. Ceci est dû à une quantité plus importante d'azote non protéique dans les feuilles fraîches (4,7 % contre 2,7 %) (Zarkadas *et al.*, 1995). Tous les acides aminés essentiels (leucine, isoleucine, valine, phénylalanine, thréonine, méthionine, lysine, tryptophane et histidine) sont présents à une concentration supérieure par rapport à celle préconisée par la FAO, l'OMS et l'ONU pour les enfants de 2 à 5 ans. La teneur en acides aminés de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera Lam* est comparable à celle du tourteau de soja avec une digestibilité de 79,2 % (Ly *et al.*, 2001). Ayant une teneur relativement élevée en énergie métabolisable, 2273 et 2978 Kcal/ Kg MS (Olugbemi, 2010), les feuilles de *Moringa oleifera Lam* contiennent une très grande concentration en vitamines A (6,8 mg), B (423 mg), C (220 mg) etc ; en minéraux (fer, calcium, zinc, sélénium, etc.) et sont riches en  $\beta$ -carotène (Mborra *et al.*, 2004). En somme, *Moringa oleifera Lam* se caractérise par une forte teneur en nutriments, en antioxydants, en glucosinolates, en composés phytochimiques et par ses qualités organoleptiques. Cependant, le stade de maturation des feuilles et la saison de récolte peuvent influencer sur ses teneurs, d'un facteur de 1,5 à 3 en particulier pour le  $\beta$ -carotène, le fer. Après extraction, les feuilles de *Moringa oleifera Lam* constituent toujours une bonne source de protéines, de lipides, de minéraux et de fibres (Gupta *et al.*, 1989). *Moringa oleifera Lam* possède une activité antioxydante due à la présence de différentes variétés d'antioxydants comme l'acide ascorbique, les flavonoïdes et les caroténoïdes (Anwar *et al.*, 2005). Les acides phénoliques sont les composés phénoliques prédominants dans l'extrait de feuilles de *Moringa*. L'acide caféique, l'acide  $p$ -coumarique, l'acide férulique, l'acide 5-caféoylquinique et l'acide 3-caféoylquinique sont présents dans toute la plante à l'exception des racines, des fruits et des graines. Le taux le plus élevé d'acide caféique est retrouvé dans les feuilles des arbres en floraison (Bennett *et al.*, 2010). L'acide gallique, l'acide ellagique et l'acide vanillique sont également retrouvés dans les extraits obtenus à partir des feuilles, des fruits ou bien des graines (Singh *et al.*, 2009). Les minéraux prédominants dans les tissus du *Moringa* sont le potassium, le calcium et le magnésium. Ces minéraux sont retrouvés principalement dans les feuilles de cette plante. Le potassium est également retrouvé dans les fruits. Le magnésium est présent en quantité importante dans les feuilles et dans les graines (Bennett *et al.*, 2010). La composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera* varie en fonction de différents facteurs. Les sources de variabilité peuvent être : la nature du sol, le climat, la saison et l'âge de la plante.

Interviennent aussi, les divers traitements de séchage et procédures de stockage ainsi que l'utilisation de techniques d'analyses différentes (Vongsak *et al.*, 2013).

### **1.5.5. Domaine d'utilisation**

#### **1.5.5.1. Alimentation**

##### **1.5.5.1.1. Humaine**

La sécurité alimentaire est préservée en particulier dans la zone tropicale grâce à de nombreux arbres et arbustes tels que les arbustes de *Moringa oleifera Lam* qui fournissent une large gamme des produits alimentaires contenant des nutriments essentiels (Hadj & Benbelal, 2020). Toutes les parties de *Moringa oleifera Lam* sont consommées. Les graines sont mangées comme des cacahuètes en Malaisie. Les feuilles fraîches ou transformées en poudre sont utilisées dans l'alimentation des humains comme légumes, ou bouillies comme des haricots. Les graines et les gousses sont aussi utilisées dans l'alimentation pour assaisonner plusieurs mets du Sénégal. Les feuilles de *Moringa oleifera Lam* sont un légume de bonne qualité nutritionnelle. Ces feuilles se consomment fraîches dans des plats en sauce, ou bien sous forme sèche et réduite en poudre. Les feuilles peuvent également être préparées en soupe ou en salade pour être consommées. Les graines donnent une huile utilisée comme huile végétale comestible et également comme huile de cuisson (Asma & Zohra, 2021). Une consommation régulière de ces feuilles associées à d'autres aliments aide à rester en bonne santé (Broin, 2005).

##### **1.5.5.1.2. Animale**

Les feuilles, les gousses ou les jeunes branches de *Moringa oleifera Lam* peuvent servir de nourriture pour les bétails (vaches, moutons, chèvres, porc et lapins). Le *Moringa* possède des valeurs nutritives remarquables ; ce qui en fait un fourrage idéal pour les bovins (Bardi & Fanni, 2015). De plus, le *Moringa* présente des avantages économiques et productivitaires en tant que source de fourrage (Fakeye, 2008). En alimentation animale, la diversification des ressources alimentaires et l'interaction entre l'animal et son alimentation sont des axes de recherche très actifs. Le feuillage frais de *Moringa* a été intégré dans l'alimentation de divers animaux, avec des effets positifs observés sur le comportement alimentaire des chèvres (Manh *et al.*, 2005), le taux de croissance des moutons (Ben & Makkar, 2009) et la production laitière des vaches à double usage (Reyes-Sanchez *et al.*, 2006). De plus, des résultats prometteurs ont été obtenus en incluant la poudre de *Moringa* dans l'alimentation des poissons (Richter *et al.*, 2003), des moutons (Murro *et al.*, 2003), des poules pondeuses (Kakengi *et al.*, 2007) et des vaches laitières croisées (Sarwatt *et al.*, 2004).

### 1.5.5.2. Médicinale et pharmacologique

Toutes les parties de *Moringa oleifera Lam* (feuilles, graines, écorce et racines) sont utilisées à des fins thérapeutiques, et ne sont pas exclusivement destinées à l'alimentation (Mawouma & Mbofung, 2014). Elle constitue un bon complément alimentaire pour les sujets malnutris et se positionne comme un produit tonifiant, fortifiant et stimulant du système immunitaire. De plus, de nombreuses vertus thérapeutiques sont attribuées à *Moringa oleifera Lam* qui est utilisé en médecine traditionnelle pour le traitement de maladies métaboliques, inflammatoires, infectieuses, parasitaires et tumorales (Atakpama *et al.*, 2014). En plus de ses propriétés nutritionnelles, *Moringa oleifera Lam* possède un intérêt médical (Kesharwani *et al.*, 2014). Toutes les parties (feuilles, fleurs, fruits, écorces et racines) de *Moringa oleifera Lam* ont de vertus médicinales confirmées par des années de recherches et d'études expérimentales dans les différents pays africains, asiatiques et panaméricains (Kooltheat *et al.*, 2014). Les feuilles, les fruits, les graines, les racines, l'écorce mais aussi les fleurs possèdent chacun des vertus médicinales particulières.

En Ouganda les feuilles de *Moringa oleifera Lam* sont utilisées pour traiter vingt-quatre maladies dont les maladies de la peau, l'hypertension et le diabète (Kasolo *et al.*, 2010). Au Nigeria les feuilles crues mastiquées sont utilisées pour traiter les maux d'estomac ; les feuilles pressées et frottées sur le front soulagent la migraine. Les fruits, les graines et les feuilles sont utilisés comme antihelminthiques (Ramasubramaniam & Niranjan, 2010). En Inde, l'écorce de cette plante s'utilise pour régulariser la menstruation. Les fleurs, les feuilles et les racines s'utilisent contre les vers, le vertige, les nausées et pour traiter la tuberculose (Rajangam *et al.*, 2001).

Le *Moringa* semble avoir des effets antidiabétiques, probablement grâce à des composants végétaux bénéfiques retrouvés dans les feuilles (Ghasi *et al.*, 2000 ; Kumari, 2010 Giridhari *et al.*, 2011). *Moringa* a montré qu'il guérit à la fois le diabète de type 1 et le type 2 (Cerf, 2013). Le glucose élevé dans le sang entre dans les mitochondries des cellules  $\beta$  et forme des espèces réactives d'oxygène. Cela provoque alors un processus de mort cellulaire programmée (apoptose) des cellules  $\beta$  qui à son tour entraîne une diminution de la sécrétion d'insuline, de l'hyperglycémie et enfin du diabète de type 2. Cependant, l'apoptose cellulaire des cellules  $\beta$  peut être évitée par l'utilisation de *Moringa*. Ce dernier a des antioxydants qui se combinent avec les espèces réactives d'oxygène et empêchent les dommages cellulaires et d'autres conséquences (Cerf, 2013). *Moringa* peut agir en tant qu'agent antidiabétique. Les extraits aqueux de *Moringa oleifera* pouvaient guérir le diabète de type 1 induit par la streptozotocine

ainsi que le diabète de type 2 résistant à l'insuline chez le rat (Divi *et al.*, 2012). Les chercheurs ont nourri les rats diabétiques induits par la streptozotocine avec de la poudre de graines de *Moringa* et ont constaté une chute de la glycémie à jeun (Al-malki, 2015). En outre, lorsque les rats ont été traités avec environ 500 mg de poudre de graines de *Moringa* / Kg de PC, les enzymes antioxydantes ont augmenté dans le sérum. Cela montre que les antioxydants présents dans les feuilles de *Moringa* peuvent réduire les espèces réactives de l'oxygène causées par la cellule bêta en raison de l'induction de la streptozotocine (Mbirkay, 2012).

### 1.5.5.3. Industrie

Grâce à ses propriétés, l'huile de *Moringa oleifera Lam* est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine comme l'horlogerie (pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante). Elle est également intéressante dans l'industrie cosmétique et de parfums (Asante *et al.*, 2012).

### 1.5.6. Facteurs antinutritionnels

Les feuilles fraîches de *Moringa oleifera Lam* contiennent des quantités négligeables de tanins (1,4 %), tandis que les tanins condensés sont indétectables (Foild *et al.*, 2001). Dans les feuilles fraîches de *Moringa oleifera Lam* sont présents les nitrates (0,5 mmol/100 g), l'oxalate (4,1 %), les saponines (1,2 %) et les phytates (3,1%). Les phytates sont présents à raison de 1 à 5 % dans les légumineuses et sont connus pour diminuer la biodisponibilité des minéraux chez les monogastriques (Reddy *et al.*, 1982). Les feuilles de *Moringa oleifera Lam* sont relativement riches en minéraux et la présence d'oxalates et de phytates à des taux de 4,1 et 3,1 % respectivement est susceptible de diminuer la quantité de minéraux absorbés après ingestion d'aliment. Les saponines de certaines plantes ont un effet négatif sur la croissance des animaux mais celles présentes dans les feuilles de *Moringa oleifera* apparaissent inoffensives (Foild *et al.*, 2001).

## 1.6. Quelques paramètres biochimiques sanguins et valeurs usuelles chez le rat

### 1.6.1. Transaminases (ALAT/SGTP et ASAT/SGOT)

Les mesures des activités enzymatiques de foie (ALAT [alanine aminotransférase] et ASAT [Aspartate aminotransférase]) sont utilisées dans le diagnostic et l'évaluation de l'affection hépatique (Kim *et al.*, 2008). Des transaminases élevées peuvent refléter une atteinte hépatocellulaire ou une perturbation de l'écoulement de la bile (Overbeck-Rezaeiana & Beat, 2014). Les transaminases (ou aminotransférases) catalysent la réaction de transfert d'un groupement amine d'un acide aminé. Le groupement amine est transféré soit de l'acide aspartique, soit de l'alanine à l'acide  $\alpha$ -cétoglutarique (Kim *et al.*, 2008). Elles ont donc une

grande importance dans le cycle du citrate. L'alanine aminotransférase (ALAT) encore appelée sérum glutamate-pyruvate transaminase (SGPT) est une enzyme exclusivement cytoplasmique. Elle se compose de 496 acides aminés qui sont codés par un gène situé au niveau du chromosome 8 (Prati *et al.*, 2002). L'alanine-aminotransférase (ALAT = GPT) se trouve essentiellement dans les hépatocytes. Elle est donc un marqueur très spécifique d'une atteinte hépatocellulaire. Sa demi-vie est de 47 heures. Indépendamment de l'affection hépatique, l'activité ALAT dans le sérum peut être affectée par un certain nombre de facteurs non liés à la nécrose hépatique. Dans le cas des hépatites stéatosiques non alcooliques (obésité, diabète, hyperlipidémie.), stéatohépatite non alcoolique, des affections hépatiques alcooliques et d'une atteinte hépatique due aux produits chimiques, une élévation de l'ALAT est constatée (Kim *et al.*, 2008 ; Overbeck-Rezaeiana & Beat, 2014). Les niveaux d'ALAT diffèrent selon le sexe, avec des valeurs plus élevées chez les hommes que chez les femmes (Prati, 2002). Cependant, la mesure de l'activité de l'ALAT a été considérée comme un marqueur fiable et sensible pour les affections hépatiques (Kim *et al.*, 2008). L'aspartate aminotransférase (ASAT) ou sérum glutamate-oxaloacétate transaminase (SGOT) possède une isoforme cytoplasmique (demi-vie  $\approx$  40 h) et une isoforme mitochondriale (demi-vie  $\approx$  10 h) (Giboney, 2005). Des dommages cellulaires sérieux entraîneront la libération mitochondriale. L'ASAT est présente surtout dans le cœur et le foie, le pancréas, un peu moins dans les muscles puis les reins (Giboney, 2005 ; Thapa & Anuj, 2007).

### 1.6.2. Créatinine

En permanence, une certaine quantité de phosphocréatine, proportionnelle à la masse musculaire, se cyclise en perdant son phosphate. Le produit formé est la créatine qui n'est pas réutilisable par le muscle et qui est éliminée dans l'urine (Asha *et al.*, 2012). La créatinine est le produit final de la dégradation de la créatine spécialement formée dans les cellules musculaires au cours du phénomène de la contraction musculaire. Elle est ensuite soumise à la filtration glomérulaire pour être totalement excrétée dans les urines (Terjung *et al.*, 2000 ; Grenier-Michaud *et al.*, 2011). La créatinine est filtrée passivement au niveau des glomérules et n'est ni excrétée, ni réabsorbée. C'est un "bon témoin" de l'intégrité du glomérule et leur élimination est proportionnelle à leur concentration sanguine. L'élimination de la créatinine est constante pour un sujet donné et est le reflet de sa masse musculaire. La mesure de la créatinine dans le sang permet d'évaluer la capacité d'excrétion des reins de façon plus spécifique que l'urée (Grenier-Michaud, 2011 ; Pratik, 2013). Il est principalement filtré hors du sang par les reins (Pratik, 2013). L'insuffisance rénale est une diminution progressive rapide du pouvoir de

filtration des reins (nécessaire à l'élimination des déchets du sang), associée à un déséquilibre de l'organisme en sel et en eau et à des difficultés de régularisation de la pression du sang (tension artérielle).

L'atteinte glomérulaire est irréversible et son degré de gravité est variable. Les causes sont multiples. Toutes les maladies atteignant les reins peuvent évoluer vers une insuffisance rénale chronique. Elles sont rangées en deux catégories. Les maladies rénales à proprement parler, qu'elles atteignent exclusivement les reins ou non (diabète) et les maladies des voies excrétrices (urètre, vessie, calices, bassinet), congénitales (malformation) ou acquises (tumeur de la vessie).

### 1.6.3. Urée

L'urée est une des molécules permettant à l'organisme d'éliminer l'azote en excès. L'uréogénèse a lieu exclusivement dans le foie lors du catabolisme des acides aminés (Grenier- Michaud *et al.*, 2011). L'urée est filtrée au niveau du glomérule et n'est réabsorbée que passivement. Son élimination dépend de la diurèse. Lors d'une insuffisance rénale, l'urémie augmente et l'azoturie (urée urinaire) diminue. Cependant, cette augmentation de l'urée sanguine révèle indirectement un dysfonctionnement rénal car l'urée est un indicateur peu spécifique puisqu'elle dépend aussi de l'ingestion de protéines, source d'acides aminés, et du fonctionnement hépatique (Grenier- Michaud *et al.*, 2011). Contrairement aux hypo-urémies qui traduisent une insuffisance hépatique sévère (cancer du foie, cirrhose) ou bien à un déficit en enzyme du cycle de l'urée.

### 1.6.4. Cholestérol

Le cholestérol sanguin a deux origines principales :

- une origine exogène avec l'apport alimentaire périodique,
- et une origine endogène avec la biosynthèse hépatique. Le cholestérol est présent dans le sang sous deux formes. Ce sont le cholestérol libre avec une concentration identique aussi bien dans les hématies que dans le plasma, et le cholestérol estérifié retrouvé dans le plasma après une estérification dans le foie. Par ailleurs, Kamoun *et al.* (1993) ont présenté le cholestérol comme une molécule située au carrefour de la synthèse des hormones stéroïdiennes telles que la testostérone, la progestérone, l'œstradiol, le cortisol etc. D'après Eastham (1978), les variations physiologiques dues au cholestérol sont observées dans les situations que sont les repas riches en lipides, l'âge, la diète, la grossesse, les saisons. Quant aux variations pathologiques dues au cholestérol, elles sont observées dans les situations suivantes (tableau II).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

Tableau II : Variations pathologiques dues au cholestérol

Les augmentations du taux de cholestérol sont obtenues dans les cas des atteintes :	Les diminutions du taux de cholestérol sont obtenues dans les cas des :
Hépatiques	atteintes hépatiques
Rénales	infections graves
Pancréatiques	anémies
Thyroïdiennes	traitements avec des médicaments particuliers des retardés mentaux

### 1.6.5. Valeurs usuelles de quelques paramètres biochimiques du sang chez le rat

Les recherches bibliographiques menées par Andreu (2005) chez les rats ont conduit à la détermination des valeurs usuelles de quelques paramètres biochimiques (tableau III).

Tableau III: Valeurs de référence de quelques paramètres biochimiques chez le rat

Paramètres	Valeurs usuelles
Créatinine (mg/dL)	0,5-1,5
Urée (mg/dL)	6-23
ALAT (UI/L)	20-90
Cholestérol (mg/dL)	40-130
Bilirubine totale (mg/dL)	0-0,5
Potassium (mEq/L)	3,5-9
Sodium (mEq/L)	140-150

### 1.7. Quelques paramètres hématologiques sanguins et valeurs usuelles chez le rat

#### 1.7.1. Cellules de l'immunité

La santé se caractérise par l'équilibre et le bon fonctionnement de l'organisme. Cet équilibre est rompu lorsque l'organisme est face à un corps étranger (métaux lourds, agents bactériens).

L'immunité est donc la capacité de l'organisme à se défendre contre ces corps étrangers : c'est la réponse immunitaire. Cette réponse est essentiellement due à l'action des leucocytes dont il existe différents types. Un premier groupe important de leucocytes est formé par les cellules phagocytaires telles que les monocytes, les macrophages et les polynucléaires neutrophiles et éosinophile. Un deuxième groupe important de leucocytes est constitué par les lymphocytes. Ces cellules sont à l'origine des réponses immunitaires adaptatives car elles reconnaissent des microorganismes de façon spécifique, que ceux-ci soient à l'intérieur des cellules de l'hôte ou à l'extérieur dans les liquides biologiques. Tous les lymphocytes sont dérivés de cellules souches de la moelle osseuse, mais on distingue les lymphocytes T, qui se différencient dans le thymus, et les lymphocytes B, qui se différencient dans la moelle osseuse (Marlène, 2006).

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

Après cette étape de maturation initiale, les lymphocytes B et T quittent les organes lymphoïdes primaires sous-forme de lymphocytes B naïfs ou T naïfs, pour aller à la rencontre de l'antigène dans les organes lymphoïdes secondaires que sont les ganglions lymphatiques, les tissus lymphoïdes associés aux muqueuses et la rate au sein desquels se produisent les différentes coopérations cellulaires aboutissant à une orientation (ou polarisation) de la réponse immune. Toutes ces étapes sont strictement contrôlées pour éviter un emballement du système (Marlène, 2006).

### 1.7.2. Formules globulaires

L'hémoglobine (Hb) sanguine correspond à la quantité d'hémoglobine contenue dans 100 mL de sang. Elle varie en fonction du sexe et les valeurs normales sont de 13 à 18 g/dL chez l'homme et de 12 à 16 g/dL chez la femme (Sarra & Haoua , 2018)

Le nombre de globules rouges par  $\text{mm}^3$  est un paramètre important. Les valeurs normales sont de 4 à 5,5 millions par microlitre chez la femme et de 3,5 à 5,0 millions par microlitre chez l'homme (Yesudass, 2015).

Un paramètre tout aussi important est l'hématocrite. Il s'agit de la répartition (exprimée en %) des globules rouges par rapport au plasma, la quantité de globules blancs et de plaquettes ne rentrant pas en ligne de compte car en quantité très petite. Lorsque l'hématocrite est égal à 40 %, cela signifie que 100 mL de sang contient 40 mL de globules rouges et 60 mL de plasma. Les valeurs normales sont de 40 à 52 % chez l'homme et de 37 à 46 % chez la femme (Sarra & Haoua , 2018).

Comme l'hématocrite, le volume globulaire moyen (VGM) correspond à un volume. Si on divise l'hématocrite par le nombre de globule rouge on obtient le VGM (Yesudass, 2015). Il est exprimé en  $\mu\text{m}^3$ . Il s'agit d'une valeur moyenne, la taille des globules rouges pouvant varier (anisocytose). Le VGM est normalement compris entre 80 et 100  $\mu\text{m}^3$ . Sous le seuil de 80, il s'agit de microcytose et au-dessus de 100 de macrocytose. Le VGM est actuellement mesuré directement par les appareils automatiques lors d'un hémogramme. Ces appareils vont mesurer le volume de plusieurs milliers de globules rouges ce qui permet d'obtenir de ces mesures

- Le VGM qui est la moyenne arithmétique de ces volumes ;
- L'indice de distribution des érythrocytes. L'automate va calculer la déviation standard autour de cette moyenne et calculer l'indice de distribution qui varie normalement de 12 à 16 %. Au-dessus de 16 % se définit l'anisocytose.

Par ailleurs, la concentration corpusculaire (ou globulaire) moyenne en hémoglobine (CCMH) correspond à la quantité d'hémoglobine contenue dans 100 mL de globules rouges. Ce

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

paramètre est obtenu en faisant le rapport entre Hémoglobine/Hématocrite (Yesudass, 2015). Il est exprimé en g/100 mL ou en %. Les valeurs normales varient entre 32 et 36 %. Lorsque la CCMH est inférieure à 32 %, il s'agit d'hypochromie. Au-dessus c'est une normochromie. Le taux maximal de la CCMH est de 38 % (arrêt de la synthèse de l'hémoglobine dans l'érythroblaste à partir de ce taux).

Un paramètre moins utile, la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) est calculée par le rapport hémoglobine/nombre de globules rouges contenus dans 100 mL de sang. Elle est normalement comprise entre 27 et 31 pg/ globules rouges.

Les réticulocytes sont des cellules correspondant à des globules rouges très jeunes, visibles seulement avec certains colorants. Le nombre de réticulocytes est le reflet de la production érythroblastique. Il est exprimé en pourcentage avec des valeurs normales entre 0,5 et 1,5 % des hématies (soit 25 000 à 75 000/ mm<sup>3</sup>). Ce chiffre permet de connaître le caractère régénératif (réticulocytes élevés) ou arégénératif (réticulocytes bas) d'une anémie (Yesudass, 2015).

### 1.7.3. Formule leucocytaire

Le nombre normal des leucocytes varie entre 4 et 10 globules/L (correspond à 4-10 x 10<sup>9</sup> globules/L ou 4000-10000 globules/mm<sup>3</sup>). En dessous de 4000/mm<sup>3</sup>, il s'agit de leucopénie et au-dessus de 10000/mm<sup>3</sup>, d'hyperleucocytose. A l'état normal, 5 types de leucocytes sont dans le sang et leur taux est souvent exprimé en % mais la valeur absolue est plus importante (Descat, 2001) :

- Les polynucléaires neutrophiles qui ont un rôle dans l'élimination par phagocytose des particules étrangères en particulier les bactéries. Les chiffres normaux sont de 2000 à 7500/mm<sup>3</sup> ;
- Les polynucléaires éosinophiles ont un rôle dans l'allergie et la lutte antiparasitaire. Leurs chiffres normaux sont de 100 à 500/mm<sup>3</sup> ;
- Les polynucléaires basophiles qui jouent un rôle dans l'hypersensibilité immédiate. Les valeurs normales sont comprises entre 0 et 150/mm<sup>3</sup>.
- Les lymphocytes qui ont un rôle dans l'immunité cellulaire et humorale (synthèse d'anticorps), dont les chiffres normaux sont de 1500 à 4000/mm<sup>3</sup>;
- Les monocytes qui ont un rôle dans la phagocytose et l'immunité ont leurs chiffres normaux qui varient de 200 à 1000/mm<sup>3</sup> (Sarra & Haoua , 2018)..

### 1.7.4. Plaquettes

Les plaquettes sont utiles à l'hémostase primaire (clou plaquettaire). Leur taux habituel varie de 150 000 à 450 000 /mm<sup>3</sup> de sang (150 à 450 x 10<sup>9</sup>/L ou 150 à 450 g/L). Le terme thrombopénie

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

est utilisé en dessous de 150 g/L. Cependant au-dessus de 450 g/L, il s'agit d'une thrombocytose ou d'hyperplaquettose (Descat, 2001).

### 1.7.5. Valeurs usuelles de quelques paramètres hématologiques du sang chez le rat

Les recherches menées par Andreu (2005) chez les rats ont conduit à la détermination des valeurs usuelles de quelques paramètres sanguins (tableau IV).

Tableau IV: Valeurs de référence de quelques paramètres hématologiques chez le rat

Paramètres	Valeurs usuelles
Hématocrites %	39-55
Globules Rouges ( $10^6/\text{mm}^3$ )	6-10
Hémoglobine (g/dL)	11-20
Globules Blancs ( $10^3/\text{mm}^3$ )	6-10
Neutrophiles %	13-26
Lymphocytes %	65-85
Éosinophiles %	0-4
Basophiles %	0-4
Thrombocytes ( $10^3/\text{mm}^3$ )	500-1300

## 1.8. Cadre d'étude

### 1.8.1. Situation géographique de la zone d'étude

La Région du Haut-Sassandra est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, elle se subdivise en quatre (04) Départements : Daloa (Chef-lieu), Zoukougbeu, Vavoua et Issia. Elle a une superficie de 15200 Km<sup>2</sup> (INS, 2021).

La zone d'étude est la ville de Daloa qui se situe entre 6°53 de latitude Nord et 6°27 de longitude Ouest et fait partie de la Sous-préfecture de Daloa. Cette sous-préfecture est limitée au Sud par Boguédia, au Sud-Est par Gadouan, au Nord par Vavoua, au Nord-Est par Bédiala, au Nord-Ouest par Zaïbo, à l'Ouest par Gboguhé. Daloa est située à 130 Km de Yamoussoukro la capitale politique et à 353 Km d'Abidjan la capitale économique (Figure 4).

# PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

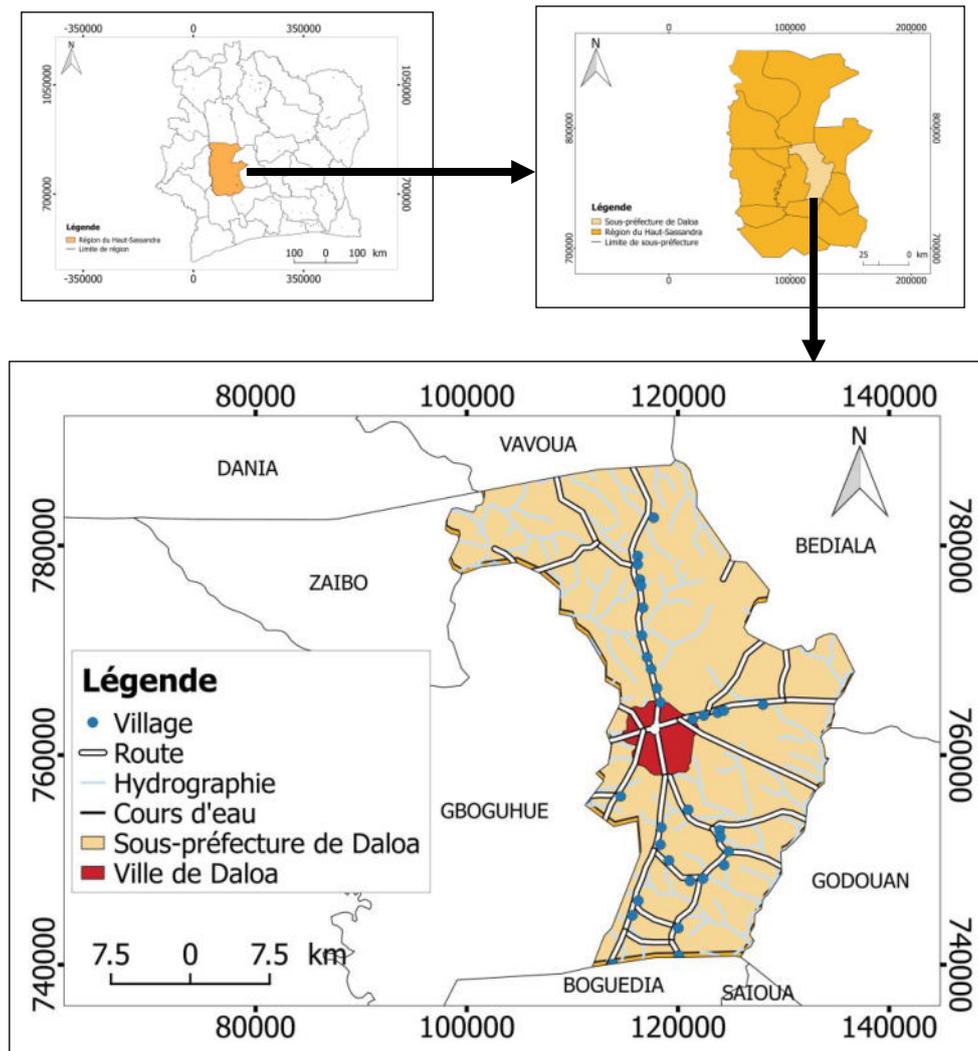


Figure 4: Zone d'étude (Traoré, 2024)

## 1.8.2. Population du Haut Sassandra et du Département de Daloa

La Région du Haut-Sassandra a une superficie de 15 200 Km<sup>2</sup>. Sa population totale est de 1 739 697 habitants dont 920 422 hommes et 819 275 femmes. La population du Département de Daloa est de 705 378 habitants dont 366 165 hommes et 339 212 femmes (INS, 2021). Elle est la troisième ville la plus peuplée de la Côte d'Ivoire après Abidjan et Bouaké, et devant Yamoussoukro la capitale politique.

## 1.8.3. Potentialité agricole, économique et sanitaire de Daloa

Daloa, chef-lieu de la région est un connecteur économique secondaire. Elle a une vocation de centre d'approvisionnement, de distribution commerciale et de services à la population et aux

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

entreprises. La ville de Daloa a une position géographique stratégique qui lui permet d'être une plateforme d'échanges avec les deux ports : le port autonome d'Abidjan (PAA) et celui de San-Pedro (PASP). Une zone industrielle y existe avec une superficie de 963 ha dont plus de 145 hectares abritent actuellement et majoritairement des unités industrielles de transformation du bois. Sur le plan du secteur financier, 11 Banques commerciales, 16 assurances et 16 structures de microfinances (mutuelles d'épargne) y sont implantées (INS, 2021).

Pour la couverture réseau mobile, depuis Juillet 2023, 100 % des localités et 100 % de la population sont couvertes. Concernant les infrastructures sociales la ville de Daloa regorge une (01) université (Université Lorougnon Guédé), 11 grandes écoles, 14 établissements de formation professionnelle, un (01) Centre Hospitalier Régional (CHR), trois (03) Hôpitaux Généraux (HG) et 35 pharmacies privées. Le Centre Hospitalier Régional (CHR) qui représente l'hôpital de référence du District Sanitaire de la Région du Haut-Sassandra dispose d'un plateau technique important et de plusieurs services spécialisés fonctionnels dont la micro clinique du diabète. Le CHR de Daloa reçoit les patients évacués par ambulance provenant des villes voisines (Koukougnon, 2020 ; Akré *et al.*, 2021).

Quant aux secteurs d'activités porteurs, ils se déclinent en agriculture à :

- des cultures de rente : cacao (180 029 tonnes en 2021 et 178 972 tonnes en 2022), café (12 030 tonnes en 2021 et 23 383 tonnes en 2022), coton (1 679 tonnes en 2021 et 1 619 tonnes en 2022), anacarde (68 460 tonnes en 2021 et 79 125 tonnes) ;
- des cultures vivrières : manioc (200487 tonnes en 2021 et 216 450 tonnes en 2022), riz (346 999 tonnes en 2021 et 278 674 tonnes en 2022), maïs (47 119 tonnes en 2021 et 49 591 tonnes en 2022), igname (261 707 tonnes en 2021 et 268 477 tonnes en 2022), banane plantain (88 416 tonnes en 2021 et 91 843 tonnes en 2022), arachide (10071 tonnes en 2021 et 10 480 tonnes en 2022), taro (10777 tonnes en 2021 e 2021 et 11099 tonnes en 2022), patate (2668 tonnes en 2021 et 2745 tonnes en 2022);
- des cultures maraichères : aubergine (6590 tonnes en 2021 et 6746 tonnes en 2022), gombo (18811 tonnes en 2021 et 19382 tonnes en 2022), tomate (1585 tonnes en 2021 et 1633 tonnes en 2022) ; (INS, 2021) ;
- des ressources animales : bovins (43 240 têtes), ovins (46 904 têtes), caprins (43 245 têtes), porcins (5505 têtes) volailles (poulets de chair : 185193 têtes, pondeuses: 164 788 têtes, Poulets traditionnels : 92 310 têtes) (INS, 2021) ;
- des agro-industries et élevages : décorticage de café, fabrication d'aliment de volailles;

## PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

---

- de la pêche continentale : fleuves de pêche de Guessabo, Zoukougbeu et les rivières d'Iboguhé et de Gbeuzibo dans le département d'Issia. Les espèces ordinairement pêchées sont le silure, le tilapia, la carpe et le mâchoiron ;
- une filière de bois : onze (11) scieries dont deux (02) unités de sciage et deux (02) de déroulage de contreplaqué (INS, 2021) ;
- au plan touristique les singes sacrés de la forêt de Gbétitapéa, la roche-éléphant de Brizéboua, les grottes mystiques de Zébra, le musée des amulettes de Vavoua, la rivière sacrée de Guédékipréa, le rocher de Lotazra à Issia (INS, 2021).

### 1.8.4. Climat

Le climat de cette Région est de type tropical humide de transition. Il est caractérisé par une saison sèche allant d'octobre à mars et une saison des pluies ayant deux maximas, l'un en juin et l'autre en septembre. Les saisons sèches et humides alternent avec des températures variant de 24,65° C à 27,75 °C en moyenne (Ligban *et al.*, 2009).

### 1.8.5. Végétation et type de sol

La végétation de la Région du Haut-Sassandra est forestière au Sud et faite de savane arborée au Nord. Cette végétation est en constante régression du fait des activités agricoles (café, cacao, etc.). Le sol est de type ferralitique fortement ou moyennement dénaturé (Ligban *et al.*, 2009)

**DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET  
MÉTHODES**

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1. Matériel biologique

##### 2.1.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de trois variétés de tubercules de patate douce :

- Tubercules à peau violette et à chair blanche (Figure 5 a) ;
- Tubercules à peau blanche et à chair blanche (Figure 5 b) ;
- Tubercules à peau jaune orangée et à chair jaune orangée (Figure 5 c).

Il était constitué aussi de feuilles de *Moringa* (Figure 5 d).



5 a : Tubercules de patate douce à peau violette et à chair blanche



5 b : Tubercules de patate douce à peau blanche et à chair blanche



5 c : Tubercules de patate douce à peau jaune et à chair jaune



5 d : Feuilles de moringa

Figure 5: Tubercule de différentes variétés de patate douce (5a à 5c) et de feuilles de Moringa (5d)

### 2.1.1.2. Matériel animal

Trente (30) rats (*Rattus norvegicus*) de poids moyen de 200 g ont été achetés au Laboratoire de Biosciences de l'Université Felix Houphouët-Boigny de Cocody puis transporté dans des bacs à l'animalerie de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Ils ont été acclimatés pendant une semaine. Les rats ont été nourris avec des granulés ordinaires achetés à l'unité de nutrition animale (IVOGRAIN) (Figure 6).



Figure 6: Rat albinos (*Rattus norvegicus*)

### 2.1.2. Population d'étude

L'étude a été menée sur une population de 150 patients dont 98 hommes et 52 femmes atteints de diabète, recrutés seulement au Centre Régional Hospitalier de Daloa. Les critères d'inclusion comprenaient des patients de tous âges diagnostiqués diabétiques et ayant pu réaliser l'examen de l'hémoglobine glyquée. Les critères d'exclusion incluaient les patients qui étaient reconnus comme diabétique mais qui n'avaient pas de résultats d'hémoglobine glyquée.

### 2.1.3. Matériel technique

Le matériel technique a été composé d'équipements pour les mesures anthropométriques (Toise mécanique PHR, USA et balance Seca balance 750 Viva, Chine) et pour l'essai animal (bac, Balance Seca balance 750 Viva, Chine, abreuvoir, mangeoire, sonde de gavage, ciseau de dissection, pots, ...). Il renferme également l'appareillage pour la production et la caractérisation biochimique des farines de patate douce (Étuve de Memmert UF750, Allemagne

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

; Mixeur BOSCH Silentmixx Blender MMB42G0B; tamis de 300 µm de diamètre et de hauteur 50 mm en acier inoxydable avec toile métallique PROLABO; chromatographe en phase liquide à haute performance Prominence Modular HPLC, Allemagne). Le matériel comprend aussi des appareils pour la détermination de quelques paramètres biochimiques (Analyseur d'hémoglobine glyquée POC Quo-Lab® HbA1c, Royaume Uni; Analyseur de biochimie semi-automatique AX-041, France) et hématologiques (Analyseur d'hématologie automatique SMT-30 ; Centrifugeuse de laboratoire HC-240 , Allemagne; Réfrigérateur Kirsch Banque de sang BL-100 PRO-ACTIVE; glucomètre on call extra). Pour l'observation histologique, le microscope optique ASTREO® 300 PLUS, des lames et des réactifs ont été utilisées. Par ailleurs, des pipettes Pipette mono-canal PETTE fix series Côte d'Ivoire et des micropipettes (Micropipette mécanique PIPE-T, Chine et de la verrerie) ont été sollicitées pour les prélèvements et les préparations de solution. En outre, l'étude épidémio-clinique du diabète au CHR de Daloa a nécessité une fiche d'enquête (Annexe).

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Échantillonnage

Une population de 150 patients a été pris en compte dans cette enquête de volontaire. Des échantillons de sang ont été prélevés à jeun chez tous les participants pour des analyses biochimiques, incluant la mesure de la glycémie, de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) et des lipides sanguins. Les caractéristiques démographiques et cliniques des participants, telles que l'âge, la taille, le poids, l'IMC, la durée du diabète, et les traitements en cours, ont été enregistrées pour permettre une analyse détaillée des données et une interprétation précise des résultats.

Sur le site de vente du marché local (Orly) de la ville de Daloa, les tubercules de patate douce de trois variétés ont été identifiés. Il s'agit des tubercules à peau blanche et à chair blanche (BB), des tubercules à peau à peau violette et à chair blanche (VB) et ceux à peau jaune orangée et à chair jaune orangée (JO). Une quantité de 10 Kg de tubercules a été achetée par variété de patate douce puis emballée dans des sacs pour le laboratoire.

Dix arbres de *Moringa* de la ville de Daloa ont été sélectionnés pour obtenir un échantillon représentatif. Une quantité de 500 g de feuilles de différentes parties (haut, milieu, bas) de chaque arbre a été prélevé sur chacun des plants de *Moringa*. Les feuilles de *Moringa* saines et matures ont été choisies en évitant les feuilles endommagées. Les feuilles ont été transportées dans des sacs jusqu'au laboratoire d'Agrovalorisation de l'université Jean Lorougnon Guédé.

### 2.2.2. Procédure d'enquête

L'enquête a eu pour objectif d'avoir des informations socio-démographiques et cliniques des patients diabétiques au CHR de Daloa. Elle a duré trois (3) mois de Décembre 2021 à Février 2022. L'étude a été effectuée grâce à des fiches d'enquête préalablement enregistrées dans le logiciel sphinx Mx comportant les rubriques en rapport avec la maladie (le diabète) ainsi que l'éducation thérapeutique. Le patient diabétique venu au CHR pour une consultation, était accueilli par l'enquêteur dans un bureau de consultation où il était avec celui-ci et avec les infirmiers ou le médecin traitant. Les paramètres anthropométriques ont été pris et un entretien en mode face-à-face a été fait pour renseigner la fiche d'enquête (Annexe).

Au cours de l'enquête, les informations sociodémographiques, les constantes, les signes cliniques, les paramètres biochimiques et hématologiques, les traitements, la consommation ou non des produits sucrés et gras et l'utilisation ou non d'aliments antidiabétiques à base de *Moringa* et/ou patate douce par les patients ont été enregistrés. Ces informations ont constitué les données collectées. Les informations générales du dossier du patient ont servi de base pour renforcer les données. Des questions ont été posées aux parents des malades au cas où celui-ci n'était pas à mesure de répondre aux questions.

### 2.2.3. Collecte des données

#### 2.2.3.1. Informations socio-démographiques

Le sexe, l'âge, la nationalité, la profession des patients ont été requis. Le sexe peut influencer sur la prévalence et la manifestation de certaines maladies. Par exemple, certaines conditions médicales sont plus fréquentes chez les hommes que chez les femmes, et vice versa. L'âge est un facteur crucial car le risque de nombreuses maladies augmente avec l'âge. De plus, les traitements peuvent varier en fonction de l'âge du patient. La nationalité peut fournir des indices sur les prédispositions génétiques à certaines maladies et sur les risques liés à des facteurs environnementaux spécifiques à certaines régions. La profession peut exposer les individus à des risques spécifiques. Par exemple, les travailleurs dans des bureaux peuvent être plus sujets à des problèmes de stress.

#### 2.2.3.2. Constantes du patient

Le poids, la taille, l'indice de masse corporelle et la tension artérielle ont constitué les constantes du patient. Pour la détermination de la masse, le patient déchaussé se tenait debout, libre de tout poids supplémentaire sur la balance, le menton bien droit. La masse du patient a été lue sur

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

l'écran de la balance et la valeur portée sur la fiche d'enquête. Pour la mesure de la taille, le patient déchaussé se tenait debout, le menton bien droit, sur la toise. La taille du patient a été lue et la valeur convertie en mètre (m) a été portée sur la fiche d'enquête. L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé selon la formule mathématique suivante :

$$\text{IMC} = \frac{\text{Masse}}{(\text{Taille})^2} \quad (1)$$

*Avec la masse et la taille exprimées respectivement en Kg et en m.*

La tension artérielle (TA) a été mesurée par un brassard placé au-dessus du pli du coude et relié au tensiomètre électronique de marque SPENGLER Tensonic. Le bouton start a été actionné et les valeurs affichées à l'écran du tensiomètre ont été enregistrées après gonflement suivi du dégonflement du brassard.

### **2.2.3.3. Signes cliniques**

Pour chaque patient, le type de diabète et l'ancienneté du diabète ont été notés. En outre, les symptômes du diabète ont été enregistrés.

### **2.2.3.4. Paramètres biochimiques**

La glycémie à jeun, le taux d'hémoglobine glyquée (HbA1c), la glycosurie et la cétonurie ont été les paramètres biochimiques retenus.

#### **2.2.3.4.1. Glycémie**

Les patients diabétiques à jeun pendant 8 heures ont été accueillis dans la salle de consultation. À l'aide du glucomètre On Call Extra. La glycémie a été déterminée en un temps court, à partir d'une goutte de sang prélevé sur le doigt avec des auto-piqueurs ou des lancettes.

#### **2.2.3.4.2. Hémoglobine glyquée (HbA1c)**

Cet examen d'hémoglobine glyquée (HbA1c) s'est fait chaque trimestre, la valeur a été prise dans le dossier du patient au cas où l'examen aurait été déjà réalisé par celui-ci pendant les trois derniers mois. Au cas échéant, il a été déterminé au bureau du major à l'aide d'un lecteur d'hémoglobine glyquée de marque POC Quo-Test et le résultat mentionné sur la fiche d'enquête.

### **2.2.3.4.3. Glycosurie et cétonurie**

La glycosurie est la méthode la plus ancienne connue pour apprécier indirectement le contrôle de la glycémie. En effet, il y a glycosurie lorsque le seuil rénal du glucose est atteint (1,80 g/L). Elle fait place actuellement à la glycémie capillaire. La détermination semi-quantitative sur l'échelle colorimétrique à l'aide de bandelette réactive, de la glycosurie (Kétodiastix) et de la cétonurie (Kétodiastix) se fait de manière simultanée avec la glycémie capillaire (Varroud *et al.*, 2004).

### **2.2.3.5. Paramètres hématologiques**

La numération formule sanguine a été faite au laboratoire à l'aide d'un appareil par les techniciens de laboratoire et le résultat a été reporté sur la fiche d'enquête. Les formules érythrocytaires et leucocytaires ainsi que les plaquettes sanguines ont constitué les paramètres hématologiques retenus.

### **2.2.3.6. Traitements**

Les traitements ont concerné les traitements médicamenteux d'une part et les conseils diététiques d'autre part. Au niveau du traitement médicamenteux, le praticien prescrit un antidiabétique oral et/ou l'insuline. Pour les conseils diététiques, le respect des mesures hygiéno-diététiques et la pratique d'activité sportive ont été investigués.

### **2.2.3.7. Consommation d'aliments préoccupants (sucrés et gras) et d'aliments antidiabétiques à base de *Moringa* et/ou de patate douce.**

Pour la consommation d'aliments préoccupants, il a été demandé au patient s'il aimait consommer les produits sucrés et gras avant l'apparition de la maladie. Au niveau des aliments antidiabétiques, il a été demandé au patient s'il était informé des vertus antidiabétiques de la patate douce et du *Moringa*.

## **2.2.4. Méthodes de caractérisation et de détermination des propriétés biochimiques et potentialités nutritionnelles de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C et des farines de patate douce enrichies en poudre de *Moringa***

### **2.2.4.1. Production des farines de patate douce**

Une fois au laboratoire, les tubercules de chaque variété ont été séparés en 2 lots de 5 Kg. Un lot a été utilisé pour la production de farine étuvée à 45°C et l'autre a été transformé en farine après un séchage solaire des cossettes. Pour chaque variété de patate douce, deux types de farine ont été produits. Il s'agit des farines obtenues après séchage à l'étuve à 45°C d'une part et celles

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

produites après séchage au soleil des tubercules d'autre part. Pour la production des farines étuvées, les tubercules de chaque échantillon ont été préalablement lavés à l'eau de robinet puis épluchés à l'aide d'un couteau en acier inoxydable. Les tubercules épluchés ont été lavés ensuite coupés en tranches d'environ 0,5 cm d'épaisseur. Les tranches obtenues ont été séchées en couche mince à l'étuve (MEMMERT, Allemagne) pendant 48 heures. Le produit sec obtenu a été broyé au mixeur (Blender, chine) puis tamisé au moyen d'un tamis (PROLABO) de 300  $\mu\text{m}$  pour donner la farine (Figure 7). Cette farine a été conditionnée dans des sachets en polyéthylène par la suite stockée à température ambiante pour les formulations et analyses ultérieures.

Quant à la production de la farine séchée au soleil. Elle a suivi le même diagramme à l'exception qu'à la place de l'étuve pour le séchage des tranches de tubercules a été réalisé au soleil (Figure 7). Cette opération a été effectuée en couche mince sur des claies horizontales pendant sept (7) jours. Les cossettes ont été étalées les matins puis enlevées les soirs durant toute l'opération de séchage.

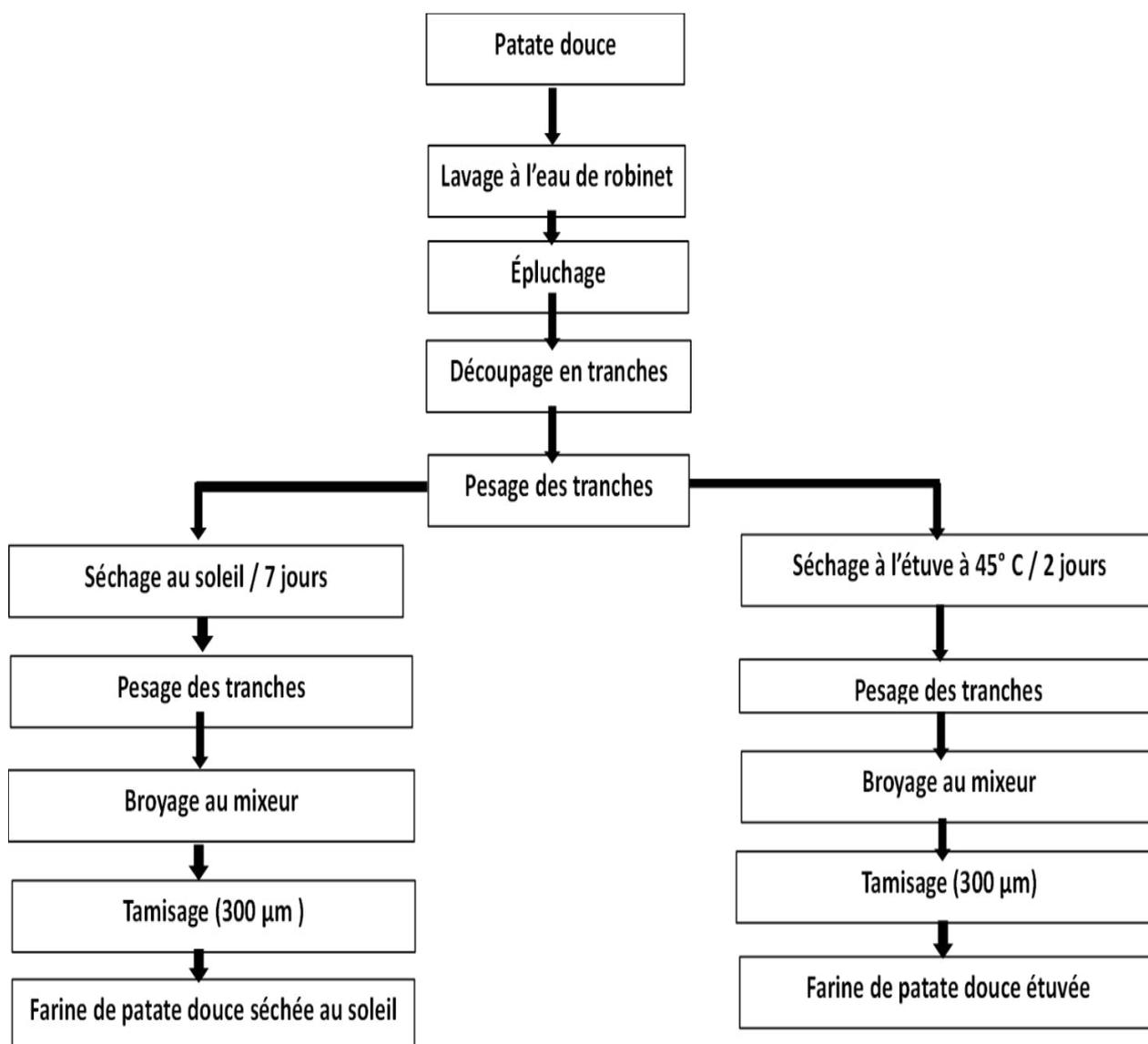


Figure 7: Diagramme de fabrication de la farine de patate douce

### 2.2.4.2. Production de poudre de *Moringa*

Les feuilles de *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam) ont été récoltées sur des plants de *Moringa*. Les folioles ont été retirées puis lavées à l'eau de robinet. Elles ont été étalées à l'ombre sur une bâche pendant deux semaines pour séchage. Le produit sec obtenu a été broyé au mixeur ensuite tamisé avec un tamis de 300 µm pour obtenir la poudre (Figure 8). Cette poudre a été conditionnée dans des sachets en polyéthylène puis stockée pour les formulations et analyses physico-chimiques ultérieures.

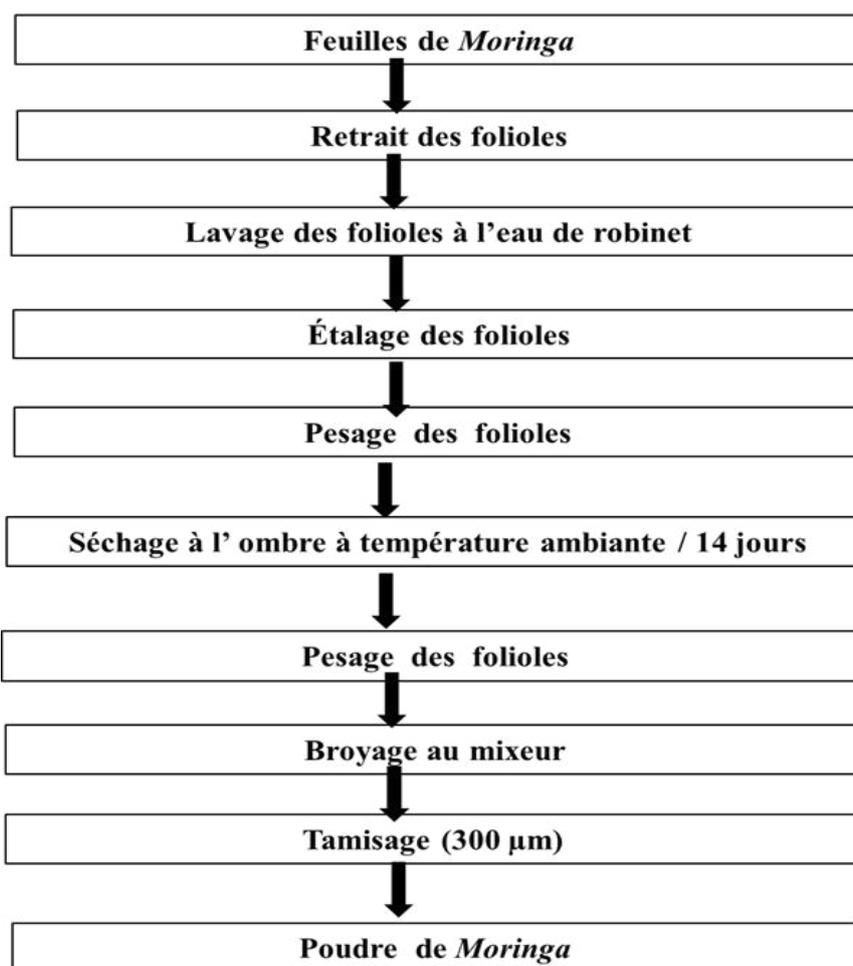


Figure 8: Diagramme de production de la poudre de feuilles de *Moringa*

### 2.2.4.3. Formulation des farines de patate douce enrichies en poudre de *Moringa*

La farine de la variété de patate douce à peau blanche et à chair blanche a été choisie pour la formulation. Ce choix a été fait sur la base de l'hypothèse de vertu antidiabétique de cette variété annoncée par Kokou *et al.* (2019). Le mélange de la farine de patate douce séchée à l'étuve à 45°C et de poudre de *Moringa* a été effectué dans le mixeur Bender SMART TECHNOLOGY-STPE-1020B. Quatre formulations ont été réalisées sur la base du test hédonique fait par Hedehili (2021) sur des biscuits qui avaient été acceptés à 20 % de supplémentation avec de la poudre de feuilles de *Moringa* et rejetés pour des raisons de leur couleur verte au-delà du même taux d'incorporation. Les quatre formulations réalisées avec la farine de la variété peau blanche et chair blanche enrichie progressivement à 5 %, 10 %, 15 % et 20 % en poudre de *Moringa* pour obtenir respectivement BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 (Tableau V). Les

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

formulations ont été conditionnées dans des sachets en polyéthylène puis stockées pour les analyses physico-chimiques et test ultérieures.

Tableau V: Enrichissement de la farine de patate douce en poudre de *Moringa*

100g de farine formulée	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
Farine de patate douce (g)	95	90	85	80
Poudre de <i>Moringa</i> (g)	5	10	15	20
Farines formulées(g)	100	100	100	100

*BBPM5* : 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM10* : 90 % de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM15* : 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM20* : 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*

### 2.2.4.4. Détermination de la teneur en cendres

La teneur en cendres des farines a été déterminée selon la méthode (AOAC, 1990). Une quantité de cinq (05) g d'échantillon ( $m_e$ ) a été prélevé puis mis dans le creuset préalablement pesé ( $m_0$ ). Ensuite, le creuset contenant l'échantillon a été placé dans un four à moufle puis incinéré à 550 °C pendant une durée de 12 heures. Au bout du temps d'incinération, le creuset contenant les cendres a été retiré du four et ensuite pesé ( $m_1$ ) après refroidissement dans un dessiccateur. La teneur en cendres a été calculée selon la formule mathématique suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{(m_1 - m_0)}{m_e} \times 100 \quad (2)$$

Avec  $m_0$  : Masse (g) du creuset vide ;  $m_1$  : Masse (g) de l'ensemble (creuset + cendres) après incinération ;  $m_e$  : Masse (g) de l'échantillon.

Les valeurs obtenues ont été converties en mg/100 g de MS.

### 2.2.4.5. Dosage des minéraux

#### 2.2.4.5.1. Dosage des éléments minéraux

Les éléments minéraux (calcium, magnésium, potassium, sodium, manganèse, zinc et cuivre) ont été dosés à 420 nm par spectrophotométrie d'absorption atomique selon la méthode de digestion de l'AOAC (1990) utilisant les acides forts. Un échantillon de cendres (0,5 g) issu des farines de patate douce et des farines enrichies a été dissout dans 31 mL d'un mélange constitué d'acide perchlorique (11,80 mol/L), d'acide nitrique (14,44 mol/L) et d'acide sulfurique (18,01 mol/L). La préparation bien agitée sous la hotte a été chauffée sur une plaque chauffante jusqu'à l'apparition de fumée blanches épaisses. Après ce traitement thermique, le milieu réactionnel a été refroidi à la température ambiante (25 °C) pendant 10 minutes puis dilué dans 50 mL d'eau distillée. Il a été porté de nouveau à ébullition pendant 30 minutes à l'aide de la même plaque chauffante puis refroidi à nouveau dans les mêmes conditions. La préparation a été ensuite filtrée sur le papier filtre WHATMAN N° 42. Le filtrat ainsi obtenu a été complété au trait de jauge de la fiole avec de l'eau distillée. Le taux de matière minérale a été déterminé au spectrophotomètre atomique à flamme de marque VARIANT AA.20 à une longueur d'onde spécifique par comparaison aux solutions étalons.

#### 2.2.4.5.2. Dosage par spectrophotomètre directe du phosphore

Une masse de 1 g de farine a été minéralisée dans un minéralisateur puis le minéralisat obtenu a été traité par le réactif vanado-molybdique (Tausky & Shorr, 1953). La teneur en phosphore (P) a été déterminée par comparaison avec une solution étalon (0,136 g de dihydrogénophosphate de potassium) dissout dans une solution diluée contenant 0,1 mL d'acide nitrique et 50 mL d'eau distillée.

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

La détermination de la teneur en lipides de l'échantillon a été réalisée selon la méthode de (AFNOR, 1986) utilisant le Soxhlet. Elle consiste à déterminer le taux de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. Une quantité de 10 g de chaque échantillon ( $m_e$ ) a été introduite dans une cartouche d'extraction en cellulose préalablement tarée ensuite insérée dans l'ampoule d'extraction. Un ballon à fond rond préalablement pesé ( $m_0$ ) contenant 300 mL d'hexane a été chauffé à 70 °C. Ce ballon a été raccordé au reste du système réfrigérant. La matière grasse a été extraite pendant 7 heures. L'hexane a été récupéré après extraction à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40 °C sous vide et les extraits ont été séchés à 130 °C pendant 30 minutes à l'étuve. Le ballon contenant la matière grasse a été refroidi au dessiccateur puis pesé ( $m_2$ ). Pour le calcul du taux de matière grasse, la formule mathématique suivante a été utilisée.

$$\text{Lipides (\%)} = \frac{(m_1 - m_0) \times 100}{m_e} \quad (3)$$

Avec  $m_0$ : Masse (g) du ballon vide ;  $m_e$ : Masse (g) de l'échantillon ;  $m_1$ : Masse (g) de l'ensemble (ballon + lipides) après extraction

Les valeurs obtenues ont été converties en mg/100 g de MS.

#### 2.2.4.7. Caractérisation des protéines

Les protéines brutes ont été déterminées à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1990). Pour ce faire, un gramme (1 g) de chaque échantillon introduit dans un matras de Kjeldahl a été minéralisé avec 20 mL d'acide sulfurique concentré à 400 °C pendant 2 heures en présence d'une pincée de catalyseur de minéralisation. Le minéralisât a été transvasé dans une fiole de 100 mL ensuite complété avec de l'eau distillée. Un volume de dix (10) mL du mélange précédent a été prélevé puis y a été ajouté 10 mL de solution de NaOH 40 %. L'ensemble a été distillé pendant 10 minutes en prenant soin de piéger le distillat dans un ballon contenant 20 mL d'acide borique (2 %) additionné d'un indicateur mixte (rouge de méthyle + vert de bromocresol). Le distillat obtenu a été titré par une solution d'acide sulfurique 0,01 N jusqu'au virage à l'orangé. Le taux de protéines brutes a été calculé à partir de l'expression mathématique suivante :

$$\text{Protéines totales (\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times 14 \times 6,25 \times N}{m_e} \quad (4)$$

$V_0$ : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai à blanc ;  $V_1$ : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai (échantillon) ;  $N$ : Normalité de la solution d'acide sulfurique : 0,01 ;  $m_e$ : Masse (g) de l'échantillon.

Les valeurs obtenues ont été converties en mg/100 g de MS.

#### 2.2.4.8 Détermination de la teneur des glucides totaux

Le taux de glucides totaux dans les farines de patate douce et des farines enrichies a été déterminé par différence selon la formule mathématique selon (Antia *et al.*, 2006) :

$$\text{Glucides totaux (mg /100 g de MS)} = 100 - (\% H + \% P + \% L + \% C) \quad (5)$$

$H$ : Humidité ;  $P$ : Protéines ;  $L$ : Lipides ;  $C$ : Cendres

### 2.2.4.9. Détermination de la teneur en fibres brutes

Le dosage des fibres brutes a été effectué selon la méthode de (AOAC, 1990). Deux (2) g d'échantillon ( $m_e$ ) séché puis broyé ont été homogénéisés dans 50 mL d'acide sulfurique (0,25 N). Le mélange a été porté à ébullition pendant 30 minutes sous réfrigérant à reflux. Un volume de 50 mL de soude (0,31 N) a été ajouté au contenu et l'ensemble a été porté à nouveau à ébullition pendant 30 minutes sous réfrigérant à reflux. L'extrait obtenu a été filtré sur du papier filtre Whatman N°4. Le résidu a été lavé plusieurs fois à l'eau chaude jusqu'à élimination complète des alcalis. Il a été séché à l'étuve à 105 °C pendant 8 heures puis refroidi au dessiccateur ensuite pesé ( $m_1$ ). Le résidu obtenu a été incinéré au four à 550 °C pendant 3 heures, refroidi au dessiccateur ensuite encore pesé à nouveau ( $m_2$ ). La teneur des fibres brutes sur base de la matière sèche (MS) a été calculé à partir de la formule mathématique suivante :

$$\text{Fibres brutes (\%)} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_e} \quad (6)$$

$m_1$  : masse (g) du résidu séché ;  $m_2$  : masse (g) des cendres obtenues ;  $m_e$  : masse (g) de l'échantillon.

Les valeurs obtenues ont été converties en mg/100 g de MS.

### 2.2.4.10. Dosage des sucres totaux

Les sucres totaux ont été dosés selon la méthode décrite par Dubois *et al.* (1956) utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré. Ainsi pour sa préparation, l'extrait de sucres éthanolosolubles (150  $\mu$ L) a été prélevé par la suite mis dans un tube à essai. A ce volume, ont été respectivement ajoutés 1 mL de phénol (5 %, p/v) et 1 mL d'acide sulfurique concentré (97 %). Le milieu réactionnel a été homogénéisé puis laissé refroidir pendant 5 minutes. La lecture de la densité optique a été réalisée à 490 nm au spectrophotomètre (JASCO V530) contre un témoin contenant tous les produits excepté l'extrait de sucres éthanolosolubles. La densité optique a été convertie en quantité de sucres totaux grâce à une droite d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de glucose (1 mg/mL).

### 2.2.4.11 Dosage des sucres réducteurs

Les sucres réducteurs ont été dosés selon la méthode de Bernfeld (1955) utilisant l'acide 3, 5 dinitrosalicylique (DNS). Pour cela, l'extrait de sucres éthanolosolubles (150  $\mu$ L) a été prélevé puis mis dans un tube à essai. A ce volume, ont été ajoutés 300  $\mu$ L de la solution de DNS. Le mélange a été porté au bain Marie bouillant pendant 5 minutes. Après refroidissement sur la paillasse pendant 5 minutes, un volume de 2 mL d'eau distillée y a été ajouté. La lecture de

l'absorbance a été réalisée à 540 nm au spectrophotomètre (JASCO V530) contre un témoin contenant tous les produits excepté l'extrait de sucres éthano-solubles. L'absorbance a été convertie en quantité de sucres réducteurs grâce à une droite d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de glucose (1 mg/mL).

### 2.2.4.12. Caractérisation des phytonutriments

#### 2.2.4.12.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par spectrophotométrie selon la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Pour ce faire, une quantité d'un (1) g de chaque farine a été dissoute dans 10 mL de méthanol (70 % ; v/v ; méthanol/eau distillée). Le mélange obtenu a été centrifugé à 1000 trs/min pendant 10 minutes. Le surnageant a été récupéré dans une fiole de 50 mL. Le culot a été centrifugé de nouveau avec 10 mL de méthanol (70 % ; v/v ; méthanol/eau distillée). Ce second surnageant a été récupéré dans la même fiole de 50 mL et le tout a été ajusté avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge pour constituer l'extrait phénolique total. Un volume d'un (1) mL d'extrait phénolique a été introduit dans un tube à essai. Au contenu du tube, a été ajouté 1 mL de réactif de Folin-Ciocalteu. Le tube a été laissé ensuite au repos pendant 3 minutes puis 1 mL de solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 20 % (m/v) y a été ajouté. Le mélange du tube a été complété à 10 mL avec de l'eau distillée. Enfin, le tube a été placé à l'obscurité pendant 30 minutes et la lecture de la densité optique (DO) a été effectuée à 725 nm contre un blanc. Une gamme étalon établie à partir d'une solution mère d'acide gallique (1 mg/mL) dans les mêmes conditions que l'essai a permis de déterminer la quantité de phénols de l'échantillon. Les résultats ont été exprimés selon la formule suivante :

$$\text{Polyphénols (mgEAG/100g)} = \frac{\text{DO}_{725} \times 5 \times 10^3}{5,04 \times m_e} \quad (7)$$

*Droite d'étalonnage :  $\text{DO}_{725} = 5,04$ . Masse (mg) Acide gallique ;  $R^2 = 0,992$  ;  $m_e$  : Masse (g) de l'échantillon.*

#### 2.2.4.12.2. Caractérisation des composés phénoliques

Les extraits phénoliques des différents échantillons préparés précédemment (50 mL) ont été dilués dans 100 mL d'eau distillée. Puis un volume de 20  $\mu\text{L}$  de chaque échantillon a été analysé à l'aide d'une unité de HPLC analytique (Shimadzu Corporation, Japon) équipée d'une pompe binaire (LC-6A) couplée à un détecteur UV-VIS (SPD-6A). Les composés phénoliques ont été séparés sur une colonne ICsep ICE ORH- 801 (longueur 25 cm) à une température fixée à 30 °C. La phase mobile a été constituée d'une solution de  $\text{NaH}_2\text{HPO}_4$  (50 mM) à un pH 2,6 (éluant

A), d'une solution d'acétonitrile / NaH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (80 : 20, v/v) (éluant B) et de l'acide orthophosphorique (200 mM) à pH 1,5 (éluant C). Le temps de fonctionnement était de 70 minutes avec un débit de 1 mL/min. La longueur d'onde de détection a été fixée à 280 nm. Les composés phénoliques de l'extrait méthanolique des échantillons de farines ont été identifiés par comparaison de leurs temps de rétention avec ceux obtenus par l'injection de la solution étalon comportant les composés phénoliques standards dans les mêmes conditions. Les concentrations des composés phénoliques des différents échantillons ont été quantifiées par l'expression mathématique suivante :

$$C_{Ex} = \frac{\text{Aire}_{Ex} \times C_{Tx}}{\text{Aire } T} \quad (8)$$

*C<sub>Ex</sub>* : Concentration du composé phénolique identifié dans l'échantillon ; *Aire T* : Moyenne des aires des pics des composés phénoliques standards ; *Aire E<sub>x</sub>* : Aire du pic du composé phénolique identifié dans l'échantillon ; *C<sub>Tx</sub>* : concentration du composé phénolique standard correspondant au composé phénolique

#### 2.2.4.12.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes a été évaluée selon la méthode décrite par Djeridane et al., 2006. Un volume de 0,5 mL a été prélevé de l'extrait phénolique précédemment obtenu des différents échantillons puis 0,5 mL d'eau distillée, 0,5 mL chlorure d'aluminium (10 %, m/v), 0,5 mL d'acétate de sodium (1 M) et 2 mL d'eau distillée y ont été successivement ajoutés. La solution obtenue a été laissée au repos pendant 30 minutes à température ambiante. La lecture de l'absorbance a été effectuée au spectrophotomètre à 415 nm contre le blanc. La teneur en flavonoïdes exprimée en mg /100 g d'échantillon a été déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée à partir d'une solution étalon de quercétine à 0,1 mg/mL. Les résultats ont été exprimés selon la relation mathématique suivante :

$$\text{Flavonoïdes (mgEQ/100 g)} = \frac{DO_{415} \times 2 \times 10^3}{18,12 \times m_e} \quad (9)$$

*Avec Droite d'étalonnage : DO<sub>415</sub> = 18,12. Masse (mg) Quercétine ; R<sup>2</sup> = 0,99 ; m<sub>e</sub> : Masse (g) de l'échantillon.*

#### 2.2.4.12.4. Dosage des caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes a été évaluée selon la méthode décrite par Rodriguez-Amaya (2001). Pour ce faire, une masse de 2 g de chaque échantillon de farine a été délayée dans 50 mL d'acétone. Le mélange a été filtré puis le résidu épuisé jusqu'à décoloration complète en utilisant 2 fois 50 mL d'acétone. Les filtrats obtenus ont été introduits dans une ampoule à

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

décanter de 500 mL. Un volume de 100 mL d'éther de pétrole y a été ajouté puis agité légèrement ensuite laisser reposer pour la séparation de phases. La phase étherée (contenant les caroténoïdes) est récupérée dans une autre ampoule à décanter. La lecture de l'absorbance de la phase étherée a été réalisée au spectrophotomètre à 450 nm contre l'éther de pétrole. La teneur en caroténoïdes a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Caroténoïdes (mg EQ/100g)} = \frac{DO_{450} \times V \times 10^3}{2592 \times m_e} \quad (10)$$

*V* : Volume (mL) de la phase extraite contenant les caroténoïdes ; *m<sub>e</sub>*: Masse (g) de l'échantillon ; 2592 : Coefficient d'extinction massique des caroténoïdes dans l'éther de pétrole.

### 2.2.4.12.5. Détermination du taux d'acide gallique

La teneur en acide gallique des échantillons a été déterminée par chromatographie réalisée selon la technique modifiée de Ho *et al.* (1999). Une quantité de 50 mg de chaque échantillon a été pesé puis mis dans une fiole de 100 mL, ensuite 75 mL de méthanol à 80 % y ont été ajoutés ensuite encore le mélange a été saturé en NaCl. Après une période d'agitation de 30 minutes, la solution obtenue a été centrifugée à 18000 tour/min avec une centrifugeuse réfrigérée (Sigma Aldrich 2-PK) pendant 5 minutes à 5 °C. Le surnageant a été récupéré et le culot a été extrait deux fois de suite dans les mêmes conditions. Les surnageants ont été combinés puis évaporés à 35 °C à 50 mL à l'aide d'un évaporateur rotatif (HEILDOLPH Laborata 4003 Control, Schwabach, Allemagne). La solution restante (50 mL) a été diluée dans 100 mL d'eau distillée. Enfin un volume de 20 µL de chaque solution diluée a été analysé sur un système de HPLC (Shimadzu Corporation, Japon) muni d'une pompe binaire (LC-20AT) couplée à un détecteur UV (SID-20A).

### 2.2.4.12.6. Caractérisation des vitamines

- ✓ Caractérisation de la vitamine C

La teneur en acide ascorbique a été mesurée par dosage titrimétrique selon Pongracz *et al.* (1971) utilisant une solution de 2,6 dichlorophénol-indophénol (DCPIP). Une masse de 10 g de chaque échantillon a été solubilisée dans 40 mL d'un mélange d'acide métaphosphorique et d'acide acétique (2 % m/v). La solution obtenue a été centrifugée puis le surnageant a été dilué avec de l'eau distillée. Enfin, un volume de 10 mL de la solution finale a été titré avec une solution du DCPIP à 0,5 g/L. Un étalonnage préalable avec de l'acide ascorbique à 0,5 g/L a permis de déterminer la teneur en vitamine C des échantillons.

- ✓ Caractérisation des vitamines du groupe B, α-tocophérol et β-carotène

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les concentrations en vitamines du groupe B (thiamine (vitamine B<sub>1</sub>), riboflavine (vitamine B<sub>12</sub>), pyridoxine (vitamine B<sub>6</sub>), et acide folique (vitamine B<sub>9</sub>), du groupe E ( $\alpha$ -tocophérol) et pro vitamine A ( $\beta$ -carotène) ont été déterminées à l'aide d'un système chromatographique liquide haute performance (HPLC, Marque Water Alliance). Ce système comprenait une pompe Waters, un injecteur automatique, un détecteur UV/PDA et un enregistreur Servotrace. Les conditions opératoires ont été adaptées au type de vitamines recherchées. Pour cela un (1) gramme de chaque échantillon de farine a été extrait vigoureusement avec un excès de n-hexane (5 fois le volume) suivi d'une centrifugation à froid à 3000 tr/ min pendant 5 minutes. Le solvant a été aspiré puis sauvegardé. Le résidu obtenu a subi une nouvelle extraction avec du n-hexane et cette opération a été répétée jusqu'à l'obtention d'un extrait incolore. Le volume total de solvant utilisé a été calculé et un aliquote a été prélevé puis injecté dans le système HPLC.

Le dosage de la thiamine, la riboflavine, la pyridoxine et l'acide folique a été réalisé en mode gradient sur une colonne Zorbax à support de silice post greffé en C18 (150 mm x 4,6 mm) avec des particules de 3 mm. La phase mobile a été un mélange d'acétate d'ammonium et de méthanol, de grade HPLC et fournis par MERCK (Allemagne). Le débit d'élution a été programmé à 2 mL/ min sur une durée de 20 minutes. Les standards des vitamines du groupe B proviennent de Sigma-Aldrich (UK).

Le dosage de vitamine E et de pro vitamine A a été réalisé en mode isocratique sur une colonne Kromasil C<sub>18</sub> de 30 cmX 4 mm (CIL CLUZEAV) en acier inoxydable. La phase mobile est constituée d'une solution Acétonitrile/Méthanol (80 : 20 v/v) de grade HPLC et fournis aussi par MERCK (Allemagne). La température de la colonne a été de 30 °C, et la durée d'élution de 35 minutes avec un débit fixé à 1,2 mL / min. Les standards ont été fournis par Fluka Chemie (Suisse pour les injections dans le système HPLC et à différentes longueurs d'onde (Tableau VI).

Tableau VI: Les standards utilisés pour les injections dans le système HPLC et les différentes longueurs d'onde

Vitamines	Concentrations (g /mL)	Longueurs d'onde (nm)
Thiamine	0,1 à 3,5	270
Riboflavine	0,1 à 7	265
Pyridoxine	0,5 à 12	257
Acide folique	0,5 à 5	280
$\beta$ -carotène	0,2 à 4,5	445
$\alpha$ -tocophérol	0,2 à 5,5	295

### 2.2.4.13. Détermination du profil des acides aminés

L'extraction des acides aminés totaux a été réalisée selon la méthode légèrement modifiée de Chirinang & Intarapichet (2009). Les protéines contenues dans un (1) g de poudre fine de

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

chaque échantillon ont été d'abord hydrolysées distinctement avec 10 mL de HCl 6N, ensuite séchées à 110 °C dans une étuve pendant 24 heures, sous un flux d'azote gazeux. Chaque résidu sec a été repris dans 10 mL de citrate de sodium 0,2 N à un pH de 2,3 pour éviter l'oxydation de certains acides aminés. La solution homogénéisée a été centrifugée à 3000 tours/min pendant 25 minutes à 0 °C. Le surnageant recueilli a été filtré sur du papier filtre Whatman N°42, puis à travers un filtre millipore 0,45 µm (Sartorius AG, Goettingen, Germany). Le surnageant obtenu pour chacun des échantillons a été conservé à -4 °C pour les analyses. Les dérivatisations des acides aminés de l'hydrolysate des protéines des différents échantillons et celles des acides aminés standard ont été réalisées avec du phénylthiocyanate (PITC) selon la procédure décrite par Sánchez-Machado *et al.* (2003). Le réactif de dérivatisation a été constitué de méthanol + eau distillée + Triéthylamine (TEA) + Phénylthiocyanate (PITC) dans les proportions 7:1:1:1 (v/v). Toute cette procédure a conduit à l'obtention de dérivés phénylthiocyanate (PITC) d'acides aminés qui ont été par la suite analysés à L'HPLC.

La composition en acides aminés de chaque échantillon a été déterminée en utilisant un chromatographe liquide à haute performance (HPLC), Applied Biosystems Model 172 A (Applied Biosystems Corporation, Foster City, Californie., USA) équipé d'une colonne PTC RP-18 (2,1 mm x 22 cm), d'un détecteur UV (Shimadzu SPD-6A UV Spectrophotometric detector) et d'un intégrateur (Shimadzu C-R 6A Chromatopac).

La séparation chromatographique des acides aminés a été réalisée avec la colonne maintenue à 35 °C à l'aide d'un four Meta Therm TM (Interchrom, France). L'éluant a été constitué du mélange d'une solution d'acétate de sodium (45 mM, pH 5,9) et d'acétate de sodium (10<sup>5</sup> mM, pH 4,6 ; 30 %) et d'acétonitrile (70 %). Le débit d'élution et la longueur d'onde de détection ont été fixés respectivement à 1,1 mL min<sup>-1</sup> et 254 nm. Les chromatogrammes étalons et expérimentaux ont été établis par injection respective des dérivés phénylthiocyanate (PITC) des 17 acides aminés standards disponibles au laboratoire et ceux de leurs dérivés phénylthiocyanate. Les analyses ont été effectuées en triple. Les identifications des acides aminés des échantillons ont été faites par comparaison de leurs temps de rétention à ceux des standards (étalons). La concentration de l'acide aminé a été évaluée à partir de la formule suivante :

$$CE_x = \frac{\text{Aire } E_x \times CT_x}{\text{Aire } T} \quad (11)$$

*CE<sub>x</sub>* : Concentration de l'acide aminé *x* identifié dans l'échantillon ; *Aire T* : Moyenne des aires des pics des acides aminés standard ; *Aire E<sub>x</sub>* : Aire du pic de l'acide aminé *x* identifié dans l'échantillon ; *CT<sub>x</sub>* : Concentration de l'acide aminé standard correspondant à l'acide *x*.

### 2.2.4.14. Détermination des propriétés anti-nutritives.

#### 2.2.4.14.1. Détermination de la teneur en oxalates

La teneur en oxalates a été évaluée selon la méthode décrite par Day et Underwood (1986). Pour ce faire une quantité (2 g) d'échantillon séchée puis broyée a été homogénéisée dans 25 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (3 M) sous agitation magnétique pendant 1 heure. Le mélange a été centrifugé pendant 5 minutes puis filtré sur un papier filtre Whatman N°42 Le filtrat obtenu a été titré à chaud avec une solution de KMnO<sub>4</sub> (0,05 M) jusqu'au virage au rose persistant. La formule suivante a été utilisée pour le calcul de la teneur en oxalates des farines :

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

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

#### 2.2.4.14.2. Dosage des phytates

La teneur en phytates a été déterminée selon la méthode décrite par Latta et Eskin (1980). Pour cela, une masse d'un (1) g d'échantillon séchée puis broyée a été homogénéisée dans 20 mL de HCl (0,65 N) sous agitation pendant 12 heures à température ambiante. Le mélange obtenu a été centrifugé à 12000 tours/min pendant 40 minutes. Ensuite un volume de 0,5 mL du surnageant a été prélevé puis 3 mL de réactif de Wade y a été ajouté. Le mélange obtenu a été laissé au repos pendant 15 minutes et la lecture de la DO a été faite au spectrophotomètre à 490 nm contre le témoin. Une gamme d'étalonnage a été réalisée avec le phytate de sodium à 10 µg/mL. La teneur en phytates a été calculée à partir de la formule suivante :

$$\text{Phytates (mg/100g)} = \frac{DO_{490} \times 4}{0,033 \times m_e} \quad (13)$$

*Droite d'étalonnage* :  $DO_{490} = 0,033$  ; *Masse (µg) phytate sodium* ;  $R^2 = 0,99$  ; *m<sub>e</sub>*: Masse (g) de l'échantillon.

#### 2.2.4.14.3. Détermination de la teneur en tannins

La méthode utilisée pour le dosage des tanins a été celle décrite par Bainbridge *et al.* (1996). Pour sa réalisation, un volume d'un (1) mL de surnageant issu de l'extraction des polyphénols a été prélevé puis 5 mL de réactif à la vanilline (0,1 mg/mL de vanilline dans l'acide sulfurique à 70 % (v/v)) y a été ajouté. Le mélange a été laissé au repos pendant 20 minutes à l'obscurité puis la lecture de l'absorbance a été réalisée au spectrophotomètre à 500 nm contre le blanc.

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une gamme d'étalonnage a été réalisée à partir d'une solution étalon d'acide tannique à 0,1 mg/ml.

$$\text{Tannins (mgEAT/100g)} = \frac{DO_{500} \times 10^3}{3,11 \times m_e} \quad (15)$$

*Droite d'étalonnage :  $DO_{500} = 3,11$  ; Masse (mg) Acide tannique ;  $R^2 = 0,99$  ;  $m_e$ : masse (g) de l'échantillon.*

### 2.2.4.15. Détermination de la valeur énergétique

La valeur théorique énergétique des échantillons de farine a été calculée à partir des coefficients spécifiques pour les protéines, les lipides et les glucides totaux (FAO, 2002) :

$$\text{Energie (Kcal /100 g)} = \% P \times 4 + \% L \times 9 + \% G \times 4 \quad (15)$$

*P : protéines ; L : lipides ; G : glucides totaux*

### 2.2.5. Méthodes de l'essai animal

#### 2.2.5.1 Test de tolérance du glucose sur des rats albinos

Trente (30) rats normaux uniquement mâles, mis à jeun pendant 12 heures, ont été répartis en six groupes de cinq rats chacun. Le groupe témoin a reçu de l'eau distillée à raison de 10 mL/Kg PC. Le groupe 2 a reçu le glibenclamide (molécule antidiabétique de référence) à 10 mg/Kg PC. Les groupes BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 ont constitué les rats traités par la farine de patate douce enrichie en poudre de *Moringa* respectivement à 5 %, 10 %, 15 % et 20 % avec la dose de 300 mg/Kg PC. La glycémie initiale des rats a été mesurée avec un glucomètre avant toute administration des solutions (temps initial ou T0). Ensuite, les rats ont été gavés par voie orale par les différentes formulations dissoutes dans 10 mL d'eau distillée. Pour ce faire, le rat a été immobilisé et la tête a été surélevée. La bouche bien ouverte, une seringue chargée du produit et munie de la sonde gastro-œsophagienne a été introduite jusqu'à l'estomac. Puis, le produit a été administré en poussant le piston de la seringue par le pouce vers l'avant à l'image d'une injection (gavage). D'abord, le glucose anhydre Cooper a été administré aux rats dans les différents groupes à la dose de 4 g/Kg PC. Cette solution a permis d'induire une hyperglycémie temporaire chez tous les rats des lots constitués. Ensuite, la glycémie a été mesurée trente (30) minutes après. L'effet anti-hyperglycémiant (par rapport à l'hyperglycémie induite) a été évalué dans les différents groupes une heure et deux heures après l'induction d'une hyperglycémie par le prélèvement d'une goutte de sang au niveau de la queue qui a été déposée

sur une bandelette réactive du glucomètre. La lecture du taux de glucose a été effectuée 3 secondes après.

### **2.2.5.2. Alimentation animale**

L'expérience a été menée selon les protocoles décrits dans la Ligne directrice 407 de l'OCDE (OCDE, 2008). Cinq lots de cinq rats normaux uniquement mâles (25 rats) ont été regroupés en groupes homogènes en fonction de leur poids. Chaque groupe a été placé dans une cage en plastique puis maintenu dans des conditions de laboratoire standard (température 25 °C) avec cycle sombre et clair (12 heures/24 heures). L'expérimentation a été menée pendant 28 jours. Avant le début de l'expérimentation réelle, une semaine a été consacrée à l'acclimatation des animaux à cette condition. Ensuite chaque jour, pour chaque rat, 1 mL /100 g de poids corporel de chacune des formulations a été administré par gavage pendant 28 jours. Le traitement des rats a été réalisé par gavage comme suit : le lot témoin a reçu de l'eau distillée et les lots BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 ont reçu, respectivement les farines enrichies à 5 %, 10 %, 15 % et 20 % de la poudre de feuille de *Moringa* avec la dose de 300 mg/Kg PC. Pendant les jours d'expérimentation, chaque groupe de rats a été nourri à l'eau et à la nourriture standard (Croquettes, IVOGRAIN) mesurées avant et après chaque nouvelle administration. À la fin de l'expérience, après un jeûne de 15 heures, les animaux ont été immolés et des échantillons de sang ont été prélevés.

### **2.2.5 .3. Échantillon de sang prélevé**

Deux (2) prélèvements d'échantillons de sang ont été effectués. Le premier échantillon a été prélevé avant l'administration des aliments aux rats au jour 0 pour obtenir des valeurs initiales. Le deuxième échantillon a été prélevé le dernier jour (jour 28). Lors des prélèvements, les rats ont été endormis avec de l'éther et des échantillons de sang ont été prélevés par la queue. Deux types de tubes de prélèvement ont été utilisés. Il s'agit des tubes secs pour la détermination des paramètres biochimiques et des tubes EDTA pour les paramètres hématologiques.

### **2.2.5.4. Dosage des paramètres biochimiques du sang des rats Wistar**

La mesure de la glycémie a permis d'évaluer l'efficacité des formulations. Les échantillons de sang contenus dans les tubes secs ont été centrifugés à 4000 tr/min pendant dix (10) minutes. Le sérum obtenu a permis le dosage de quelques marqueurs biochimiques de certains organes vitaux tels le foie et les reins. Ainsi, les transaminases Alanine aminotransférase (ALAT) et Aspartate aminotransférase (ASAT) ont constitué les marqueurs hépatiques. La créatinine et l'urée ont permis d'évaluer les fonctions rénales. Les marqueurs lipidiques tels que le

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

cholestérol total, le HDL-cholestérol, le LDL-cholestérol et les triglycérides ont permis d'évaluer les fonctions hépatiques. Le dosage des paramètres biochimiques sanguins a été réalisé à l'aide d'un analyseur de chimie semi-automatique (Rayto, RT-9200). (Gella *et al.*, 1985).

### 2.2.5.4.1. Mesure de la glycémie

Une goutte sang a été déposée sur une bandelette introduite dans le glucomètre (de marque On. Call Extra). La glycémie a été mesurée sur l'écran en mg/dL puis convertie en g/L.

### 2.2.5.4.2. Dosage de l'alanine aminotransférase (ALAT)

Selon le principe du dosage, le groupe amine est transféré enzymatiquement par l'alanine aminotransférase présent dans l'échantillon à partir de l'alanine vers l'atome de carbone du 2-oxoglutarate en produisant le pyruvate et du L-glutamate. Le pyruvate est réduit en lactate par le LDH présent dans le réactif avec oxydation simultanée du NADH<sub>2</sub> en NAD<sup>+</sup>. La réaction est suivie en mesurant à 340 nm, la diminution de l'absorbance due à l'oxydation du NADH en NAD<sup>+</sup>. L'activité de l'alanine aminotransférase présent dans le sérum a été mesurée par la méthode cinétique (Gella *et al.*, 1985). Les principales réactions sont les suivantes ;



Les réactifs utilisés étaient constitués des composés chimiques suivants :

- Réactif A : Tris 150 mmol/L, L-alanine 750 mmol/l, Lactate-déshydrogénase > 1350 U/L, pH 7,3.
- Réactif B : NADH 1,3 mmol/L, 2-oxoglutarate 75 mmol/L, Hydroxyde de sodium 148 mmol /L, Sodium azide 9,5 g/L.

Un volume d'un (1) mL de la solution A+B et 50 µL de sérum ont été introduits dans une cuve de mesure thermostatée à 37 °C. Une minute après le mélange, l'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 340 nm par minute pendant 3 minutes.

La concentration en ALAT de l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Activité enzymatique de ALAT (U/L)} = \frac{V_t \times 10^6}{\epsilon \times l \times V_s} \times \Delta A/\text{min} \quad (16)$$

Le coefficient d'absorption molaire ( $\epsilon$ ) de NADH à 340 nm est 6300, la longueur d'onde ( $l$ ) est 1 cm, le volume total de la réaction ( $V_t$ ) est 1,05 à 37 °C et 1,1 à 30 °C, le volume simple ( $V_s$ ) est 0,05 à 37 °C et 0,1 à 30 °C, et 1 U/L est égal à 0,0166  $\mu\text{kat/L}$ ;  $\Delta A/\text{min}$  = moyenne de l'absorbance par minute

### 2.2.5.4 .3 Dosage de l'aspartate aminotransférase (ASAT)

Dans le principe du dosage, le groupe amine est transféré enzymatiquement par l'Aspartate Aminotransférase présent dans l'échantillon à partir de l'Aspartate vers l'atome de carbone du 2-oxoglutarate en produisant l'oxaloacétate et du L-glutamate. La réaction est suivie en mesurant à 340 nm, la diminution de l'absorbance due à l'oxydation du NADH<sub>2</sub> en NAD<sup>+</sup>. Cette diminution est proportionnelle à l'activité de l'Aspartate Aminotransférase présent dans le sérum par la méthode cinétique (Gella *et al.*, 1985). Les principales réactions sont les suivantes :



Les réactifs utilisés étaient constitués des composés chimiques suivants :

- Réactif A : Tris 121 mmol/L, L-aspartate 362 mmol/L, Malate-déshydrogénase > 460 U/L,  
Lactate-déshydrogénase > 660 U/L, Hydroxyde de sodium 255 mmol/L à pH = 7,8.
- Réactif B : NADH 1,3 mmol/L, 2-oxoglutarate 75 mmol/L, Hydroxyde de sodium 148 mmol/L, Sodium azide 9,5 g/L

Pour la détermination, un volume d'un (1) mL de la solution A + B et 50  $\mu\text{L}$  de sérum ont été introduits dans une cuve de mesure thermostatée à 37 °C. Une minute après le mélange, l'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 340 nm et chaque minute pendant 3 minutes.

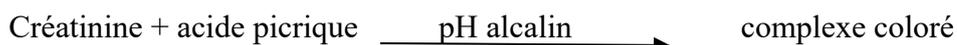
La concentration en ASAT de l'échantillon a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{Activité enzymatique de ASAT (U/L)} = \frac{V_t \times 10^6}{\epsilon \times l \times V_s} \times \Delta A/\text{min} \quad (17)$$

Le coefficient d'absorption molaire ( $\epsilon$ ) de NADH à 340 nm est 6300, longueur d'onde ( $l$ ) est 1 cm, le volume total de la réaction ( $V_t$ ) est 1,05 à 37 °C et 1,1 à 30 °C, le volume simple ( $V_s$ ) est 0,05 à 37 °C et 0,1 à 30 °C, et 1 U/L est égal à 0,0166  $\mu\text{kat/L}$ ;  $\Delta A/\text{min}$  = moyenne de l'absorbance par minute.

#### 2.2.5.4.4. Dosage de la créatinine

La créatinine présente dans l'échantillon réagit avec l'acide picrique en milieu alcalin, pour donner un complexe coloré. La vitesse de formation de ce complexe a été mesurée dans des périodes initiales courtes, en évitant ainsi l'interférence d'autres composés par la méthode colorimétrique (Bartels & Böhmer 1971 ; Fabiny & Ertingshausen, 1971). La réaction de formation du complexe est :



Pour le dosage, les réactifs utilisés étaient constitués des composés chimiques suivants :

- Réactif A : Hydroxyde de sodium 0,4 mol/L, détergent
- Réactif B : Acide picrique 25 mmol/L
- Réactif S : Etalon de Glucose/Urea/Creatinine : Glucose 100 mg/dL, urée 50 mg/dL, créatinine 2 mg/dL (177 μmol/L).

Des volumes égaux de réactif A et réactif B ont été soigneusement mélangés. Le réactif de travail a été préchauffé avec le photomètre à 37 °C. Puis un volume de 1 mL du réactif de travail et 0,1 mL de l'étalon (S) ou d'échantillon ont été introduits dans la cuve. Les tubes ont été agités puis insérés dans le photomètre. L'absorbance a été enregistrée à 500 nm après 30 secondes (A<sub>1</sub>) et 90 secondes (A<sub>2</sub>).

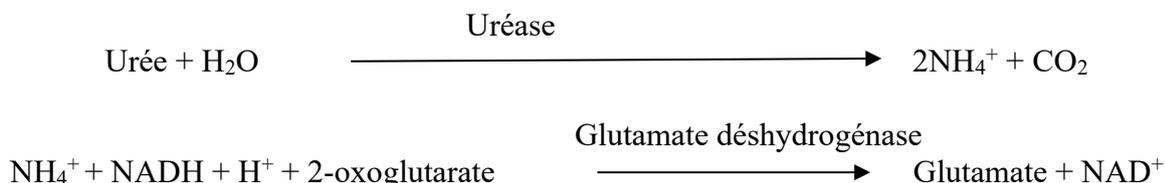
La concentration en créatinine de l'échantillon est calculée selon la formule suivante

$$\boxed{[\text{Créatinine}] \text{ (mg/dl)} = \frac{(A_2 - A_1)_{\text{échantillon}}}{(A_2 - A_1)_{\text{étalon}}} \times [\text{étalon}] \times F_{dE}} \quad (18)$$

*Avec F<sub>dE</sub> : facteur de dilution de l'échantillon*

#### 2.2.5.4 .5. Dosage de l'urée

L'urée présente dans l'échantillon consomme du NADH, selon les réactions couplées suivantes :



Elle est quantifiée par spectrophotométrie selon la méthode enzymatique (Talke & Schubert, 1965 ; Gutmann & Bergmeyer, 1974).

Les réactifs d'urée étaient composés de :

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

- Réactif A : Tris 100 mmol/L, 2-oxoglutarate 5,6 mmol/L, uréase > 140 U/mL, glutamate deshydrogénase > 140 U/mL, ethyleneglycol 220 g/L, sodium azide 0,95 g/L, pH 8,0 ;
- Réactif B : NADH 1,5 mmol/L, sodium azide 9,5 g/L ;
- Réactif S : Etalon de Glucose/Urea/Creatinine : Glucose 100 mg/dL, urée 50 mg/dL (8,3 mmol/L, BUN 23,3 mg/dL), créatinine 2 mg/dL. Etalon primaire en solution aqueuse.

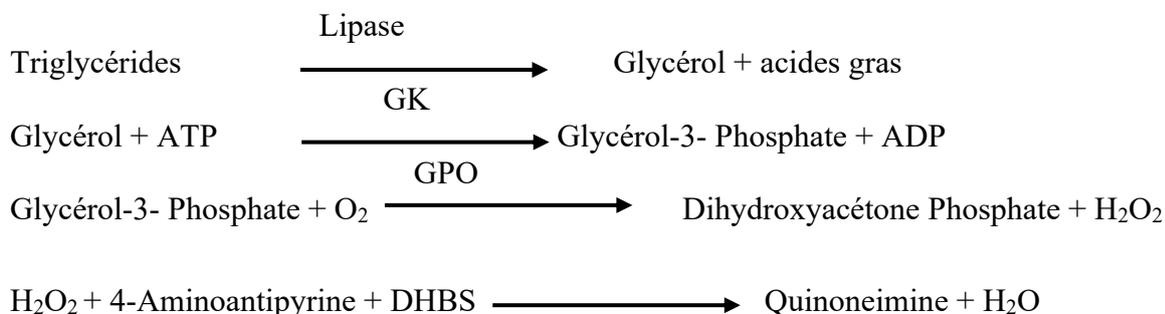
Le réactif de travail (constitué du réactif A + réactif B) a été préchauffé avec le photomètre à 37 °C. Puis, un volume de 1 mL de ce réactif de travail et 10 µL de l'étalon (S) ou d'échantillon ont été pipetés dans la cuve. Les tubes ont été agités puis insérés dans le photomètre. L'absorbance a été mesurée à 340 nm après 30 secondes (A1) et 90 secondes (A2). La concentration de l'urée a été calculée selon la formule suivante :

$$[\text{Urée}] \text{ (g/L)} = \frac{(A1-A2) \text{ échantillon}}{(A1-A2) \text{ étalon}} \times [\text{étalon}] \times Fd_E \quad (19)$$

$Fd_E$  : facteur de dilution échantillon

### 2.2.5.4.6. Dosage des triglycérides

Le dosage des triglycérides a été fait par voie enzymatique. Par l'action de lipases spécialisées, lipoprotéines lipase (LPL), les triglycérides ont été hydrolysés en glycérol et en acide gras libre. Le glycérol a été ensuite transformé en glycérol-3-phosphate (G3P) et adénosine diphosphate (ADP) par glycérol kinase et ATP. Le G3P a été ensuite converti par glycérol phosphate déshydrogénase (GPO) en dihydroxyacétone phosphate (DAP) et peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Ces derniers réagissent avec le 4-aminophenazone (4-AP) et le p-chlorophenol en présence de peroxydase (POD) pour donner un composé coloré en rouge (McGowan *et al.*, 1983). Les principales réactions ont été les suivantes :



## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour le dosage, les réactifs des triglycérides étaient composés de :

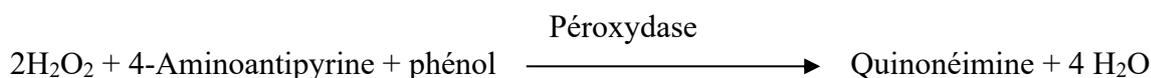
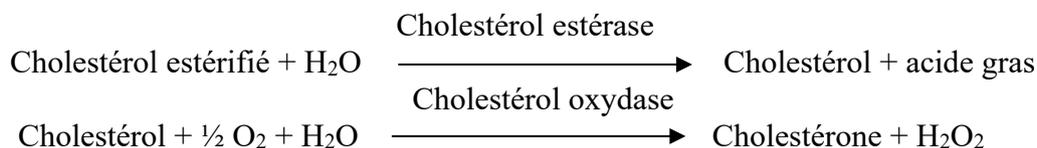
- Réactif 1: Lipoprotéine Lipase  $\geq 1000$  U/L, Glycéro kinase  $\geq 800$  U/L, Glycéro-3-Phosphate Oxydase  $\geq 1500$  U/L, Peroxydase  $\geq 2500$  U/L, 4-Aminoantipyrine : 0,25 mmol/L, ATP : 1 mmol/L, DHBS : 0,5 mmol/L, pH 8,0.
- Étalon : Triglycérides 200 mg/dL

Un volume de 3 mL de réactif 1 a été réparti dans 3 tubes à essais numérotés de 1 à 3 à raison de 1 ml par tube. Dans les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> tubes ont été ajoutés respectivement, un volume de 50  $\mu$ L de réactif 1 et 50  $\mu$ L de sérum. Les tubes ont été agités puis incubés pendant 10 minutes à 37 °C. L'absorbance des tubes 2 et 3 a été lue par comparaison avec le tube 1 à une longueur d'onde de 500 nm.

$$[\text{Triglycérides}] (\text{mg/dL}) = \frac{\text{Absorbance échantillon}}{\text{Absorbance étalon}} \times 200 \quad (20)$$

### 2.2.5.4.7. Dosage du cholestérol total

Le taux du cholestérol total a été quantifié selon la méthode de Fasce *et al.* (1982). Il a été mesuré après hydrolyse enzymatique puis oxydation. L'indicateur quinoneimine a été formé à partir du peroxyde d'hydrogène et de l' amino-4-antipyrine en présence du phénol et de la peroxydase. La détermination enzymatique a été faite selon les réactions suivantes :



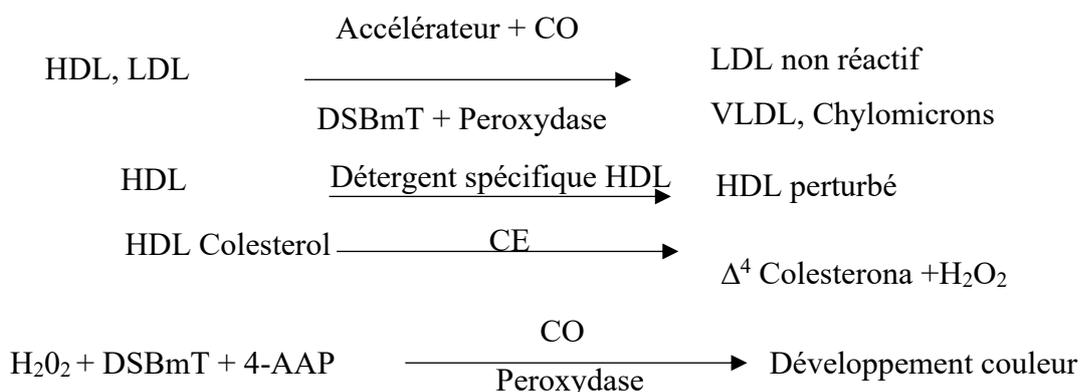
La quantité de quinonéimine formée a été proportionnelle à la concentration de cholestérol. Un volume de 1 mL du réactif a été pipeté et transvasé dans le tube à hémolyse. Puis, un volume de 10  $\mu$ L de sérum a été également prélevé ensuite et ajouté dans ce tube. Le mélange a été effectué. Les densités optiques ont été lues à une longueur d'onde égale à 505 nm (550) après une incubation de 5 minutes à 37 °C. La coloration a été stable pendant 30 minutes. La concentration du cholestérol de l'échantillon a été calculée selon la formule suivante :

$$[\text{Cholestérol}] (\text{g/L}) = \frac{\text{Absorbance échantillon}}{\text{Absorbance étalon}} \times [\text{étalon}] \quad (21)$$

## DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.2.5.4.8. Dosage du cholestérol HDL

Le dosage du cholestérol HDL (High-Density Lipoprotein) direct est une méthode homogène pour mesurer directement les concentrations de cholestérol HDL dans le sérum ou le plasma sans avoir besoin d'un prétraitement hors ligne ou d'étapes de centrifugation. La méthode est dans un format à deux réactifs et dépend des propriétés d'un détergent unique, comme illustré. Cette méthode est basée sur l'accélération de la réaction du cholestérol oxydase (CO) avec un cholestérol non HDL non estérifié et sur la dissolution du HDL sélectivement en utilisant un détergent spécifique. Dans le premier réactif, le cholestérol non HDL non estérifié a été soumis à une réaction enzymatique et le peroxyde généré a été consommé par réaction du peroxydase avec DSBmT donnant un produit sans couleur. Le second réactif consistait en un détergent capable de solubiliser le HDL spécifiquement, un cholestérol estérase (CE) et un coupleur chromogène pour développer une couleur pour la détermination quantitative du cholestérol HDL. Ce processus serait une méthodologie détergent sélectif et accélérateur (Barr *et al.*, 1951).



Le dosage du HDL-cholestérol (HDL-C) a été effectué grâce à l'ajout de 0,2 mL de sérum ou plasma dans 0,3 mL du précipitant de la composition des réactifs du fabricant. Le mélange avait été fait doucement puis l'incubation a été effectuée pendant 5 minutes à la température 25°C. Après il a été porté à la centrifugeuse à 3000 tr pendant 10 minutes. Ainsi, un volume de 100 µL du surnageant obtenu a été prélevé puis ajouté dans 1 mL du réactif de cholestérol (réactif près à l'emploi). Pour ce faire, il a été préalablement distribué dans tous les tubes à hémolyse sauf dans celui à essai blanc. L'ensemble a été par suite bien mélangé ensuite incubé pendant 5 minutes à 37 °C ou 10 minutes à la température de 25 °C. La lecture de l'absorbance du standard et HDL cholestérol test contre le blanc a été effectuée à 505 nm. Ainsi, la quantité du HDL est calculé selon la formule mathématique suivante :

$$\boxed{[\text{HDL}](\text{g/L}) = \frac{\text{Absorbance échantillon}}{\text{Absorbance étalon}} \times [\text{HDLétalon}]} \quad (22)$$

### 2.2.3.4.9. Calcul du LDL-cholestérol

Les valeurs du LDL-cholestérol (Low-Density Lipoprotein) ont été obtenues par calcul à partir de la formule suivante :

$$\text{LDLc (g/L)} = \text{Cholesterol total} - \text{HDLc} - (\text{TG}/5) \quad (23)$$

*LDLc : Low-Density Lipoprotein Cholesterol; HDLc : High-Density Lipoprotein Cholesterol ; TG : Triglycéride*

### 2.2.5.5. Dosage des paramètres hématologiques du sang des rats Wistar

La numération formule sanguine a été effectuée immédiatement à partir des prélèvements sur des tubes EDTA par l'analyseur automatique URIT- 2900. Le principe de comptage cellulaire de l'automate URIT-2900 est basé sur la variation de l'impédance. Ainsi, lorsqu'une quantité de 10  $\mu\text{L}$  du sang total a été aspiré, les cellules passent à travers un orifice calibré. Un champ de courant continu a été appliqué de part et d'autre de cet orifice. La cellule n'ayant pas la même conductivité que le milieu qui l'entoure, son passage à travers l'orifice a entraîné une modification du courant établi entre les deux électrodes. Cette différence de courant a été enregistrée. Ce qui a permis à chaque passage de cellule, leur comptage. De plus, la différence de courant étant proportionnelle au volume de la particule, celui-ci a été mesuré en même temps que le comptage. Le volume a été donc un critère de différenciation des populations de cellules sanguines puisque les plaquettes et les hématies d'une part et les leucocytes d'autre part ont des volumes distincts la plupart du temps.

Dans la chambre des mesures des globules blancs, l'échantillon reste pendant 10 secondes puis, la taille et le nombre des leucocytes sont déterminés par impédancemétrie. Dans la chambre de mesure des globules rouges, la taille et le nombre d'érythrocytes et de thrombocytes ont été aussi déterminés par la même méthode. A partir des valeurs mesurées, les autres paramètres ont été calculés dans le microprocesseur de l'automate. Pendant le temps d'incubation, les érythrocytes ont été dissous sous l'influence de la lyse et l'hémoglobine a été libérée puis, transformée en méthémoglobine. Une partie de l'échantillon de cette chambre a été introduite dans la cuvette d'écoulement d'hémoglobine. La concentration en hémoglobine a été mesurée par spectrophotométrie. Avant la réalisation de la numération, les échantillons de sang ont été bien homogénéisés par retournement successif et délicat afin d'éviter la formation de micro-caillots. Manuellement, les tubes d'échantillon ont été présentés verticalement à l'aiguille de l'automate puis le bouton d'aspiration a été actionné. Le tube d'échantillon a été ensuite retiré verticalement une fois l'aiguille d'aspiration sortie du prélèvement. L'automate a réalisé l'analyse complète des paramètres hématologiques d'un échantillon au bout d'une minute 35

secondes. L'appareil URIT-2900 a été connecté à une imprimante graphique qui transcrit les résultats sur papier.

### 2.2.5.6 Taux de variation sur les différents paramètres évalués

Le taux de variation est un concept fondamental qui montre le changement relatif d'une valeur par rapport à une autre, sur une période donnée. Il se calcule selon la formule mathématique suivante :

$$\text{Taux de variation (\%)} = \frac{\text{Valeur finale} - \text{Valeur initiale}}{\text{Valeur initiale}} \times 100 \quad (24)$$

### 2.2.5.7. Histologie hépatique et rénale

A la fin des expérimentations, le foie, le rein et le cœur ont été pesés et examinés macroscopiquement. Les formes, tailles et couleurs de ces organes internes ont été observées visuellement pour détecter des signes de lésions macroscopiques. Les organes (foie et cœur) ont ensuite été fixés dans du formaldéhyde à 10 % afin de réaliser des coupes histologiques. La méthode utilisée pour la réalisation des coupes longitudinales est la technique d'inclusion à la paraffine décrite par Hould (1984).

Cette technique a été réalisée en trois étapes. La première étape a consisté à imprégner dans un bac à paraffine (Axel Johnson Labssystem, Suède), les pièces d'organes contenues dans des cassettes. La deuxième étape a permis d'effectuer des coupes minces sur les blocs de paraffine contenant les organes à l'aide d'un microtome rotatif Shandon AS 325 (Marshall Scientific, USA). La dernière étape a consisté à observer les coupes histologiques du foie avec un microscope photonique après leur coloration à l'hématoxyline-éosine.

### 2.2.6. Analyse statistique

Le logiciel Sphinx a permis d'analyser les données d'enquêtes. Tout d'abord, il faut importer les données dans Sphinx MX 4.5 à partir de Excel 2013. Une fois les données chargées, il est crucial de corriger les erreurs et de gérer les valeurs manquantes pour assurer la qualité de l'analyse. Ensuite, Sphinx a permis de calculer les fréquences. Cette étape inclut également la création de graphiques et de tableaux qui permettent de visualiser la distribution des données. Le logiciel STATISTICA 7.1 a permis de réaliser l'ANOVA et les corrélations. Ces corrélations peuvent être effectués pour comparer des groupes. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes. Les différences ont été considérées significatives pour les valeurs de  $p \leq 0,05$ . Pour séparer les différentes moyennes des échantillons, des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été réalisés. Des analyses en composantes principales ont été effectuées sur les données. Le logiciel Graph PAD prisme 8.1 a permis de réaliser des tableaux et des graphiques.

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### Chapitre 1 : Profil épidémiologique et clinique des patients

#### 1.1. Introduction

Le profil épidémiologique et clinique du diabète a été décrit à travers une enquête sur les patients en consultation au service de diabétologie du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Daloa. Cette enquête a permis d'obtenir la répartition des patients selon : le profil socio-démographique, la biochimie et l'hématologie de leur sang, leur antécédent familial, leur sédentarité, leur suivi diététique, les symptômes du diabète qu'il manifeste, l'ancienneté de leur diabète, leur mode de sortie de l'hôpital, leur consommation d'aliments sucrés et gras et la connaissance des vertus thérapeutiques du *Moringa* et de la patate douce de ces patients.

#### 1.2. Résultats

##### 1.2.1. Répartition des patients selon le sexe et les tranches d'âge

Le sexe masculin était le plus représenté avec 65,33 % contre 34,67 % pour le sexe féminin. Le sexe ratio (H/F) était de 1,88 (Figure 9).

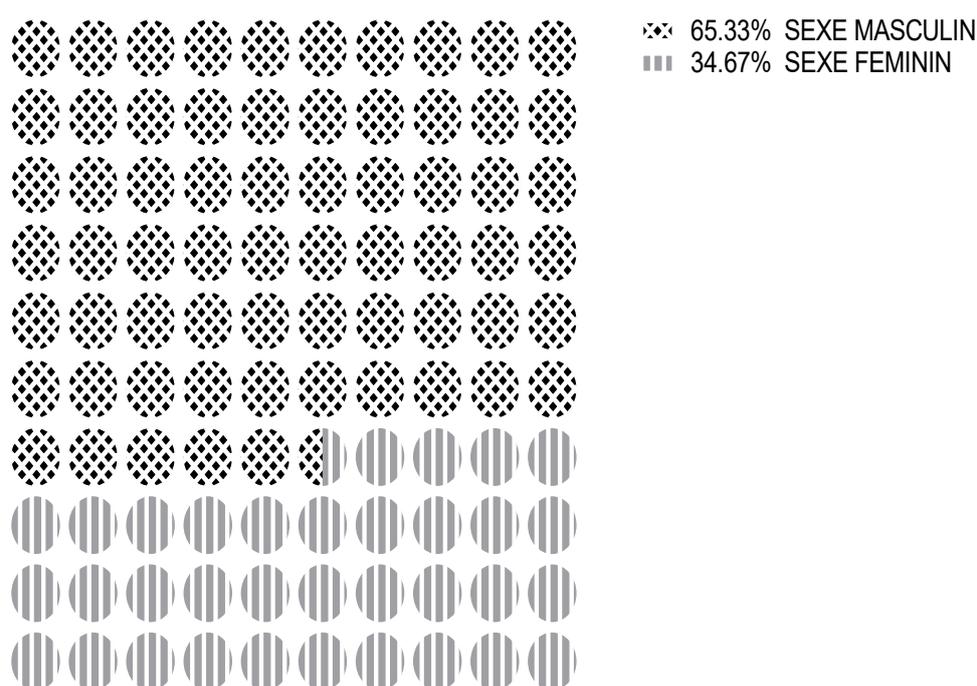


Figure 9: Répartition des patients selon le sexe

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

La tranches d'âge qui ont été observées sont de 0 à 14 ans (enfants), de 15 à 21 ans (adolescents), de 22 à 30 ans (jeunes), de 31 à 50 ans (adultes) et de plus de 50 ans (personnes âgées). Les enfants étaient les moins représentés (0,6 %). Les adolescents étaient de 7,3 %. Les jeunes étaient de 8,7 % tandis que les adultes représentaient 32,7 % des patients. Les personnes âgées étaient les plus représentées, soit 50,7 %. La fréquence d'observation du diabète dans cette population enquêtée augmente avec les tranches d'âges (Figure 10).

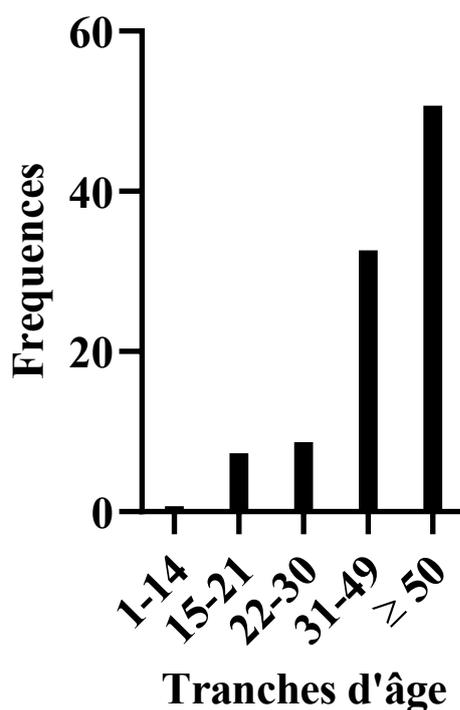


Figure 10: Répartition des patients selon les tranches d'âge

### 1.2.2. Répartition des patients selon la nationalité et la profession

Pour ce qui est de la nationalité, la frange importante des patients était des ivoiriens (88 %). Les autres parts étaient constituées de burkinabés (8,7 %), de maliens (2 %), d'égyptiens (0,7 %) et de guinéens (0,7 %) (Figure 11).

Les paysans étaient les plus nombreux parmi les patients (30 %). Ensuite venait les commerçants (23,3 %), les ménagères (13,3 %), les artisans (10,7 %), les apprenants (8 %), les ouvriers (7,3 %), les fonctionnaires (4 %), les sans-emplois (2 %) et enfin les retraités étaient les moins nombreux (1,3 %) (Figure 12).

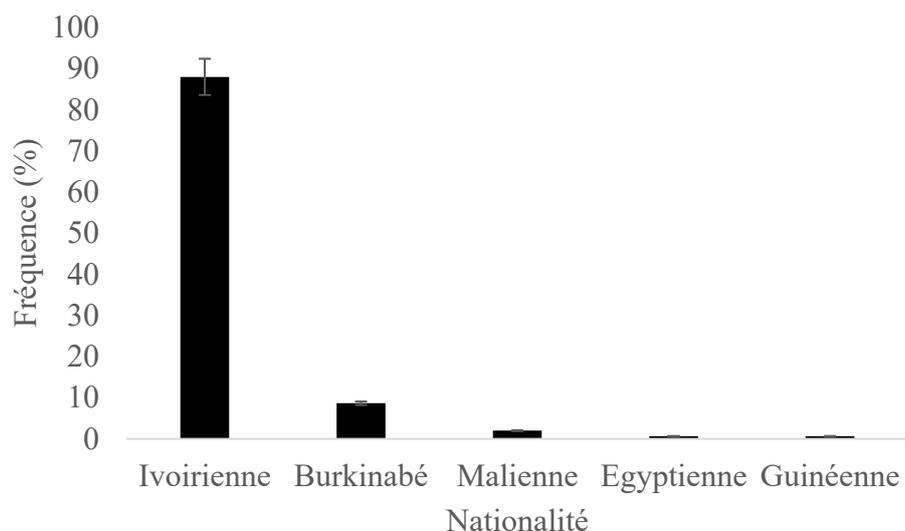


Figure 11: Répartition des patients selon la nationalité

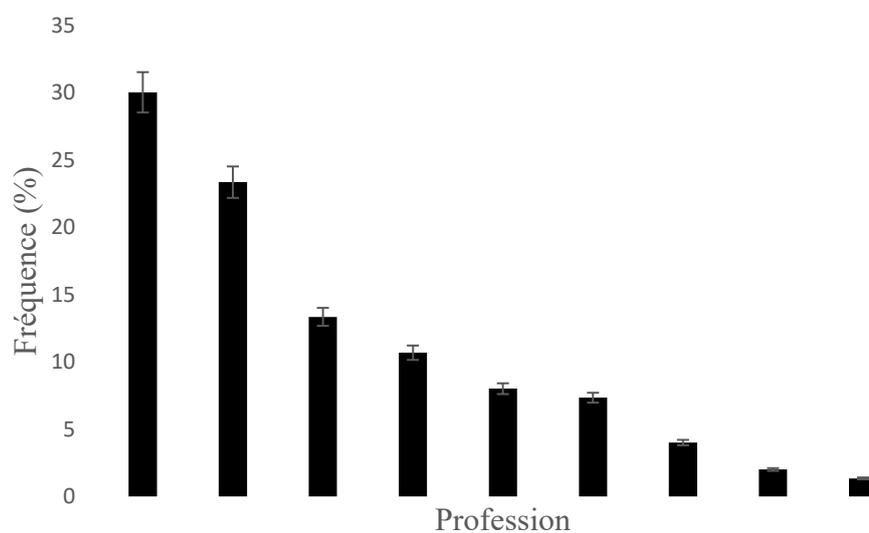


Figure 12: Répartition des patients selon la profession

### 1.2.3. Répartition selon les constantes, le type de diabète et des soins des malades

Les patients dont l'indice de masse corporelle était  $< 18 \text{ Kg/m}^2$  étaient représentés à 28 %. Les malades de poids normal ( $18$  et  $24,9 \text{ Kg/m}^2$ ) étaient de 36,7 %. Les patients en surpoids ( $24,9$  et  $30,9 \text{ Kg/m}^2$ ) étaient de 27,3 %. Les malades en situation d'obésité ( $31$  et  $35 \text{ kg/m}^2$ ) étaient de 5,3 %. Les patients obèses morbides ( $> 35 \text{ Kg/m}^2$ ) étaient les moins représentées, soit 2,7 %. La somme des deux groupes (maigres et surpoids) donne 55,3 %.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Selon la tension artérielle : Les patients hypotendus (< 11 cmHg) étaient de 20 %. Les malades de tension normale (11 et 14 cmHg) étaient les plus représentés, soit 68,7 %. Les patients hypertendus (> 14 cmHg) étaient les moins représentés, soit 11,3 %.

Le diabète de type 2 était évoqué à 86 % contre 13,3 % et 0,7 % respectivement pour les diabètes de type 1 et gestationnel.

Concernant les soins, un taux de 21,3 % des patients utilisaient seulement l'insuline, 44 % prenaient les antidiabétiques oraux (ADO) et 34,7 % utilisaient l'insuline associée à des antidiabétiques oraux (Tableau VII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau VII: Répartition selon les constantes, du type de diabète et des soins des malades

Paramètres		Effectifs	Fréquences (%)	Khi 2	ddl	1-p	Différence avec la répartition de référence
IMC	< 18	42	28,0	68,33	4	≥ 99,99 %	Très significative
	18 - 24,9	55	36,7				
	24,9-30,9	41	27,3				
	31-35	8	5,3				
	> 35	4	2,7				
Tension artérielle (cmHg)	< 11	30	20,0	85,96	2	≥ 99,99 %	Très significative
	11-14	103	68,7				
	> 14	17	11,3				
Type de diabète	Type 1	20	13,3	190,84	2	≥ 99,99 %	Très significative
	Type 2	129	86,0				
	Type gestationnel	1	0,7				
Soins	Insuline	32	21,3	11,68	2	= 99,71 %	Très significative
	ADO	66	44,0				
	Insuline-ADO	52	34,7				

*IMC : indice de masse corporelle ; ddl : degré de liberté ; ADO : anti diabétique oral.*

### 1.2.4. Répartition des patients selon les paramètres biochimiques sanguins

L'étude a montré que 94,7 % des patients avait une glycémie supérieure à 1,26 g/ L.

Les autres, avaient une glycémie inférieure à 1,26 g/ L et représentaient 5,3 % des patients (Tableau VIII).

Par ailleurs, les patients normo-hémoglobine glyquée étaient de 28,7 % alors que ceux qui avaient l'hémoglobine glyquée supérieure à la norme étaient de 68 %. Seulement 3,3 % des patients avaient des valeurs inférieures à la norme (Tableau VIII).

La teneur en sucre dans les urines variait généralement de 0 à 4 croix. Cependant, le taux des patients dont la glycosurie a été de 4 croix était de 42,7 % pendant que celle de 3 croix était de 26,0 %. Toutefois, les patients ayant une glycosurie de 2 croix étaient de 15,3 % contre 13,3% pour une croix et 2,7 % pour 0 croix. La proportion des patients souffrant de glycosurie était de 97,3 % (Tableau VIII). En outre, la teneur en acide dans les urines allait globalement de 0 croix à 4 croix. Néanmoins la frange des patients dont la cétonurie a été de 4 croix représentait 10,7 %, celle de 3 croix (6,7 %), de 2 croix (12,7 %) et d'une croix (7,3 %). La majorité de patients (62,6 %) était à 0 croix. La cétonurie a été détecté chez 37,4 % des patients (Tableau VIII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau VIII: Répartition des patients selon les paramètres biochimiques sanguins

Paramètres	Effectifs	Fréquences (%)	Khi 2	ddl	1-p	Différence avec la répartition de référence	
Glycémie (g/l)	< 0,7	3	2,0	388,4	3	≥ 99,99 %	Très significative
	0,7-1,1	4	2,7				
	1,11-1,26	1	0,7				
	> 1,26	142	94,7				
Hémoglobine glyquée (%)	< 4	5	3,3	95,56	2	≥ 99,99 %	Très significative
	4-6,5	43	28,7				
	> 6,5	102	68,0				
Glycosurie (croix de sucre)	0 (0 g/L)	4	2,7	68,73	4	≥ 99,99 %	Très significative
	1 (2,5 g/L)	20	13,3				
	2 (5 g/L)	23	15,3				
	3 (10 g/L)	39	26,0				
	4 (≥20 g/L)	64	42,7				
Cétonurie (croix d'acide)	0 (0 g/L)	94	62,6	169,36	4	≥ 99,99 %	Très significative
	1 (2,5 g/L)	11	7,3				
	2 (5 g/L)	19	12,7				
	3 (10 g/L)	10	6,7				
	4 (≥20 g/L)	16	10,7				

*ddl : degré de liberté*

### 1.2.5. Répartition des patients selon les paramètres hématologiques (érythrocytaires et leucocytaires)

Les malades qui avaient des globules rouges normaux représentaient 62,7 % tandis que 34 % et 3,3 % avaient des taux respectivement inférieurs et supérieurs à la norme.

Les patients qui avaient l'hémoglobine normale sont de 65,3 % tandis que 33,3 % et 1,3 % étaient respectivement anémié et de taux d'hémoglobine élevé.

Les malades qui avaient leur hématokrite normal ont été de 59,3 % alors que 38 % et 2,7 % avaient respectivement des taux inférieurs et supérieurs à la norme.

Les patients qui avaient leur VGM normocytaire représentaient 68 % pendant que 12,7 % et 19,3 % avaient respectivement un VGM microcytaire et un VGM macrocytaire.

Les malades qui avaient leur CCMH normal représentaient 73,3 %. Par contre un taux de 25,3 % et de 1,3 % de ceux-ci avaient des valeurs respectivement inférieur et supérieur à la norme.

Les patients qui avaient leur TCMH normochrome ont été de 72 % tandis que 16,7 % et 11,3 % des malades étaient respectivement hypochrome et hyperchrome (Tableau IX).

Les malades de globules blancs normaux étaient de 76,7 %. Par contre une proportion de 12 % et de 11,3 % avaient respectivement une leucopénie et une hyperleucocytose.

Les malades qui avaient des polynucléaires neutrophiles normaux étaient de 54 % tandis que 5,3 % et 40,7 % des malades avaient des valeurs respectivement inférieurs et supérieurs à la norme.

Les patients qui avaient des lymphocytes normaux étaient de 30 % alors que 8,7 % et 61,3 % des malades avaient des valeurs respectivement inférieures et supérieures à la norme.

Les malades qui avaient des monocytes normaux étaient de 86,7 %. Par contre un taux de 1,3 % et de 12 % des malades avaient des taux inférieurs et supérieurs à la norme (Tableau X). Le test de Khi2 a montré une différence très significative dans la répartition des données.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau IX: Répartition des malades selon les paramètres hématologiques érythrocytaires

Paramètres		Effectifs	Fréquences (%)	Khi 2	ddl	1-p	Différence avec la répartition de référence
Globules rouges (10 <sup>6</sup> /μL)	< 4,2	51	34,0	79,24	2	≥ 99,99 %	Très significative
	4,2 à 5,8	94	62,7				
	> 5,8	5	3,3				
Hémoglobine (g/dL)	< 12	50	33,3	92,16	2	≥ 99,99 %	Très significative
	12 à 18	98	65,3				
	> 18	2	1,3				
Hématocrites (%)	< 37	57	38,0	73,72	2	≥ 99,99 %	Très significative
	37 à 52	89	59,3				
	> 52	4	2,7				
VGM (10 <sup>3</sup> /μL)	< 80	19	12,7	82,12	2	≥ 99,99 %	Très significative
	80 à 95	102	68,0				
	> 95	29	19,3				
CCMH (%)	< 32	38	25,3	120,96	2	≥ 99,99 %	Très significative
	32 à 36	110	73,3				
	> 33	2	1,3				
TCMH (pg/L)	< 27	25	16,7	101,56	2	≥ 99,99 %	Très significative
	27 à 33	108	72,0				
	> 33	17	11,3				

*ddl degré de liberté*

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau X: Répartition des patients selon les paramètres hématologiques leucocytaires

Paramètres		Effectifs	Fréquences (%)	Khi 2	Ddl	1-p	Différence avec la répartition de référence
Globules blancs ( $10^3/\mu\text{L}$ )	< 4	18	12,0	126,76	2	$\geq 99,99\%$	Très significative
	4 à 10	115	76,7				
	> 10	17	11,3				
P Neutrophiles (%)	< 50	61	40,7	56,92	2	$\geq 99,99\%$	Très significative
	50 à 75	81	54,0				
	> 75	8	5,3				
Lymphocytes (%)	< 20	13	8,7	63,16	2	$\geq 99,99\%$	Très significative
	20 à 35	45	30,0				
	> 35	92	61,3				
Monocytes (%)	< 2	2	1,3	194,56	2	$\geq 99,99\%$	Très significative
	2 à 10	130	86,7				
	> 10	18	12,0				

*ddl : degré de liberté*

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1.2.6. Répartition des patients selon le taux des plaquettes sanguines

Les patients dont le taux de plaquettes sanguines était normal représentait 78,7 % tandis que 18 % avait une thrombopénie et seulement 3,3 % une thrombocytose ou hyperplaquettose (Figure 13). Le test de khi2 a montré une différence très significative avec la répartition de référence.

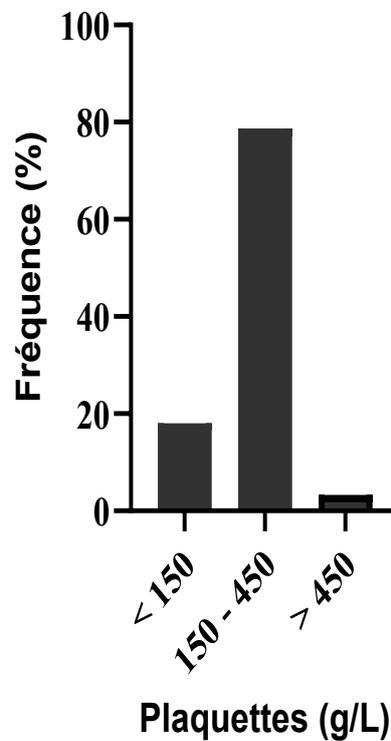


Figure 13: Répartition des patients selon le taux de plaquettes sanguines

*Khi2 = 143,6 ; ddp= 2 ; 1-P ≥ 99,99 % ; très significatif*

### **1.2.7. Répartition des patients selon l'antécédent familial, la sédentarité, le suivi diététique, les symptômes, d'ancienneté du diabète et le mode de sortie de l'hôpital**

La majorité des malades (52,7 %) avait déclaré avoir eu au moins un parent diabétique dans leur famille tandis que 47,3 % avaient affirmé le contraire. La plupart des malades (90 %) avait reconnu avoir une vie sédentaire contre 10 % qui étaient des sportifs. Seulement, une proportion de 46 % des patients était suivi au service de diététique alors que 54 % n'avait pas été suivie par la diététicienne. Quant aux signes cardinaux (polyurie, polydipsie, polyphagie et amaigrissement), ils ont été observés chez 93,3 % des patients. En plus, un taux de 20 % des patients avait des plaies diabétiques. Les patients qui ont déclaré avoir l'insomnie, ils représentaient 18,7 %. Alors que les malades venus en situation d'asthénie étaient de 14,7 %. Au niveau des hommes qui avaient une faiblesse sexuelle, ils étaient de 13,3 % pendant que les malades venus dans un coma diabétique représentaient 2 %. Une proportion de 79,4 % des patients avaient une ancienneté d'un à quatre ans. Seulement un taux de 13,3 % des patients avait une ancienneté de six à dix ans et 7,3 %, une ancienneté de plus de dix ans. Quant aux patients décédés au cours de leur séjour à l'hôpital, ils représentaient 6 % des malades. Environ, une proportion de 92 % des malades a rejoint leur domicile pendant que 2 % ont été référés à d'autres centres de santé. Le test de khi 2 a montré une différence très significative avec la répartition de référence (Tableau XI).

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XI: Répartition des patients selon l'antécédent familial, la sédentarité, le suivi diététique, les symptômes, l'ancienneté du diabète et le mode de sorti de l'hôpital

Paramètres		Effectifs	Fréquences (%)	Khi 2	ddl	1-p	Différence avec la répartition de référence																																																																				
Antécédent familial	Oui	79	52,7	0,47	1	0,4864	n'est pas significative																																																																				
	Non	71	47,3					Sédentarité	Oui	135	90,0	96	1	0,9999	Très significative	Non	15	10,0	Suivi diététique	Oui	69	46,0	0,96	1	0,6728	Très significative	Non	81	54,0	Symptômes du diabète	Signes cardinaux	140	93,30	304,58	6	≥ 99,99 %	Très significative	Asthénie	22	14,7	Plaie	30	20,0	Insomnie	28	18,7	Coma	3	2,0	Faiblesse sexuelle	20	13,3	Ancienneté du diabète	1-4	119	79,4	62,43	3	≥ 99,99 %	Très significative	5-10	20	13,3	> 10	11	7,3	Mode de sorti du CHR	Décédé	9	6,0	238,12	2	≥ 99,99 %	Très significative	Libéré
Sédentarité	Oui	135	90,0	96	1	0,9999	Très significative																																																																				
	Non	15	10,0					Suivi diététique	Oui	69	46,0	0,96	1	0,6728	Très significative	Non	81	54,0	Symptômes du diabète	Signes cardinaux	140	93,30	304,58	6	≥ 99,99 %	Très significative	Asthénie	22	14,7		Plaie	30	20,0					Insomnie	28	18,7	Coma	3	2,0	Faiblesse sexuelle	20	13,3	Ancienneté du diabète	1-4	119	79,4	62,43	3		≥ 99,99 %	Très significative	5-10					20	13,3	> 10	11	7,3	Mode de sorti du CHR		Décédé	9	6,0					238,12
Suivi diététique	Oui	69	46,0	0,96	1	0,6728	Très significative																																																																				
	Non	81	54,0					Symptômes du diabète	Signes cardinaux	140	93,30	304,58	6	≥ 99,99 %	Très significative	Asthénie	22	14,7		Plaie	30	20,0					Insomnie	28	18,7		Coma	3	2,0					Faiblesse sexuelle	20	13,3	Ancienneté du diabète	1-4	119	79,4	62,43	3		≥ 99,99 %	Très significative	5-10			20			13,3	> 10	11	7,3	Mode de sorti du CHR	Décédé	9	6,0	238,12	2		≥ 99,99 %	Très significative	Libéré	139	92,7	Référé	2	1,3	
Symptômes du diabète	Signes cardinaux	140	93,30	304,58	6	≥ 99,99 %	Très significative																																																																				
	Asthénie	22	14,7																																																																								
	Plaie	30	20,0																																																																								
	Insomnie	28	18,7																																																																								
	Coma	3	2,0																																																																								
	Faiblesse sexuelle	20	13,3																																																																								
Ancienneté du diabète	1-4	119	79,4	62,43	3	≥ 99,99 %	Très significative																																																																				
	5-10	20	13,3																																																																								
	> 10	11	7,3																																																																								
Mode de sorti du CHR	Décédé	9	6,0	238,12	2	≥ 99,99 %	Très significative																																																																				
	Libéré	139	92,7																																																																								
	Référé	2	1,3																																																																								

*ddl : degré de liberté ; CHR : Centre Hospitalier Régional*

### **1.2.8. Répartition des patients selon la consommation d'aliments sucrés et gras et la connaissance des vertus thérapeutiques du *Moringa* et de la patate douce**

A propos de la consommation régulière des aliments sucrés et gras, seulement, un taux de 2 % des patients avait reconnu ne pas en consommer avant leur diabète tandis qu'une proportion de 98 % en consommait. La majorité des malades (75,3 %) avait avoué méconnaître le *Moringa* comme aliment antidiabétique tandis qu'une minorité (24,7 %) a affirmé avoir au moins une fois utilisé le *Moringa* comme médicament dans leur traitement de diabète. La majorité des malades (98,7 %) avait notifié ne pas avoir de connaissance sur l'utilisation de la patate douce comme aliment antidiabétique. Seulement une proportion de 1,3 % des patients avait attesté avoir consommé la patate douce comme aliment pouvant les aider à stabiliser leur diabète (Tableau XII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XII : Répartition des patients selon la consommation d'aliments sucrés et gras et la connaissance des vertus thérapeutiques du *Moringa* et de la patate douce

Paramètres		Effectifs	Fréquences (%)	Khi 2	ddl	1-p	Différence avec la répartition de référence																	
Consommation d'aliments sucrés et gras	Oui	147	98,0	138,24	1	≥ 99,99 %	Très significative																	
	Non	3	2,0					Connaissance des vertus thérapeutiques du <i>Moringa</i>	Oui	37	24,7	38,51	1	≥ 99,99 %	Très significative	Non	113	75,3	Connaissance des vertus thérapeutiques de la patate douce	Oui	2	1,3	142,11	1
Connaissance des vertus thérapeutiques du <i>Moringa</i>	Oui	37	24,7	38,51	1	≥ 99,99 %	Très significative																	
	Non	113	75,3					Connaissance des vertus thérapeutiques de la patate douce	Oui	2	1,3	142,11	1	≥ 99,99 %	Très significative	Non	148	98,7						
Connaissance des vertus thérapeutiques de la patate douce	Oui	2	1,3	142,11	1	≥ 99,99 %	Très significative																	
	Non	148	98,7																					

*ddl : degré de liberté*

### 1.3. Discussion

La répartition des patients suivant le sexe a présenté globalement une prédominance masculine. Le fait que la prévalence du diabète soit plus élevée chez les hommes que chez les femmes (comme indiqué par le sexe-ratio) pourrait avoir des implications pour la santé publique. Les programmes de prévention et de sensibilisation devraient tenir compte de cette différence pour cibler efficacement les populations à risque. Il est important d'examiner les facteurs de risque spécifiques au sexe. Par exemple, les hommes pourraient être plus exposés à certains facteurs de risque liés au mode de vie, tels que la sédentarité, l'alimentation et le tabagisme. Comprendre ces différences pourrait aider à adapter les stratégies de prévention. Les hommes et les femmes pourraient réagir différemment aux traitements du diabète. Le sexe-ratio pourrait influencer sur la manière dont les patients répondent aux médicaments, à l'insuline. Ces résultats concordent avec ceux de Mwepu (2019) qui a trouvé une prédominance masculine (soit un sexe-ratio de 2), mais différent de ceux de Demba (2019) qui a obtenu un sexe-ratio de 1,27 en faveur des femmes.

Le risque de développer le diabète augmente avec l'âge. La gestion du diabète doit donc tenir compte de ces comorbidités. Les travaux réalisés par Djellali *et al.* (2019) ont montré que la majorité des patients diabétiques est située dans la tranche d'âge de 41 à 60 ans. Ces mêmes auteurs ont aussi révélé que le risque d'être diabétique s'accroît lorsque l'âge est associé à l'obésité du fait à la fois d'une augmentation de la résistance à l'insuline et d'une réduction de sa sécrétion. Ainsi, les patients plus âgés pourraient avoir des besoins de soins plus complexes en raison de facteurs tels que la polypharmacie (prise de plusieurs médicaments), la fragilité et les limitations fonctionnelles. Par conséquent, La prise en charge du diabète doit être adaptée à ces spécificités. Toutefois, les complications du diabète, telles que les problèmes de pieds, la rétinopathie et les maladies cardiovasculaires pourraient être plus fréquentes chez les personnes âgées. En somme le diabète pourrait affecter la qualité de vie des personnes âgées en raison des contraintes liées au régime alimentaire, à la surveillance glycémique et aux visites médicales fréquentes. Donc, l'équilibre entre le contrôle du diabète et la qualité de vie doit être pris en compte. En clair, il est crucial d'adapter la prise en charge du diabète en fonction de l'âge et des spécificités de chaque patient. En fait une approche personnalisée, une éducation continue et une collaboration étroite avec les professionnels de santé sont essentielles pour améliorer les résultats chez les personnes âgées atteintes de diabète. Les travaux de Akre *et al.* (2021) ont été similaires à ceux de cette étude en indiquant que la tranche d'âge la plus touchée était celle de 40-86 ans avec environ 83 % des cas.

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Pour ce qui est de la nationalité, une frange importante des patients était des ivoiriens car l'enquête s'est déroulée dans une ville de la Côte d'Ivoire (Daloa).

Un bon indicateur de la corpulence globale d'un individu et des risques associés aux problèmes de poids, comme le développement d'une obésité, d'un diabète ou de maladies cardiovasculaires est l'indice de masse corporelle (IMC). Ce paramètre anthropométrique a permis de regrouper les patients en cinq classes qui sont les maigres, les normaux, ceux en surpoids et les obèses sévères et morbides (OMS, 2021). Néanmoins dans cette étude, il est à remarquer les personnes maigres et celles en surpoids ont constitué 55,3 % des patients. De nombreux travaux ont révélé la forte proportion (> à 50 %) de personnes maigres et d'autres en surpoids parmi les patients diabétiques (Akré *et al.*, 2021 ; Lamdjadani et Bouazza, 2017 ; Demba, 2019). Ces résultats confirment bien le fait que la majorité des patients diabétiques ont un problème de surpoids ou d'amaigrissement. Cependant pour diagnostiquer le diabète, les médecins mesurent généralement la glycémie à jeun. Le seuil qui indique un diabète est un taux de glycémie à jeun supérieure ou égal à 1,26 gramme par litre (g/L) après une période de jeûne d'au moins huit heures. Toutefois, il est important de noter que des valeurs de référence pour une glycémie à jeun considérée comme normale se situent généralement entre 0,70 g/L et 1,10 g/L. Si ce taux de glycémie à jeun chez une personne quelconque se situe dans cette plage, elle est probablement en bonne santé sur le plan glycémique. Néanmoins, il est essentiel de maintenir un suivi médical régulier, même après une perte de poids, pour surveiller la glycémie et ajuster le traitement si nécessaire. La perte de poids pourrait aider, mais elle ne semble pas guérir automatiquement le diabète.

L'une des complications liées au diabète est l'hypertension artérielle. Cette complication a été beaucoup enregistrée chez les patients enquêtés dans la présente étude. En effet, il existe une corrélation entre le diabète et l'hypertension artérielle. Les personnes atteintes de diabète auraient un risque accru de développer des complications cardiovasculaires, notamment des problèmes cardiaques et vasculaires. En fait le diabète altère les gros vaisseaux sanguins (artères du cou, des jambes, du cœur, etc.), ce qui pourrait entraîner des complications cardiovasculaires. Les personnes diabétiques auraient 2 à 4 fois plus de risques de développer ces complications par rapport à la population générale. À côté de l'hypertension artérielle (HTA), le tabagisme et l'excès de cholestérol sont aussi des facteurs qui augmenteraient ce risque. En effet chez les patients diabétiques, des plaques d'athérome (dépôts de graisse) se formerait à l'intérieur des vaisseaux sanguins. Ces plaques pourraient rétrécir le calibre des artères, perturber la circulation sanguine et priver les organes d'oxygène. À terme, elles pourraient même obstruer complètement l'artère. L'excès de sucre dans le sang favoriserait la

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

formation de ces plaques. Mwepu (2019) a confirmé dans ses travaux que l'hypertension artérielle était la maladie la plus associée au diabète avec une fréquence de 33,3 %.

Au niveau des symptômes de la maladie, l'étude a montré que les signes cardinaux (polyurie, polydipsie, polyphagie et amaigrissement) étaient constatés chez la majorité des patients. Ces résultats s'expliqueraient par le fait que les malades ne fréquentent le centre de santé que lorsqu'ils commencent à observer des signes cliniques du diabète. Or ces symptômes se manifestent au moment de glycémie supérieure à la normale, associée à une absence de complications. En outre de nombreuses personnes atteintes de diabète de type 2 en sont longtemps inconscientes car plusieurs années peuvent s'écouler avant que les symptômes apparaissent ou soient reconnus. Pendant ce temps, l'excès de glucose dans le sang provoque des dommages à l'organisme. La maladie évolue sur une période relativement longue (une dizaine d'années) au cours de laquelle le diagnostic ne peut être réalisé que par le dépistage.

Plusieurs autres complications comprenant les artériopathies, les amputations, les pieds diabétiques ont été rapportées (Traoré *et al.*, 2019 ; Akaré *et al.*, 2021).

Dans la présente étude, les patients ayant une ancienneté comprise entre 1 et 5 ans dépassent 50 %. Ce résultat se justifierait par le fait que les malades ne fréquentent les centres de santé qu'en début de la maladie. Le diabète étant une maladie métabolique, ils ont tendance à se décourager de l'hôpital lorsqu'ils rechutent plusieurs fois après une inobservance du régime alimentaire. Ils font recours aux thérapeutes parfois non qualifiés. Cependant, les travaux de Kouassi *et al.* (2018) ont révélé que 65 % des cas de diabète étaient plus anciens (entre 5 ans et 10 ans).

Au niveau du nombre élevé de malades rejoignant leur domicile, cela pourrait s'expliquer par le coût élevé des soins à l'hôpital et aussi à l'épuisement financier des patients qui n'ont pas de prises en charges. Ainsi, ces patients souhaiteraient continuer leur traitement à domicile ou envisageraient faire recourir à la médecine traditionnelle.

Concernant la glycémie, l'étude a montré que la majorité des patients avait une glycémie supérieure à 1,26. En fait, l'hyperglycémie correspond à une élévation anormale du taux de sucre dans le sang. Elle se situe entre 1,26 g/L et 2 g/L à jeun, contre la normale de 0,70 à 1,10 g/L. L'hyperglycémie ponctuelle, elle n'a pas de conséquences graves à court terme, sauf si elle est très élevée (supérieure à 5 ou 6 g/L) ou fréquente. Par contre, l'hyperglycémie chronique traduit un dysfonctionnement de l'insuline et pourrait entraîner des complications du diabète à long terme, telles que des accidents vasculaires cérébraux (AVC), la cécité, l'insuffisance rénale et même l'amputation. Il serait donc essentiel de surveiller régulièrement la glycémie et de suivre les conseils du professionnel de santé pour prévenir les complications. Il serait aussi

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

important de contrôler l'hyperglycémie car elle pourrait s'avérer dangereuse notamment si elle persiste longtemps en adaptant le traitement. Les résultats sont conformes à ceux de Akre *et al.* (2021) qui ont rapporté que 89 % des patients présentaient des valeurs glycémiques élevés pouvant atteindre 5 g/L.

Dans la présente étude, les patients ayant l'hémoglobine glyquée déséquilibrée ont constitué 71,3 % des enquêtés. Cette proportion élevée de patients ayant un mauvais équilibre glycémique indiquerait par la difficulté de la prise en charge et le manque d'autosurveillance du diabète. Un taux d'HbA1c supérieur à 6,5 % est généralement utilisé comme seuil pour diagnostiquer le diabète. L'HbA1c est un indicateur de la glycémie moyenne sur une période de 2 à 3 mois. Plus le taux d'HbA1c est élevé, plus le contrôle de la glycémie est insuffisant, ce qui pourrait augmenter le risque de complications liées au diabète, telles que les maladies cardiovasculaires, les lésions rénales et les problèmes oculaires. Cependant, il est important de noter que le diagnostic du diabète ne reposerait pas uniquement sur l'HbA1c (FID, 2019). Il est recommandé de consulter un professionnel de la santé pour un suivi approprié (FID, 2019). L'inclusion de l'HbA1c est mentionnée par l'American Diabetes Association (ADA) parmi les critères de diagnostic du diabète et du prédiabète. Ce résultat se rapproche de celui de Diaga (2020) qui a obtenu une proportion de 84 % de patients avec un mauvais équilibre glycémique.

Des teneurs élevés en sucres dans les urines ont été enregistrées chez pratiquement tous les patients. Ces teneurs élevées de sucres dans les urines sont la conséquence de la présence dans le sang de fortes teneurs en sucres dont le glucose, le mannose et le fructose. Cependant elle est souvent plus associée à la présence au glucose dans l'urine. En fait, lorsque le taux de sucre dans le sang est élevé (par manque d'insuline ou résistance à l'insuline), les reins ne peuvent pas filtrer et réabsorber correctement le glucose. Ainsi, Le corps élimine alors l'excès de glucose dans l'urine. En effet, le seuil de réabsorption rénal du glucose au niveau tubulaire est dépassé pour des taux de glycémie supérieurs à 1,8 g/L et il y a donc une perte de sucre dans les urines. Cette fuite de glucose entraîne une augmentation de la pression osmotique au niveau rénal et donc une fuite d'eau s'y associe et est responsable d'une polyurie (envie d'uriner plus fréquentes). La fuite d'eau entraîne une déshydratation responsable d'une polydipsie (envie de boire plus importante). En outre, le test de glucose dans les urines doit être négatif pour être considéré dans la norme, c'est-à-dire que la concentration de glucose dans l'urine doit être inférieure à 15 mg/dL. Elle pourrait également se manifester dans d'autres circonstances temporaires, telles que le stress physique ou émotionnel, les infections ou en réponse à certains médicaments (Varroud *et al.*, 2004).

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Contrairement à la présence de sucres dans les urines de presque tous les patients, l'existence de corps cétoniques a été enregistrée chez plus de 30 % des patients. En réalité la teneur élevée d'acide dans les urines se justifierait par la présence de corps cétonique dans le sang des malades. Toutefois La complication aiguë du diabète, appelée acidocétose diabétique, est causée par l'accumulation de corps cétoniques dans le sang. Ils sont générés lorsque le corps utilise ses réserves de graisses comme source d'énergie en l'absence d'insuline adéquate. Par ailleurs, elle survient lorsqu'il y a un manque d'insuline, en particulier avant le diagnostic de la maladie. Le diabète non diagnostiqué ou mal compensé par le traitement peut entraîner l'acidocétose diabétique. Il est possible qu'il soit également provoqué par des infections, une déshydratation grave, un traumatisme physique ou émotionnel, voire une crise cardiaque. La présence d'acidocétose diabétique requiert un séjour à l'hôpital. Il est traité par la réhydratation, l'insuline et la prévention de l'hypokaliémie. En plus, les corps cétoniques apparaissent dans les urines lorsque l'organisme ne peut plus utiliser du glucose. Cela s'observe dans le coma acidocétosique diabétique. En effet, au cours de l'acidocétose, la glycosurie est massive et la glycémie élevée (Varroud *et al.*, 2004).

À propos des soins, une proportion de plus de 21,3 % des patients utilisait seulement l'insuline, tandis que 78,7 %, les antidiabétiques oraux (ADO) associée ou non à l'insuline. Ce résultat exprimerait le fait que l'insulinothérapie est le dernier recours lorsque la prescription aux antidiabétiques oraux n'arrive pas à induire la baisse des hyperglycémies chez les patients. Des résultats similaires ont été rapportés par Akre *et al.* (2021) qui ont mentionné que 60 % des patients avaient recours aux antidiabétiques oraux combiné ou non à l'insuline. Cependant, les résultats de cette étude sont différents de ceux de Lamdjadani & Bouazza (2017) qui ont montré que 50 % des patients étaient sous insuline contrairement à l'autre moitié qui utilisait les antidiabétiques oraux associés ou non à l'insuline.

Par ailleurs, les paysans et les commerçants ont été les plus nombreux parmi les patients enregistrés. Cela pourrait être dû au fait que Daloa est une région agricole où le commerce est bien développé. Aussi, ces populations ne feraient-elles pas généralement de bilan de santé pour un changement de comportement alimentaire. Ainsi, la découverte ou le dépistage de la maladie est parfois brusque. Maurier (2017) dans son étude sur la description de la population diabétique en France, a attribué la fréquence élevée (51 %) chez des populations en situation de précarité sociale.

Concernant le type de diabète, l'étude a révélé que le diabète de type 2 prédomine. Le risque de diabète augmenterait avec l'âge, surtout après 45 ans. Néanmoins avoir un parent proche (père, mère, frère ou sœur) atteint de diabète de type 2 pourrait accroître le risque. Tout comme

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

le manque d'activité physique serait un facteur de risque. En outre une alimentation riche en graisses et en sucres contribuerait au développement du diabète de type 2. En résumé, le diabète de type 2 serait étroitement lié au mode de vie, à l'obésité et à la prédisposition génétique. Ainsi, adopter des habitudes saines, maintenir un poids corporel adéquat et rester actif serait essentiels pour prévenir cette maladie. Les résultats de cette étude sont identiques à ceux de Akre *et al.* (2021) qui ont trouvé une forte prévalence du diabète de type 2 avec une fréquence de 93 % observée. Ces résultats sont également en accord avec ceux de Mwepu (2019) qui a montré une fréquence du diabète de type 2 de 85,2 %. Ces résultats corroborent ceux de la FID (2019) qui a montré que le diabète de type 2 est le type le plus courant et il représente environ 90 % de l'ensemble des cas de diabète dans le monde.

Concernant les antécédents familiaux diabétiques, la majorité des malades ont déclaré avoir eu au moins un parent diabétique dans leur famille. Ces résultats suggèrent que le facteur héréditaire est essentiel à la survenue du diabète dans ces populations. Dans la même veine, Lamdjadani & Bouazza (2017) ont montré que 63,33 % des diabétiques ont des antécédents familiaux diabétiques. Contrairement à ces auteurs Tuomi (2005), Akre *et al.*, (2021) ont montré que 30-33 % des diabétiques de type 2 ont eu au moins un parent diabétique dans leur famille.

À côté du facteur héréditaire, une vie sédentaire serait impliquée dans la survenue du diabète. En effet, la plupart des malades interrogés au cours de cette étude, ont déclaré avoir eu une vie sédentaire. Des données de la zone européenne de l'OMS montrent que l'inactivité physique est un facteur de risque de maladies telles que MCV, diabète, HTA (hypertension artérielle), cancers, TMS (troubles musculo-squelettiques) et maladies psychologiques et que ces maladies représenteraient près de 600 000 décès par an (Cavill *et al.*, 2007). Des proportions relativement élevées de diabétiques (56-58 %) qui ont affirmé ne pas pratiquer d'activité physique ont été rapportées (Sidibé *et al.*, 2020 ; Akre *et al.*, 2021).

Un autre facteur de risque important dans la survenue du diabète serait une mauvaise alimentation. En effet, globalement les patients enquêtés ont déclaré consommer régulièrement des aliments préoccupants avant le dépistage de leur diabète. Cette mauvaise alimentation inclut la consommation régulière d'aliments sucrés et gras. L'alimentation joue un rôle essentiel dans la gestion du diabète. Plutôt qu'un régime strict, il faut privilégier une alimentation variée et adaptée aux besoins. Cela inclut des fruits, des légumes, des féculents et des poissons. Les produits sucrés, salés et gras doivent être limités ainsi que diminuer leur portion pour éviter le surpoids. Néanmoins toutes les graisses ne sont pas égales. En effet les "bonnes graisses" doivent être privilégiées mais la quantité totale de graisse devrait être limitée. Cela pourrait

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

aider à prévenir les maladies cardiovasculaires et les complications liées au diabète. En plus, la consommation des aliments ultra-transformés devrait être évitée. Une étude récente suppose que la consommation d'aliments ultra-transformés est un facteur de risque important pour le diabète. En fait, des recherches scientifiques ont montré que la consommation d'aliments ultra-transformés est associée à un risque accru de diabète. Ces aliments sont souvent riches en sucres ajoutés, en gras saturés et en sel, ce qui peut perturber la régulation de la glycémie et augmenter le risque de développer un diabète de type 2. Il est donc recommandé de limiter leur consommation et de privilégier des aliments frais et non transformés (Jovovic, 2023). Connaître la composition des aliments : les nutriments (glucides, lipides, protéines) sont essentiels. En réalité une alimentation variée apporte également des vitamines, sels minéraux et oligo-éléments. Sidibé *et al.* (2020) ont aussi signalé un taux de 70 % de diabétiques consommant ces aliments préoccupants (riches en sucres et en gras) dans leurs travaux.

Dans la présente étude, plus de 56 % des patients n'ont pas été suivis par un diététicien. Ceci pourrait être dû au fait que la consultation serait relativement coûteuse pour des patients, déjà éprouvés financièrement par le coût élevé des soins. Cependant des conseils diététiques pourraient aider ces diabétiques à changer leurs habitudes alimentaires et pouvoir stabiliser leur glycémie.

Pour plus de la moitié des patients enquêtés (60-73,3 %), les valeurs des paramètres hématologiques (érythrocytaires) tels que la teneur en Hb, le taux de globules rouges, l'hématocrite, le VGM, la TCMH et la CCMH sont normales. En fait, le taux de globules rouges à travers l'hémoglobine joue un rôle important dans le ravitaillement en oxygène des cellules d'une part et d'autre part dans l'utilisation du CO<sub>2</sub> de celles-ci. De faibles teneurs en Hb agiraient donc sur l'organisme tout entier. Ainsi, les taux de Hb inférieurs à la norme (12 g/L pour la femme et 13 g/L pour l'homme) enregistrés chez 33,3 % des patients diabétiques expliqueraient les symptômes d'asthénie signalés à la fréquence de 14,7 % des cas. Kabamba *et al.* (2015) ont révélé dans leur travail, une hypohémoglobinémie dans 53 % et 60 % des cas chez les diabétiques respectivement de sexe masculin et de sexe féminin. Tout comme les paramètres érythrocytaires, les valeurs des plaquettes sanguines ont été normales chez la majorité des patients enquêtés. Ces plaquettes sont utiles à l'hémostase primaire (clou plaquettaire). Par ailleurs, il est ressorti de l'évaluation de l'immunité due à l'action des leucocytes que les taux de globules blancs sont normaux chez 76,7 % des cas. La baisse du taux de leucocytes en dessous des normes enregistrées entraîne un risque accru d'infection puisque les moyens de défense de l'organisme sont réduits. Une diminution de globules blancs pourrait

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

résulter entre autres de la prise de médicaments ou d'une déficience en nutriments (vitamine B<sub>12</sub>, acide folique).

Pour de multiples raisons dont le coût élevé des traitements et l'inobservance d'évolution notable, les patients diabétiques s'orientent vers la médecine traditionnelle. À ce propos, des décoctions, des infusions de thé, des tisanes et des aliments formulés leur sont proposés. C'est donc à juste titre que des patients ont affirmé avoir utilisé au moins une fois le *Moringa* (*Moringa oleifera Lam*) dans leur traitement. De plus, pour les aider à stabiliser la glycémie, certains patients ont eu recours à la consommation de patate douce comme révélé dans la présente étude. La faible proportion de patients utilisant la patate douce et le *Moringa* dans le traitement diabétique pourraient s'expliquer par la méconnaissance de leurs vertus thérapeutiques. Les résultats sont semblables à ceux de Kouakou *et al.*, (2020) lors d'une évaluation des connaissances des populations de la région du N'zi sur l'utilisation des plantes alimentaires (1,19 % pour la patate douce et 36,90 % pour le *Moringa*) dans le traitement du diabète de type 2, de l'hypertension artérielle et de l'obésité (Centre-Est de la Côte d'Ivoire).

### 1.4. Conclusion partielle

L'enquête a montré que les hommes étaient plus nombreux que les femmes avec un sexe ratio H/F=1,88. Elle a également révélé la prédominance du diabète de type 2. La plupart des malades était des personnes âgées de plus de 50 ans. Les principaux symptômes constatés sont entre autres l'hyperglycémie, l'hémoglobine glyquée déséquilibrée, la glycosurie et l'observation de signes cardinaux. Cette étude fait également ressortir la nécessité de mettre en place un programme de lutte contre le diabète et de ses symptômes par l'intégration de nouveaux remèdes à base de patate douce et de *Moringa*.

### Chapitre 2 : Caractéristiques de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C

#### 2.1. Introduction

Les échantillons de variétés de patate douce enregistrés sur les marchés de la ville de Daloa ont été séchés au soleil et à l'étuve à 45 °C. La farine de ces différentes patates douces séchées ont été caractérisées pour connaître la composition physicochimique et phytochimique, la composition minérale et vitaminique, et le profil des acides aminés.

#### 2.2. Résultats

##### 2.2.1. Teneur en macronutriments et valeurs énergétiques des farines de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C

Cette étude a révélé que la teneur en protéine varie de  $3074,50 \pm 0,09$  mg/100 g à  $6120,30 \pm 0,12$  mg/100 g après le séchage au soleil (Tableau XIII). Cependant, cette teneur en protéines est plus importante au niveau de la variété VB que les autres. En effet, elle est de  $6120,30 \pm 0,12$  mg/100 g pour VB, de  $5620,00 \pm 0,01$  mg/100 g pour BB et  $3074,50 \pm 0,09$  mg/100 g pour JO. Toutefois avec le séchage à l'étuve, il est remarqué que cette teneur en protéines est de façon générale entre  $5972,30 \pm 0,03$  mg/100 g et  $7080,30 \pm 0,01$  mg/100 g avec une valeur élevée chez VB ( $7080,30 \pm 0,01$  mg/100 g). Après cette variété, suit celle de JO ( $6174,00 \pm 0,04$  mg/100 g) et enfin BB ( $5972,30 \pm 0,03$  mg/100 g). Ainsi, le séchage à l'étuve a permis d'obtenir des valeurs importantes en protéines chez ces différentes variétés que celui du soleil. Cette étude a montré que la teneur en lipide a oscillé de  $404,00 \pm 0,01$  mg/100 g à  $1080,10 \pm 0,7$  mg/100 g après le séchage solaire (Tableau XIII). Cependant, elle est plus importante chez la variété VB que les autres. En effet elle est de  $1080,10 \pm 0,04$  mg/100 g pour VB, de  $460,4 \pm 0,07$  mg/100 g pour JO et  $404,00 \pm 0,01$  mg/100 g pour BB. Toutefois avec le séchage à l'étuve, il est remarqué que cette teneur est de manière générale entre  $562,1 \pm 0,02$  mg/100 g et  $1721,1 \pm 0,07$  mg/100 g avec une valeur élevée chez VB ( $1721,1 \pm 0,07$  mg/100). Après cette variété, suit celle de JO ( $1212,3 \pm 0,03$  mg/100 g) et enfin BB ( $562,1 \pm 0,02$  mg/100 g). Ainsi, le séchage à l'étuve a permis d'enregistrer des valeurs importantes en lipides au niveau de ces différentes variétés que celui du séchage solaire.

La farine issue du séchage au soleil des tubercules a enregistré pour la variété VB, les plus petites valeurs en sucres réducteurs, sucres totaux et fibres. Ces valeurs sont de  $670,21 \pm 0,03$  mg/100 g (pour les sucres réducteurs),  $1430,32 \pm 0,03$  mg/100 (pour les sucres totaux) et  $1002,00 \pm 0,01$  mg/100 g (pour les fibres). Pour ce même mode de séchage la variété JO a enregistré les plus grandes valeurs. Ces valeurs sont respectivement pour les sucres réducteurs,

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

les sucres totaux et fibres sont de  $1190,30 \pm 0,11$  mg/100 g, de  $3580,40 \pm 0,06$  mg/100 g et de  $6904,00 \pm 0,01$  mg /100 g. Par contre la farine issue du séchage à l'étuve des tubercules a enregistré pour la variété VB, les plus petites valeurs en sucres réducteurs, sucres totaux et fibres. Ces valeurs sont de  $860,43 \pm 0,03$  mg/100 g (pour les sucres réducteurs),  $1930,03 \pm 0,03$  mg/100 (pour les sucres totaux) et  $1201,20 \pm 0,01$  mg/100 g (pour les fibres). Pour ce même mode de séchage la variété JO a enregistré les plus grandes valeurs. Ces valeurs sont de  $2080,56 \pm 0,05$  mg/100 g (pour les sucres réducteurs), de  $4330,64 \pm 0,55$  mg/100 (pour les sucres totaux) et de  $7802,30 \pm 0,02$  mg/100 g (pour les fibres). Cependant le séchage à l'étuve donne des valeurs plus grandes que le séchage au soleil.

Pour les deux modes de séchage, la farine de patate douce de la variété BB a obtenu la valeur la plus élevée en glucides. Pour les farines de tubercules séchés au soleil, les teneurs ont varié de  $88390,00 \pm 0,15$  mg /100 g à  $92220,00 \pm 0,1$  mg/100 g, alors que les teneurs allaient de  $83610,00 \pm 0,05$  mg/100 g à  $91360,00 \pm 0,03$  mg/100 g pour le séchage à l'étuve à 45 °C. Cependant, le séchage des tubercules au soleil a enregistré les meilleurs teneurs en glucides contrairement au séchage à l'étuve à 45 °C. Par ailleurs, la variété jaune orangé (JO) est la plus riche en sucres réducteurs, sucres totaux et en fibres et cela quel que soit le mode de séchage. Quant à la variété BB, elle est riche en glucides alors que VB est caractérisée par une abondance en protéines, en lipides et énergie et cela quel que soit le mode de séchage. Ainsi, le séchage à l'étuve à 45 °C conserve mieux les macromolécules que celui du soleil (Tableau XIII).

La valeur énergétique des farines de patate douce varie entre  $323,67 \pm 0,33$  Kcal /100 g et  $351,50 \pm 0,33$  Kcal /100 g. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues avec les variétés VB quel que soit le mode de séchage. Ces valeurs sont de  $351,50 \pm 0,33$  kcal pour le séchage à l'étuve à 45 °C et de  $350,30 \pm 0,14$  Kcal pour le séchage au soleil. Au contraire des variétés VB, les variétés JO ont enregistré les valeurs énergétiques les plus faibles avec  $326,89 \pm 0,31$  Kcal pour les tubercules séchés au soleil et  $323,67 \pm 0,33$  Kcal /100 g pour les tubercules séchés à l'étuve à 45 °C (figure 14).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XIII : Teneur en macronutriments des farines de trois variétés de patate douce séchées au soleil et à l'étuve

Mode de séchage	Farine de patate douce	Protéines (mg/100 g MS)	Lipides (mg/100 g MS)	Sucres réducteurs (mg/100 gMS)	Sucres totaux (mg/100 g MS)	Fibres (mg/100 g MS)	Glucides (mg/100 g MS)
Soleil	BB	5620,00 ± 0,01	404,0 <sup>f</sup> ± 0,01	830,11 <sup>d</sup> e ± 0,03	2080,00 <sup>d</sup> ± 0,02	1200,00 <sup>cd</sup> ± 0,01	92220,00 <sup>a</sup> ± 0,1
	VB	6120,30 <sup>b</sup> ± 0,12	1080,1 <sup>c</sup> ± 0,04	670,21 <sup>f</sup> ± 0,03	1430,32 <sup>c</sup> ± 0,03	1002,00 <sup>e</sup> ± 0,01	91410,00 <sup>a</sup> ± 0,17
	JO	3074,50 <sup>e</sup> ± 0,09	460,4 <sup>ef</sup> ± 0,07	1190,30 <sup>b</sup> ± 0,11	3580,40 <sup>b</sup> ± 0,06	6904,00 <sup>b</sup> ± 0,01	88390,00 <sup>b</sup> ± 0,15
Étuve à 45°C	BB	5972,30 <sup>c</sup> ± 0,03	562,10 <sup>d</sup> ± 0,02	1060,23 <sup>c</sup> ± 0,05	2990,12 <sup>c</sup> ± 0,10	1300,00 <sup>cd</sup> ± 0,01	91360,00 <sup>a</sup> ± 0,03
	VB	7080,30 <sup>a</sup> ± 0,01	1721,1 <sup>a</sup> ± 0,07	860,43 <sup>d</sup> ± 0,03	1930,03 <sup>d</sup> ± 0,03	1201,20 <sup>cde</sup> ± 0,01	89590,00 <sup>b</sup> ± 0,09
	JO	6174,00 <sup>b</sup> ± 0,04	1212,3 <sup>b</sup> ± 0,03	2080,56 <sup>a</sup> ± 0,05	4330,64 <sup>a</sup> ± 0,55	7802,30 <sup>a</sup> ± 0,02	83610,00 <sup>e</sup> ± 0,05

a, b, c, d, e et f : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p < 0.05)

BB<sub>soleil</sub> : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil

VB<sub>soleil</sub> : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil

JO<sub>soleil</sub> : patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil

BB<sub>45°C</sub> : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

VB<sub>45°C</sub> : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

JO<sub>45°C</sub> : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C

MS : Matière sèche

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

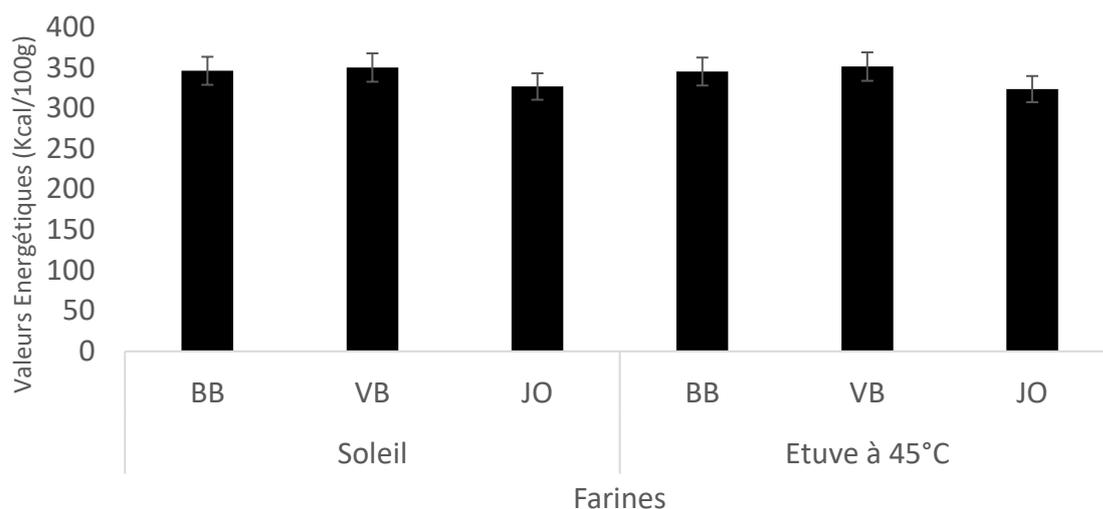


Figure 14: Valeurs énergétiques des variétés de patate séchées au soleil et à l'étuve

Les teneurs avec les lettres différentes sont statistiquement différentes ( $P < 0,05$ ).

*BB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil

*VB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil

*JO<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil

*BB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*VB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*JO<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C.

### 2.2.2. Composition phytochimique des farines des différentes variétés de patates douces

Les teneurs en tanins des farines obtenues par séchage au soleil des tubercules varie de  $0,11 \pm 0,02$  mgEAT/100 g à  $0,18 \pm 0,01$  mgEAT/100 g (tableau XIV). La valeur élevée en tanins est obtenue pour la variété BB séchée au soleil. Par contre pour les farines obtenues par séchage à l'étuve, la plus grande valeur en tanins est obtenue par la variété JO. Au niveau de cette variété, Les teneurs ont oscillé de  $0,21 \pm 0,03$  EATmg/100 g à  $0,28 \pm 0,01$  EATmg/100 g. Ainsi le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a présenté les teneurs les plus élevés en tanins contrairement au séchage solaire.

Le taux élevé en acide gallique est obtenu pour la variété BB séché à l'etuve. Ses teneurs évoluent de  $1,00 \pm 0,00$  mg/100 g à  $1,05 \pm 0,02$  mg/100 g avec le meilleur taux obtenu au séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ses teneurs ont varié de  $1,02 \pm 0,02$  mg/100 g à  $2,94 \pm 0,01$  mg/100 g. Le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a donné les meilleurs teneurs en acide gallique contrairement au séchage au soleil.

La teneur en polyphénols totaux des farines obtenues par séchage au soleil des tubercules de patate douce est compris entre  $40,88 \pm 0,12$  mgEAG/100 g et  $67,91 \pm 0,09$  mgEAG/100 g. La valeur la plus élevée ( $67,91 \pm 0,09$  mgEAG/100 g) a été enregistrée avec la variété BB. Cette variété a fourni également la teneur en polyphénols la plus élevée au niveau des farines obtenues par séchage à l'étuve des tubercules. Ainsi, le séchage à l'étuve a donné les farines aux teneurs les plus élevées en polyphénols. Dans ces farines, la teneur a varié de  $60,01 \pm 0,01$  mgEAG/100 g à  $79,15 \pm 0,19$  mgEAG / 100 g (Tableau XIV).

La teneur en flavonoïdes des farines fournies par séchage au soleil des tubercules de patate douce a oscillé de  $24,05 \pm 0,04$  mgEQ/100 g à  $31,51 \pm 0,04$  mgEQ /100 g. La valeur la plus élevée ( $31,51 \pm 0,04$  mgEQ/100 g) a été constatée avec la variété BB. Cette même variété a donné également la teneur en flavonoïdes la plus élevée au niveau des farines obtenues par séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  des tubercules. Ainsi, le séchage à l'étuve a enregistré les farines aux teneurs les plus élevées en flavonoïdes.

Les farines issues des tubercules séchées ont révélé que les valeurs élevées en caroténoïdes ont été obtenues pour la variété JO quel que soit le mode de séchage. Toutefois, les teneurs ont oscillé respectivement de  $47,09 \pm 0,01$  mg/100 g à  $100,95 \pm 0,18$  mg/100 g pour les tubercules séchés au soleil et de  $50,10 \pm 0,02$  mg/100 g à  $101,22 \pm 0,18$  mg/100 g pour les tubercules séchés à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Donc le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a donné les teneurs les plus élevées en caroténoïdes contrairement au séchage au soleil.

Il ressort des deux modes de séchage que la variété BB contient plus d'acide gallique, de polyphénols et de flavonoïdes quel que soit le mode de séchage utilisé (Tableau XIV).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XIV : Composition phytochimique des différentes variétés de farine de patates douces (mg/100g de MS)

Mode de séchage	Farines de patate douce	Tanins (mgEAT/100 g de MS)	Acide gallique (mg/100 g de MS)	Polyphénols (mgEAG/100 g de MS)	Flavonoïdes (mgEQ/100 g de MS)	Caroténoïde (mg/100 g de MS)
Soleil	BB	0,18 <sup>ab</sup> ± 0,01	1,05 <sup>b</sup> ± 0,02	67,91 <sup>c</sup> ± 0,09	31,51 <sup>b</sup> ± 0,04	47,09 <sup>d</sup> ± 0,01
	VB	0,12 <sup>b</sup> ± 0,02	1,00 <sup>b</sup> ± 0,00	50,87 <sup>c</sup> ± 0,10	24,05 <sup>d</sup> ± 0,04	54,86 <sup>c</sup> ± 0,30
	JO	0,11 <sup>b</sup> ± 0,02	1,03 <sup>b</sup> ± 0,02	40,88 <sup>f</sup> ± 0,12	24,15 <sup>d</sup> ± 0,05	100,95 <sup>a</sup> ± 0,18
Étuve à 45°C	BB	0,21 <sup>a</sup> ± 0,03	2,94 <sup>a</sup> ± 0,02	79,15 <sup>a</sup> ± 0,19	38,90 <sup>a</sup> ± 0,20	50,10 <sup>c</sup> ± 0,02
	VB	0,25 <sup>a</sup> ± 0,02	1,02 <sup>b</sup> ± 0,02	71,25 <sup>b</sup> ± 0,29	28,01 <sup>c</sup> ± 0,20	61,43 <sup>b</sup> ± 0,02
	JO	0,28 <sup>a</sup> ± 0,01	1,67 <sup>b</sup> ± 0,03	60,01 <sup>d</sup> ± 0,01	32,07 <sup>b</sup> ± 0,03	101,22 <sup>a</sup> ± 0,18

*a, b, c, d, e, f* : Moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0.05$ )

*BB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil

*VB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil

*JO<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil

*BB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*VB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*JO<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C

*MS* : Matière sèche

### 2.2.3. Profil en acides aminés essentiels des différentes variétés de patate douce

Les farines de patate douce ayant enregistré les teneurs les plus élevées en sérine ont été celles de la variété JO, quel que soit le mode de séchage des tubercules. Ces teneurs ont été de  $60,11 \pm 0,01$  mg/100 g pour les farines obtenues après séchage au soleil des tubercules et de  $60,13 \pm 0,02$  mg/100 g pour celles séchées à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Tableau XV). En outre, les analyses statistiques ont révélé qu'il n'existe pas de différences significatives entre ces teneurs élevées. Pour les farines séchées au soleil, les valeurs ont oscillé entre  $50,06 \pm 0,02$  mg/100 g à  $60,11 \pm 0,00$  mg / 100 g pendant que celles des farines obtenues par séchage à l'étuve ont varié de  $51,43 \pm 0,01$  mg/100 g à  $60,13 \pm 0,02$  mg/100 g.

Le taux le plus élevé en leucine est obtenu pour la variété JO séchée au soleil. Ses teneurs ont varié de  $30,16 \pm 0,01$  mg/100 g à  $31,60 \pm 0,06$  mg/100 g. Par contre, la valeur élevée en leucine a été obtenue pour la variété VB séchée à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  et ses teneurs allaient de  $31,40 \pm 0,01$  mg/100 g à  $33,10 \pm 0,03$  mg/100 g. Ainsi, le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a donné le meilleur teneur en leucine contrairement au séchage au soleil.

La farine de la variété BB séchée à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a obtenu la teneur en acide glutamique la plus élevée ( $64,80 \pm 0,02$  mg/100 g). La plus faible teneur ( $38,10 \pm 0,01$  mg/100 g) a été observée chez la variété VB séchée au soleil. Le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a permis d'avoir les teneurs les plus élevées en acide glutamique au niveau des farines de patate douce (Tableau XV).

De façon générale, les teneurs en alanine des farines de patate douce ont varié de  $10,04 \pm 0,00$  mg/100 g à  $18,11 \pm 0,00$  mg /100 g. La teneur la plus élevée en alanine a été obtenue pour la variété JO séchée à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pour les farines séchées à l'étuve, les teneurs en alanine ont varié de  $10,23 \pm 0,05$  mg/100g à  $18,11 \pm 0,00$  mg/100 g. Le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a donné les teneurs les plus élevées en alanine.

La caractérisation des farines des tubercules a révélé que la teneur la plus élevée en lysine a été obtenue au niveau de la variété BB séchée au soleil. Les teneurs ont oscillé de  $42,76 \pm 0,01$  mg /100 g à  $58,00 \pm 0,01$  mg/100 g pour le séchage solaire et de  $41,32 \pm 0,01$  mg/100 g à  $42,93 \pm 0,02$  mg/100 g pour le séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le séchage au soleil a permis d'avoir les meilleurs teneurs en lysine contrairement au séchage à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Les taux les plus élevés en arginine ont été obtenus pour les variétés BB et JO séchées à l'étuve à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avec des valeurs respectives de  $83,71 \pm 0,01$  mg/ et de  $83,10 \pm 0,03$  mg/100 g.

Au niveau des farines de patate obtenues par séchage au soleil des tubercules, les variétés BB et JO ont enregistrées les plus fortes teneurs avec respectivement  $81,40 \pm 0,06$  mg/100 g et  $81,60 \pm 0,00$  mg/100 g.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les farines dérivées des différentes variétés de patate douce renferment des acides aminés. Néanmoins, la variété BB a été la plus riche en acide glutamique, en lysine et en arginine quel que soit le mode de séchage. Quant à la variété JO, elle est plus riche en sérine quel que soit le mode de séchage. En outre, cette variété JO séchée à l'étuve à 45 °C a enregistré une teneur en alanine ne diffère pas statistiquement à celle de la variété BB séchée également à l'étuve à 45 °C. Les analyses statistiques montrent également que toutes les farines produites ont des teneurs similaires en leucine (Tableau XV).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XV: Teneurs en acides aminés essentiels des différentes variétés de patates douces

Mode de séchage	Farines de patate douce	Serine (mg/100 g de MS)	Leucine (mg/100 g de MS)	Acide glutamique (mg/100 g de MS)	Alanine (mg/100 g de MS)	Lysine (mg/100 g de MS)	Arginine (mg/100 g de MS)
Soleil	BB	50,06 <sup>b</sup> ± 0,01	30,49 <sup>a</sup> ± 0,00	52,30 <sup>b</sup> ± 0,01	11,35 <sup>b</sup> ± 0,02	58,00 <sup>a</sup> ± 0,01	81,60 <sup>b</sup> ± 0,00
	VB	49,10 <sup>b</sup> ± 0,02	30,16 <sup>a</sup> ± 0,01	38,10 <sup>d</sup> ± 0,01	10,04 <sup>b</sup> ± 0,00	47,10 <sup>b</sup> ± 0,01	80,16 <sup>c</sup> ± 0,01
	JO	60,11 <sup>a</sup> ± 0,00	31,60 <sup>a</sup> ± 0,06	51,40 <sup>b</sup> ± 0,02	11,08 <sup>b</sup> ± 0,02	42,76 <sup>c</sup> ± 0,01	81,40 <sup>b</sup> ± 0,06
Étuve à 45°C	BB	51,43 <sup>b</sup> ± 0,01	31,40 <sup>a</sup> ± 0,01	64,80 <sup>a</sup> ± 0,02	16,35 <sup>a</sup> ± 0,02	42,93 <sup>c</sup> ± 0,02	83,71 <sup>a</sup> ± 0,01
	VB	50,34 <sup>b</sup> ± 0,00	33,71 <sup>a</sup> ± 0,01	44,30 <sup>c</sup> ± 0,01	10,23 <sup>b</sup> ± 0,05	41,32 <sup>c</sup> ± 0,01	80,49 <sup>c</sup> ± 0,01
	JO	60,13 <sup>a</sup> ± 0,02	33,10 <sup>a</sup> ± 0,03	54,20 <sup>b</sup> ± 0,02	18,11 <sup>a</sup> ± 0,00	42,34 <sup>c</sup> ± 0,02	83,10 <sup>a</sup> ± 0,03

*a, b et c* : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0.05$ )

*BB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil

*VB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil

*JO<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil

*BB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*VB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*JO<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C

*MS* : Matière sèche.

### 2.2.4. Composition minérale, vitaminique et facteurs antinutritionnels de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve

#### 2.2.4.1. Teneurs en cendres des patates douces

Les teneurs en cendres de ces farines partent généralement de  $390,01 \pm 0,01$  mg/100 g à  $1210,11 \pm 0,02$  mg/100 g. En effet, elles ont oscillé respectivement de  $390,01 \pm 0,01$  mg/100 g à  $1180,34 \pm 0,2$  mg/100 g pour le séchage solaire et de  $410,60 \pm 0,03$  mg/100 g à  $1210,11 \pm 0,02$  mg/100 g pour le séchage à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$  et cela quel que soit le tubercule considéré. Par ailleurs, les valeurs les plus élevées de cendres ont été obtenues avec la variété JO quel que soit le mode de séchage (Figure 15).

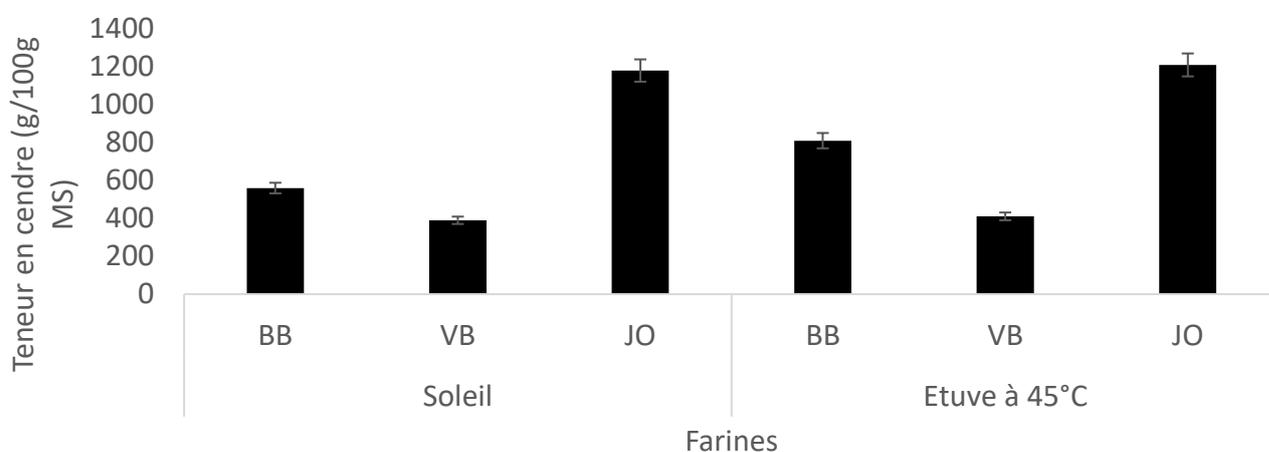


Figure 15 : Teneurs en cendres des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$ .

*a, b et c indiquent une différence significative au seuil ( $p < 0.05$ )*

*BB<sub>soleil</sub> : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil*

*VB<sub>soleil</sub> : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil*

*JO<sub>soleil</sub> : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil*

*BB<sub>45°C</sub> : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$*

*VB<sub>45°C</sub> : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$*

*JO<sub>45°C</sub> : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$*

#### 2.2.4.2 Composition en éléments minéraux des patates douces

La caractérisation des farines issues de ces deux modes de séchage (solaire ou à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$ ) des tubercules de patates douces révèle que les teneurs en calcium ont varié de  $20,45 \pm 0,02$  mg/100 g à  $104,87 \pm 0,01$  mg/100 g. Toutefois, l'analyse des farines du séchage solaire des tubercules montre que la valeur élevée du calcium est obtenue pour la variété JO ( $104,87 \pm 0,01$  mg/100 g) tandis que la plus petite est pour BB ( $52,72 \pm 0,02$  mg/100 g). Quant au séchage à

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

l'étuve à 45 °C, il a permis d'avoir une valeur élevée du calcium pour BB ( $52,90 \pm 0,02$  mg / 100 g) contre  $20,45 \pm 0,02$  mg /100 g (faible) pour VB (Tableau XVI).

Les teneurs en phosphore des farines de patate douce ont évolué de  $13,61 \pm 0,02$  mg/100 g à  $100,31 \pm 0,21$  mg/100 g dans l'ensemble des farines quel que soit le mode sollicité (Tableau XVI). La valeur la plus importante est donnée par la variété JO ( $100,31 \pm 0,21$  mg/100 g) alors que la plus faible ( $32,53 \pm 0,02$  mg/100 g) avec BB et cela après séchage au soleil. Quant au séchage à l'étuve à 45 °C, il a permis d'obtenir des valeurs relativement élevées et identiques pour respectivement JO ( $24,10 \pm 0,02$  mg/100 g) et BB ( $24,10 \pm 0,03$  mg/100 g) contre  $13,61 \pm 0,02$  pour VB.

Par ailleurs, les teneurs en magnésium ont oscillé de  $103,30 \pm 0,12$  mg/100 g à  $647,44 \pm 0,02$  mg/100 g avec la valeur la plus importante de magnésium pour la variété JO quel que soit le mode de séchage (Tableau XVI). Les teneurs ont varié de  $36,30 \pm 0,02$  mg/100 g à  $101,23 \pm 0,01$  mg/100 g quand il s'agissait du séchage solaire et de  $42,72 \pm 0,02$  mg/100 g à  $109,00 \pm 0,02$  mg/100 g pour le séchage à l'étuve à 45 °C. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les teneurs plus élevées en magnésium contrairement au séchage au soleil.

Les teneurs en potassium des farines de patate douce partent de  $103,30 \pm 0,12$  mg/100 g à  $647,44 \pm 0,01$  mg/100 g (Tableau XVI).. La caractérisation de la farine obtenue par séchage solaire des tubercules a montré que la plus grande valeur de potassium est obtenue pour la variété VB avec des variations allant de  $110,63 \pm 0,01$  mg/100 g à  $647,44 \pm 0,01$  mg/100 g Pour les farines obtenues par séchage à l'étuve à 45 °C des tubercules, la valeur la plus élevée du potassium est enregistrée chez la variété VB ( $546,32 \pm 0,02$  mg/100 g). Le séchage au soleil a donné les teneurs les plus élevées en potassium contrairement au séchage à l'étuve à 45 °C.

Les teneurs en sodium des farines de patate douce ont varié de  $23,04 \pm 0,02$  mg/100 g à  $109,84 \pm 0,03$  mg /100 g (Tableau XVI). La valeur la plus élevée de sodium a été obtenue avec la variété JO séchée au soleil. En outre, les teneurs ont varié de  $24,91 \pm 0,01$  mg/100 g à  $109,84 \pm 0,03$  mg/100 g pour la farine séchée au soleil et de  $23,04 \pm 0,02$  mg/100 g à  $49,00 \pm 0,01$  mg/100 g pour la farine issue du séchage à l'étuve à 45 °C. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en sodium.

Concernant les teneurs en manganèse, des variations allant de  $143,01 \pm 0,02$  mg/100 g à  $1095,34 \pm 0,11$  mg/100 g ont été enregistrées (Tableau XVI). Les valeurs les plus élevées du manganèse ont été obtenues avec la variété JO quel que soit le mode de séchage. En outre, les résultats ont montré qu'après un séchage à l'étuve à 45 °C des tubercules, la valeur la plus élevée de manganèse a été obtenue pour la variété JO ( $1095,34 \pm 0,11$  mg/100 g). Les teneurs ont varié de  $143,01 \pm 0,02$  mg/100 g à  $1029,80 \pm 0,01$  mg/100 g et de  $607,20 \pm 0,41$  mg/100 g à  $1095,34$

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

$\pm 0,11$  mg/100 g respectivement pour la farine issue du séchage solaire et à l'étuve à 45 °C. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les teneurs les plus élevées en manganèse contrairement au séchage au soleil.

Les farines obtenues par les deux modes de séchage des tubercules ont des teneurs en zinc qui partent globalement de  $36,22 \pm 0,02$  mg/100 g à  $103,5 \pm 0,01$  mg/100 g. La valeur la plus élevée de zinc ( $103,50 \pm 0,01$  mg / 100 g) a été obtenue avec la variété JO séchée au soleil. Les teneurs ont varié de  $36,22 \pm 0,02$  mg/100 g à  $103,50 \pm 0,01$  mg /100 g pour les farines obtenues par séchage solaire. Après un séchage à l'étuve à 45 °C des tubercules, les valeurs ont oscillé de  $61,00 \pm 0,02$  mg/100 g à  $84,20 \pm 0,02$  mg/100 g. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en zinc (Tableau XVI).

Les séchages solaires et à l'étuve à 45 °C ont fourni des farines de patate douce dont les teneurs en cuivre ont varié en général de  $14,0 \pm 0,02$  mg/100 g à  $132,5 \pm 0,01$  mg/100 g (Tableau XVI). Pour ces farines, la valeur la plus élevée de cuivre est obtenue avec la variété JO séchée au soleil ( $132,50 \pm 0,01$  mg/100 g). Des variations de  $14,00 \pm 0,02$  mg/100 g à  $132,50 \pm 0,01$  mg/100 g et de  $32,42 \pm 0,02$  mg/100 g à  $70,10 \pm 0,01$  mg/100 g ont été enregistrées respectivement pour le séchage solaire et à l'étuve à 45 °C. Le séchage au soleil a donné les teneurs les plus élevées en cuivre.

La teneur en fer, des farines de patate douce a varié usuellement de  $28,93 \pm 0,03$  mg/100 g à  $104,6 \pm 0,01$  mg/100 g (Tableau XVI). Dans les farines issues du séchage solaire des tubercules, la valeur la plus élevée de fer est obtenue pour la variété VB ( $62,00 \pm 0,02$  mg/100 g). En outre, la farine de la variété JO obtenue par séchage à l'étuve à 45 °C des tubercules a donné la plus grande valeur du fer ( $104,60 \pm 0,01$  mg/100 g) de toutes les farines. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les meilleures teneurs en fer (Tableau XVI).

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce renferment des minéraux. Toutefois, la variété JO a été plus riche en phosphore, magnésium, sodium, manganèse et cuivre quel que soit le mode de séchage utilisé. Cette même variété se caractérise aussi par une abondance de calcium et de zinc avec le séchage au soleil comparativement aux autres variétés. Quant à la variété VB, elle se distingue par une présence non négligeable de potassium et cela quel que soit le mode de séchage considéré. Le fer est abondant à la fois dans VB et JO selon le mode de séchage (Tableau XVI).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XVI : Teneurs en minéraux des farines de patate douce

Mode de sechage	Farines de patates douces	Calcium (mg/100 g MS)	Phosphore (mg/100 g MS)	Magnésium (mg/100 g MS)	Potassium (mg/100 g MS)	Sodium (mg/100 g MS)	Manganèse (mg/100 g MS)	Zinc (mg/100g MS)	Cuivre (mg/100 MS)	Fer g (mg/100g MS)
Soleil	BB	52,72 <sup>b</sup> ± 0,02	32,53 <sup>c</sup> ± 0,02	42,00 <sup>c</sup> ± 0,02	157,52 <sup>d</sup> ± 0,01	24,91 <sup>d</sup> ± 0,01	184,30 <sup>e</sup> ± 0,02	36,22 <sup>f</sup> ± 0,02	70,04 <sup>b</sup> ± 0,02	46,09 <sup>e</sup> ± 0,41
	VB	54,10 <sup>b</sup> ± 0,12	42,2 <sup>b</sup> ± 0,02	36,3 <sup>d</sup> ± 0,02	647,44 <sup>a</sup> ± 0,02	25,22 <sup>d</sup> ± 0,02	143,01 <sup>f</sup> ± 0,02	90,00 <sup>b</sup> ± 0,02	14,00 <sup>e</sup> ± 0,02	62,00 <sup>c</sup> ± 0,02
	JO	104,87 <sup>a</sup> ± 0,01	100,31 <sup>a</sup> ± 0,21	101,23 <sup>a</sup> ± 0,01	110,63 <sup>c</sup> ± 0,01	109,84 <sup>a</sup> ± 0,03	1029,80 <sup>b</sup> ± 0,01	103,5 <sup>a</sup> ± 0,01	132,5 <sup>a</sup> ± 0,01	49,20 <sup>d</sup> ± 0,01
Étuve à 45°C	BB	52,9 <sup>b</sup> ± 0,02	24,00 <sup>d</sup> ± 0,03	42,72 <sup>c</sup> ± 0,02	103,30 <sup>f</sup> ± 0,12	23,04 <sup>d</sup> ± 0,02	607,20 <sup>d</sup> ± 0,41	84,2 <sup>c</sup> ± 0,02	63,10 <sup>c</sup> ± 0,32	92,00 <sup>b</sup> ± 0,02
	VB	20,45 <sup>c</sup> ± 0,02	13,61 <sup>e</sup> ± 0,02	94,3 <sup>b</sup> ± 0,01	546,32 <sup>b</sup> ± 0,02	42,11 <sup>c</sup> ± 0,01	652,01 <sup>c</sup> ± 0,02	74,00 <sup>d</sup> ± 0,01	32,42 <sup>d</sup> ± 0,02	28,93 <sup>f</sup> ± 0,03
	JO	47,90 <sup>b</sup> ± 0,01	24,1 <sup>d</sup> ± 0,02	109,00 <sup>a</sup> ± 0,02	369,01 <sup>c</sup> ± 0,71	49,0 <sup>b</sup> ± 0,01	1095,34 <sup>a</sup> ± 0,11	61,00 <sup>e</sup> ± 0,02	70,10 <sup>b</sup> ± 0,01	104,60 <sup>a</sup> ± 0,01

*a, b, c, d, e, f* : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

*BB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil

*VB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil

*JO<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil

*BB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*VB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*JO<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C

*MS* : Matière sèche

### 2.2.4.3. Composition en vitamines des farines des variétés de patate douce

La valeur la plus élevée en vitamine B<sub>1</sub> est obtenue pour la variété JO quel que soit le mode de séchage. En effet, elles sont de  $42,69 \pm 0,02$  mg/100 g et de  $42,00 \pm 0,00$  mg/100 g pour respectivement le séchage solaire et à l'étuve à 45 °C. (Tableau XVII).

La caractérisation des farines issues du séchage solaire et à l'étuve à 45 °C montre que les teneurs en vitamine B<sub>2</sub> ont oscillé de  $20,00 \pm 0,00$  mg/100 g à  $25,08 \pm 0,01$  mg/100 g. Au niveau de cette farine, la valeur la plus élevée en vitamine B<sub>2</sub> est obtenue pour la variété VB. La farine de cette variété a donné des teneurs qui ont varié de  $20,00 \pm 0,00$  mg/100 g à  $22,17 \pm 0,01$  mg/100 g et de  $21,02 \pm 0,10$  mg/100 g à  $25,08 \pm 0,01$  mg/100 g respectivement pour le séchage solaire et à l'étuve à 45 °C (Tableau XVII).

Les teneurs en vitamine B<sub>3</sub> partent de  $0,02 \pm 0,00$  mg/100 g à  $0,17 \pm 0,02$  mg/100 g. La teneur la plus élevée en vitamine B<sub>3</sub> est enregistrée pour la variété JO séchée à l'étuve à 45 °C. Les farines issues du séchage ont enregistré des variations allant de  $0,02 \pm 0,00$  mg/100 g à  $0,03 \pm 0,00$  mg/100 g pour le séchage au soleil et de  $0,06 \pm 0,01$  mg/100 g à  $0,17 \pm 0,02$  mg/100 g pour le séchage à l'étuve à 45 °C. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les meilleures teneurs en vitamine B<sub>3</sub> contrairement au séchage au soleil (Tableau XVII).

Par ailleurs, la caractérisation des trois variétés (BB, VB et JO) de patate douce séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C a indiqué une variation de la teneur en vitamine B<sub>6</sub> allant de  $13,20 \pm 0,02$  mg/100 g à  $17,91 \pm 0,02$  mg/100 g. Les valeurs les plus élevées en vitamine B<sub>6</sub> ont été obtenues pour les variétés JO et VB quel que soit le mode de séchage. Les teneurs ont varié de  $13,20 \pm 0,00$  mg/100 g à  $17,20 \pm 0,01$  mg/100 g et de  $16,30 \pm 0,02$  mg/100 g à  $17,91 \pm 0,02$  mg/100 g pour les farines obtenues respectivement par séchage solaire et à l'étuve à 45 °C. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné des teneurs semblables au séchage au soleil en vitamine B<sub>6</sub> (Tableau XVII).

Au niveau des teneurs en vitamine B<sub>9</sub>, les valeurs les plus élevées ont été obtenues par les variétés JO séchées au soleil ( $12,07 \pm 0,00$  mg/100 g) et à 45 °C ( $12,08 \pm 0,02$  mg/100 g). Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les meilleures teneurs en vitamine B<sub>9</sub> contrairement au séchage au soleil (Tableau XVII)

La caractérisation des farines issues des deux modes de séchage des tubercules a révélé des teneurs plus élevées en vitamine B<sub>12</sub> pour la variété BB séchée à l'étuve à 45 °C ( $15,32 \pm 0,03$  mg/100 g). Pour ces farines séchées à l'étuve, les teneurs ont varié de  $12,00 \pm 0,05$  mg/100 g à  $15,32 \pm 0,03$  mg/100 g pendant que celles séchées au soleil ont oscillé entre  $12,03 \pm 0,01$  mg/100 g et  $13,00 \pm 0,30$  mg/100 g. Le séchage à l'étuve à 45 °C a enregistré les teneurs les plus élevées en Vitamine B<sub>12</sub> contrairement au séchage au soleil (Tableau XVII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

L'analyse des farines obtenues par séchage solaire et à l'étuve des tubercules a montré une variation de teneurs en taux de vitamine C allant de manière générale de  $0,04 \pm 0,01$  mg/100 g à  $0,62 \pm 0,02$  mg/100 g. Les farines issues des trois variétés séchées à l'étuve ont obtenu les valeurs les plus élevées en vitamine C par rapport aux farines séchées au soleil. Les teneurs ont varié de  $0,04 \pm 0,01$  mg/100 g à  $0,30 \pm 0,00$  mg/100 g et de  $0,60 \pm 0,03$  mg/100 g à  $0,62 \pm 0,02$  mg/100 g respectivement pour le séchage au soleil et à l'étuve à 45 °C des tubercules. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine C contrairement au séchage au soleil (Tableau XVII).

Par ailleurs, les teneurs en Vitamine E des farines de patate douce ont varié globalement de  $20,01 \pm 0,01$  mg/100 g à  $72,40 \pm 0,04$  mg/100 g. Au niveau des farines obtenues par séchage solaire des tubercules, la teneur la plus élevée en Vitamine E est enregistrée par la variété JO ( $40,23 \pm 0,01$  mg/100 g). Elles ont varié de  $20,03 \pm 0,01$  mg/100 g à  $40,23 \pm 0,01$  mg/100 g. Pour les farines obtenues par séchage à l'étuve à 45 °C des tubercules, les plus grandes valeurs en Vitamine E ont été obtenues par les variétés BB ( $72,40 \pm 0,04$  mg/100 g) et VB ( $70,12 \pm 0,04$  mg/100 g). En outre, les teneurs en vitamine E de celles-ci ont oscillé de  $60,33 \pm 0,00$  mg/100 g à  $72,40 \pm 0,04$  mg/100 g. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine E contrairement au séchage au soleil (Tableau XVII).

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce sont renfermées des vitamines. Ainsi, la variété JO a été riche en vitamines (B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub> et C) que les autres variétés et cela quel que soit le mode de séchage utilisé. Par ailleurs, cette même variété a été caractérisée par une présence relative importante de vitamines (B<sub>12</sub> et E) avec le séchage au soleil que les autres variétés. Quant à VB, elle se distingue par une présence relative de B<sub>2</sub> que les autres variétés et cela quel que soit le mode de séchage sollicité. Par contre BB est caractérisée par une richesse en vitamines (B<sub>12</sub> et E) lors du séchage à 45 °C (Tableau XVII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XVII : Teneurs en vitamines des farines de patate douce

Mode de sechage	Farine de patate	Vitamine B <sub>1</sub> (mg/100g MS)	Vitamine B <sub>2</sub> (mg /100g MS)	Vitamine B <sub>3</sub> (mg/100g MS)	Vitamine B <sub>6</sub> (mg/100g MS)	Vitamine B <sub>9</sub> (mg/100g d MS)	Vitamine B <sub>12</sub> (mg/100g MS)	Vitamine C (mg/100g MS)	Vitamine E (mg/100g MS)
soleil	BB	30,00 <sup>c</sup> ± 0,00	21,00 <sup>b</sup> ± 0,00	0,02 <sup>c</sup> ± 0,00	13,2 <sup>b</sup> ± 0,02	4,38 <sup>c</sup> ± 0,02	12,10 <sup>b</sup> ± 0,01	0,04 <sup>c</sup> ± 0,01	20,03 <sup>c</sup> ± 0,01
	VB	31,42 <sup>c</sup> ± 0,02	22,17 <sup>a</sup> ± 0,01	0,02 <sup>c</sup> ± 0,01	17,06 <sup>a</sup> ± 0,02	4,06 <sup>c</sup> ± 0,03	12,03 <sup>b</sup> ± 0,01	0,04 <sup>c</sup> ± 0,01	30,10 <sup>d</sup> ± 0,02
	JO	42,69 <sup>a</sup> ± 0,02	20,00 <sup>b</sup> ± 0,00	0,03 <sup>c</sup> ± 0,00	17,20 <sup>a</sup> ± 0,01	12,07 <sup>a</sup> ± 0,00	13,00 <sup>b</sup> ± 0,30	0,30 <sup>b</sup> ± 0,00	40,23 <sup>c</sup> ± 0,01
Étuve à 45°C	BB	32,76 <sup>c</sup> ± 0,03	21,02 <sup>b</sup> ± 0,10	0,06 <sup>b</sup> ± 0,01	16,3 <sup>a</sup> ± 0,02	8,48 <sup>b</sup> ± 0,01	15,32 <sup>a</sup> ± 0,03	0,60 <sup>a</sup> ± 0,03	72,40 <sup>a</sup> ± 0,04
	VB	35,40 <sup>b</sup> ± 0,01	25,08 <sup>a</sup> ± 0,01	0,08 <sup>b</sup> ± 0,00	17,60 <sup>a</sup> ± 0,05	3,62 <sup>c</sup> ± 0,03	13,00 <sup>b</sup> ± 0,0	0,61 <sup>a</sup> ± 0,01	70,12 <sup>a</sup> ± 0,04
	JO	42,00 <sup>a</sup> ± 0,0	22,11 <sup>b</sup> ± 0,02	0,17 <sup>a</sup> ± 0,02	17,91 <sup>a</sup> ± 0,02	12,08 <sup>a</sup> ± 0,00	12,00 <sup>b</sup> ± 0,05	0,62 <sup>a</sup> ± 0,02	60,33 <sup>b</sup> ± 0,00

*a, b, c, d et e* : Moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents à  $p < 0,05$  (test de tukey)

*BB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil

*VB<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil

*JO<sub>soleil</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil

*BB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*VB<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C

*JO<sub>45°C</sub>* : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C

*MS* : Matière sèche

### 2.2.4.4. Composition antinutritionnelle des différentes variétés de patate douce

Les résultats de cette étude révèlent que la teneur en tanins est importante chez la variété BB ( $0,18 \pm 0,1$  mg/100 g) avec le séchage au soleil et JO ( $0,28 \pm 0,01$  mg/100 g) (Tableau XVIII). La caractérisation des farines issues des deux différents séchages a montré que les teneurs en oxalates varient de  $0,31 \pm 0,03$  mg/100 g à  $1,41 \pm 0,05$  mg/100 g. Les valeurs les plus élevées en oxalates ont été obtenues pour la variété VB quel que soit le mode de séchage. Les teneurs ont varié de  $0,31 \pm 0,03$  mg/100 g à  $4,17 \pm 0,02$  mg/100 g et de  $0,58 \pm 0,04$  mg/100 g à  $5,70 \pm 0,01$  mg/100 g respectivement pour le séchage solaire et à l'étuve à 45 °C. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les valeurs les plus élevées en oxalates contrairement au séchage au soleil (Tableau XVIII).

Par ailleurs, les teneurs en phytates partent de  $1,07 \pm 0,02$  mg/100 g à  $1,36 \pm 0,03$  mg/100 g pour les deux modes de séchage. La caractérisation de la farine obtenue par séchage solaire des tubercules a révélé des teneurs similaires pour toutes les variétés. Ces teneurs sont comprises entre  $1,07 \pm 0,02$  mg/100 g et  $1,18 \pm 0,33$  mg/100 g. Par contre, pour les farines obtenues par séchage à l'étuve des tubercules, la plus grande valeur en phytates a été obtenue par la variété VB avec des teneurs variant de  $1,19 \pm 0,03$  mg/100 g à  $2,03 \pm 0,02$  mg/100 g. Le séchage à l'étuve à 45 °C a donné les valeurs les plus élevées en phytates contrairement au séchage au soleil (Tableau XVIII)

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce contiennent des composés antinutritionnels. Néanmoins, la variété VB contient plus d'oxalates que les autres et cela quel que soit le mode de séchage utilisé. Quant aux phytates, ils sont relativement présents chez JO et VB respectivement lors du séchage au soleil et à 45 °C. En ce qui concerne les tanins, ils sont présents dans BB avec le séchage au soleil et dans JO à 45 °C (Tableau XVIII).

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XVIII: Composés anti nutritionnelle des différentes variétés de patate douce

Mode de séchage	Farine de patate	Tanin (mg/100g MS)	Oxalates (mg/100g MS)	Phytates (mg /100g MS)
Soleil	BB	0,18 <sup>a</sup> ± 0,01	0,31 <sup>c</sup> ± 0,03	1,07 <sup>c</sup> ± 0,02
	VB	0,12 <sup>a</sup> ± 0,02	4,17 <sup>a</sup> ± 0,05	1,17 <sup>c</sup> ± 0,07
	JO	0,11 <sup>a</sup> ± 0,02	1,02 <sup>b</sup> ± 0,02	1,18 <sup>c</sup> ± 0,33
Etuve à 45°C	BB	0,21 <sup>a</sup> ± 0,03	0,58 <sup>c</sup> ± 0,04	1,19 <sup>c</sup> ± 0,03
	VB	0,25 <sup>a</sup> ± 0,02	5,70 <sup>a</sup> ± 0,01	2,03 <sup>a</sup> ± 0,02
	JO	0,28 <sup>a</sup> ± 0,01	1,41 <sup>b</sup> ± 0,05	1,36 <sup>b</sup> ± 0,03

*a, b et c : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p < 0,05).*

*BB<sub>soleil</sub> : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil*

*VB<sub>soleil</sub> : Patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil*

*JO<sub>soleil</sub> : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée au soleil*

*BB<sub>45°C</sub> : Patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C*

*VB<sub>45°</sub> : Patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45 °C*

*JO<sub>45°C</sub> : Patate douce peau jaune orangé et chair jaune orangé séchée à l'étuve à 45 °C*

*MS : Matière sèche*

### 2.2.6. Différenciation entre les variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C

L'analyse en composante principale effectuée sur les caractéristiques physicochimiques des farines des deux modes de séchage de trois variétés de patate douce a donné les résultats présentés sur la figure 16. La représentation dans le plan factoriel (F1 x F2) prend en compte 56,61 % de l'information contenue dans les données. À l'analyse, quatre groupes de farines ont été constitués selon les deux modes de séchage. Le groupe I est composé de BB<sub>soleil</sub> et VB<sub>soleil</sub>, Le groupe II de VB<sub>45 °C</sub>, le groupe III de JO<sub>45°C</sub> et BB<sub>45 °C</sub>, le groupe IV est celui de JO<sub>soleil</sub> (Figure 16).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

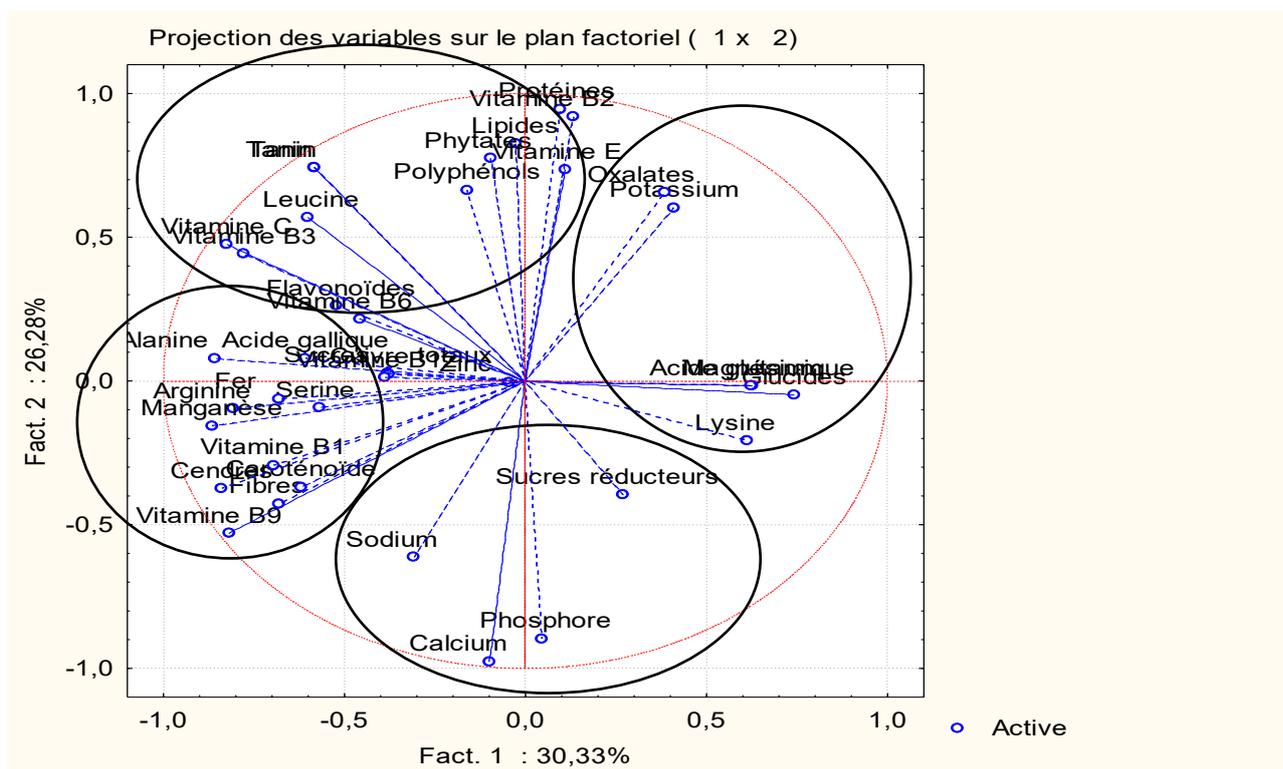


Figure 16 a : Cercle de corrélation des paramètres physico chimiques des différentes farines de patate douce séchées au soleil et à l'étuve à 45°C

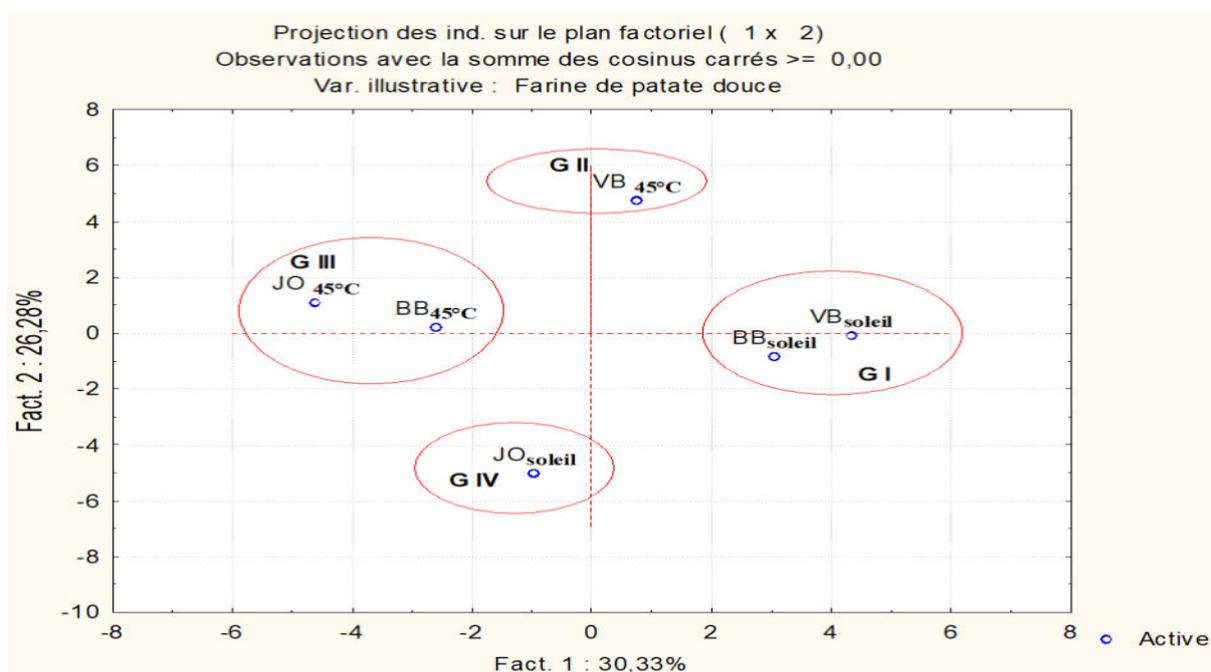


Figure 16 b : matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques des différentes farines de patate douce séchées au soleil et à l'étuve à 45°C

Figure 16 : Analyse en composantes principal des variétés de patate douce

### 2.3. Discussion

Les teneurs en protéines des différentes variétés de patates douces étudiées ont varié de 3074,50 à 7080,30 mg/100g de MS. Cela serait dû au sol, au climat et la pratique agricole utilisé par les agriculteurs de patates douces. Aussi, ces différences pourraient être lié à la variété de patate utilisée, à la transformation subie par les tubercules et surtout à leur mode de séchage. En effet, selon les données de l'IITA (1982), la transformation influence la composition nutritionnelle des produits (pertes de matières protéiques dans la peau des tubercules). Selon ces dites données, la teneur en protéines de la patate douce est nettement faible comparativement à celle d'autres tubercules tels que l'igname (*Dioscorea dumetorum*) qui a une teneur de l'ordre de 9,6 % de matière sèche (Medoua & Gabriel, 2005). Cette faible teneur en protéines de la patate douce serait liée au mode de séchage et soulignerait la nécessité de compléter les régimes à base de patate douce par davantage d'aliments riches en protéines afin d'assurer les besoins nutritionnels d'un enfant en pleine croissance. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles présentées par Ouédraogo (2010) sur d'autres variétés de patate douce qui ont des teneurs variant de 1730 mg/100 g de MS à 1960 mg/100 g de MS.

Les teneurs en lipides dans les farines ont fluctué dans les différentes variétés à cause de la nature des patates et également du mode de séchage. La teneur en lipides de la farine de patate est fonction des cultivars (Badila *et al.*, 2009). La plus faible teneur corrobore le taux de lipide (400 mg/100 g) contenu dans la patate rouge (Sammy, 1970). La plus grande valeur est supérieure à la teneur en lipide (1300 mg/100 g) de la farine de patate rouge (Gurkin, 1988). Badila *et al.* (2009) ont rapporté une teneur en lipides de la farine de patate douce de l'ordre de 900 mg/100 g qui est inférieure à la valeur maximale.

Quant aux sucres réducteurs, les variations significatives des teneurs s'expliqueraient par la différence entre les deux modes de séchage. Selon Owori *et al.* (2007), la composition chimique des tubercules serait fonction des variétés, de la région de culture et du type de sol. Les variétés de la présente étude ont montré des teneurs inférieures à celles de Ouédraogo (2010) qui avait obtenu des teneurs de 5140 à 6,08 mg/100 g dans deux autres variétés de patate douce. Ce qui est en accord avec la teneur en sucres réducteurs des farines de patate douce comprise entre 1200 et 2800 mg/100 g issues des travaux de Ahmed *et al.* (2010).

Pour les sucres totaux, leurs teneurs ont évolué significativement. Cela pourrait être lié à la nature des tubercules. La quantité minimale obtenue est inférieure à la teneur obtenue par Abubakar *et al.* (2010) qui est de 25740 mg/100 g sur une variété de patate douce cultivée à Kwara au Nigeria. Elles ont été proches du taux des sucres totaux de 3810 mg/100 g dans l'igname sauvage selon les travaux de Sahoré (2010). Elles ont été aussi inférieures au taux des

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

sucres totaux (6300 mg/100 g) dans la patate blanche (Sammy, 1970). Parmi les trois (3) variétés qui ont fait l'objet de cette étude, la variété à chair jaune orangé a renfermée plus de sucres et semble être la meilleure en termes de sucres totaux et de sucres réducteurs.

Au niveau des fibres, la variété blanche (BB) a montré une teneur en fibres relativement faible par rapport à celle de la variété JO. Le moment de la récolte influencerait le taux de fibres dans les patates douces. En effet, les patates douces récoltées plus tardivement peuvent avoir une teneur en fibres différente par rapport à celles récoltées plus tôt. Selon Rosero *et al* (2020), la variété spécifique de la patate douce joue un rôle crucial dans la composition en fibre. Cependant certaines variétés, comme celles à chair orange ou pourpre, tendent à avoir des taux de fibres plus élevés comparées aux variétés à chair blanche. Ces valeurs indiqueraient que les variétés de patates douces étudiées sont riches en fibres. En raison de sa richesse en fibres, la consommation de ces variétés de patate douce serait bénéfique surtout que les fibres régularaient le transit intestinal et captent une partie des lipides et des glucides ce qui permettrait de réguler en partie le taux de sucre sanguin et éviteraient l'excès de cholestérol (Ponka *et al.*, 2016). Elles exercent aussi un effet positif contre le surpoids et sur les maladies métaboliques grâce à leur haut degré de saturation (Henauer & Frei, 2008). En outre, les fibres facilitent l'hydratation de fèces (AFSSA, 2002). La teneur de fibres dans la variété JO est supérieure à la teneur de fibres (7100 mg/100 g) de la farine de patate blanche (Antarlina, 1990). Par ailleurs, la teneur en fibres de la variété BB est similaire à la teneur en fibres (1300 mg/100 g) de la farine des tubercules de patate douce des travaux de Soares *et al.* (2002).

La variété blanche a montré une richesse en glucides qui serait liée au mode de séchage de la patate douce mais aussi à leur nature. Ces valeurs signifieraient que les variétés de patate douce étudiées sont riches en glucides. Par ailleurs, le taux de glucides dans les patates douces serait lié à leur stockage. En effet, la manière dont les patates douces sont stockées après la récolte peut également jouer un rôle. Un stockage prolongé pourrait entraîner une conversion des amidons en sucres simples, augmentant ainsi la teneur en glucides. Aussi, la maturité des patates douces influencerait leurs teneurs en glucides. En effet, le stade de maturité au moment de la récolte pourrait également affecter la teneur en glucides. Les patates douces plus mûres auraient tendance à avoir une teneur en sucre plus élevée. Les conditions de culture pourraient aussi influencer la teneur en glucides des patates douces. En effet, les conditions environnementales telles que le type de sol, l'irrigation et la température influencerait la composition en glucides des patates douces. Les teneurs en sucres et en amidon des tubercules sont fortement dépendantes de la variété (NEPA, 2006). En raison de sa richesse en glucides, la consommation de ces variétés de patate douce serait bénéfique surtout que les glucides fournissent l'essentiel

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

de l'énergie dans l'organisme. Les valeurs de glucides de la présente étude sont supérieures à celle (89210 mg/100 g) de la farine d'igname (Soro, 2020). Aussi, elles sont inférieures à celle (33500 mg/100 g) de la patate douce des études de Antonio *et al.* (2011).

Pour les farines de patate douce, la valeur énergétique a fluctué statistiquement. Les glucides, principalement sous forme d'amidon, constituent une grande partie de la valeur énergétique. En outre, la proportion d'amidon pourrait varier selon la variété et les conditions de culture. Bien que les patates douces soient principalement composées de glucides, elles contiennent également des protéines et des lipides en petites quantités, qui contribueraient à la valeur énergétique totale. La présence de sucres simples comme le glucose et le fructose pourrait augmenter la valeur énergétique, surtout si les tubercules sont plus mûrs. La teneur en fibres pourrait influencer la digestibilité et par conséquent, la quantité d'énergie réellement absorbée par l'organisme. La manière dont les tubercules sont transformés en farine (séchage, broyage, etc.) pourrait également affecter la composition chimique et la valeur énergétique finale. La valeur énergétique de la farine de patate douce est largement tributaire de la composition chimique des tubercules qui est aussi liée à la période de la récolte. Ces valeurs sont inférieures à la valeur énergétique (425,76 Kcal) dans la farine d'igname sauvage des travaux de Soro (2020).

Le taux de polyphénol a oscillé de 40,88 à 79,15 mgEAG/100g de MS. Une bonne activité en antioxydant des plantes pourrait dépendre de la nature des composés phénoliques qui s'y trouvent. En outre, une alimentation à base de ces plantes, pourrait pourvoir aux besoins en polyphénols de l'organisme et renforcer la santé des populations. La variation des teneurs des phénols totaux pourrait être due à la différence des variétés utilisées, aux facteurs environnementaux qui ont un effet principal sur leur contenu, aux types de sol, à l'exposition au soleil, à la précipitation, aux facteurs agronomiques et la période de culture (Ruiz, 1984). Le degré de maturité affecte considérablement les concentrations et les proportions des divers polyphénols (Macheix *et al.*, 1990). Sosulski *et al.* (1982) ont rapporté que le stockage peut également affecter le contenu des polyphénols qui s'oxydent facilement. En effet, le stockage de la farine de blé a comme conséquence la perte marquée des acides phénoliques. Après 6 mois de stockage, les farines ont les mêmes acides phénoliques en termes qualitatifs, mais leurs concentrations étaient inférieures à 70 % (Manach *et al.*, 2004). La plus grande teneur en polyphénols a été inférieure à celle (316,17±0,47 mg/100 g) des cultivars (Banapka) de banane plantain des études de Maniga (2015).

Concernant les flavonoïdes les teneurs ont oscillé de 24,15 à 32,07 mgEQ/100 g de MS. Le taux de flavonoïdes serait lié à la nature du végétal utilisé. Également, l'exposition à la lumière

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

pourrait avoir un effet considérable sur la plupart des flavonoïdes. La valeur la plus élevée en flavonoïdes est supérieure à celle ( $8,34 \pm 0,06$  mg/100 g) déterminée dans les graines de haricot par Mahan (2017). Cette valeur est aussi inférieure à celle ( $261,80 \pm 0,90$  mg/100 g) obtenue dans le cultivar (Banaboi) de banane plantain (Maniga, 2015).

Il y a eu variation en teneur de caroténoïdes de 47,09 à 101,22 mg/100g de MS. La diminution du taux de caroténoïdes dans les fruits serait liée à l'exposition au soleil (Koffi (2022)). Ceci pourrait expliquer les faibles valeurs de caroténoïdes enregistrées au niveau des farines obtenues après le séchage au soleil des tubercules de patate douce. La teneur élevée de caroténoïdes est supérieure à celle ( $91,50 \pm 0,64$  mg/100 g) déterminée dans la pulpe de papaye à l'état vert par Koffi (2022).

La teneur en acide gallique a fluctué de 1 à 2,94 mg/100g de MS. Ces variations d'acide gallique dépendraient de la nature du végétal. L'acide gallique serait beaucoup présent dans la peau de la patate douce et pourrait être réduit par le mode de traitement. C'est un composé phénolique qui posséderait des propriétés antioxydantes. Il contribuerait à protéger les cellules contre les dommages oxydatifs et pourrait également inhiber la croissance de certaines bactéries et champignons. La valeur observée d'acide gallique est inférieure à celle ( $111,43 \pm 0,25$  mg /100 g) obtenue dans le cultivar (Banaboi) de banane plantain des travaux de Maniga (2015).

La teneur en acide glutamique a oscillé 38,10 à 64,80 mg/100g de MS. Les variations d'acide gallique seraient liées aux conditions de culture de la patate douce. Par ailleurs, la teneur la plus élevée en acide glutamique ( $64,80 \pm 0,02$  mg/100 g) est inférieure à la teneur en acide glutamique ( $318,3 \pm 0,9$  mg/100 g) dans le cultivar Banaboi de banane plantain des études de Maniga (2015). Cette valeur est supérieure à la teneur en acide glutamique ( $14,16 \pm 0,03$  mg /100 g) dans les graines de papaye solo au stade vert des travaux de Koffi (2022).

Au niveau de la composition d'acide aminés les taux de lysine ont montré une variation de lysine de 41,32 à 58 mg/100g de MS dans la farine. Cette variation pourrait être lié au mode de séchage et à la nature des patates. La lysine est un acide aminé essentiel, faisant partie des 20 éléments constitutifs des protéines. Le corps humain ne peut pas synthétiser la lysine, il est donc essentiel de l'obtenir par l'alimentation. La lysine favorise la synthèse des protéines et réduit leur dégradation, préservant ainsi la masse musculaire et la force. Les teneurs élevées en lysine ( $42,93 \pm$  mg/100 g) et en arginine ( $83,71 \pm 0,01$  mg/100 g) sont inférieures respectivement aux taux de lysine ( $247,3 \pm 0,7$  mg /100 g) et d'arginine ( $219,7 \pm 0,7$  mg /100 g) signalés dans le cultivar (Banaboi) de banane plantain dans les études de Maniga (2015).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

La teneur en arginine a oscillé de 80,16 à 83,71 mg/100 g de MS. Cette oscillation dépendrait du mode de séchage. La valeur de l'arginine est supérieure à la teneur ( $14,15 \pm 0,02$  mg/100 g) enregistrée dans l'épicarpe de papaye solo à l'état vert (Koffi, 2022).

Concernant les teneurs en cendres des farines de patate, les teneurs ont fluctué de 390,01 à 1210,11 mg/100g de MS. Cette fluctuation pourrait avoir une liaison avec le mode de séchage. Cette différence pourrait provenir de la variété de patate utilisée. En effet, les variétés n'ont pas les mêmes teneurs en sels minéraux (IITA, 1982). Elle pourrait être également liée aux conditions agricoles de productions de la patate (type de sol et nature des fertilisants). La teneur en cendres rend compte de la quantité relative d'éléments minéraux dans la farine des tubercules car après calcination d'un produit alimentaire, toute la fraction organique disparaît. La teneur la plus élevée est proche de la teneur en cendres (1020 mg/100 g) de la farine d'ignames (Soro, 2020). Les taux de cendres obtenus au niveau des différentes farines sont très inférieurs aux valeurs rapportées par Banhoro (2011) (3400 mg/100 g) dans la farine de patate douce.

Les teneurs en calcium de la farine issue du séchage solaire ont varié de 20,45 à 104,8 mg/100g de MS dans les farines. La valeur élevée du calcium est obtenue pour la variété JO. Ces différences pourraient être liées aux différents sols sur lequel les patates douces ont été cultivées. La valeur minimale ( $20,45 \pm 0,02$  mg/100 g) est proche de la teneur de 21 mg/100 g rapportée par NEPA (2006) dans la variété blanche de la patate douce. La valeur maximale ( $104,87 \pm 0,01$  mg/100 g) est supérieure à la teneur de 30 mg/100 g obtenue par de Soares *et al.* (2002) dans la patate douce.

Les teneurs en phosphore des farines obtenues par séchage solaire et à l'étuve à 45 °C ont varié de 13,61 à 100,31 mg/100 g de MS dans les farines de patate douce. La valeur la plus élevée de phosphore est obtenue pour la variété JO séchée au soleil. Cette différence peut être liée au type de tubercule et au mode de séchage. La teneur minimale de phosphore est inférieure à la valeur de 70 mg/100 g rapportée dans les études de Trèche (1989). La plus grande teneur en phosphore est supérieure à la valeur (70 mg/100 g) signalée dans les mêmes travaux de Trèche (1989) sur la farine de patates douces.

Les teneurs en magnésium ont varié de 103,3 à 647,44 mg/100g de MS dans les farines de patates douces. La valeur élevée de magnésium est obtenue pour la variété JO séchée au soleil tandis qu'à l'étuve la valeur élevée est enregistrée par la variété JO. Le magnésium est un élément essentiel pour l'organisme, exigé en quantité relativement importante comparé aux autres minéraux du fait qu'il joue un rôle crucial dans la structure du squelette et des muscles. La teneur minimale en magnésium de la farine issue du séchage à l'étuve est similaire à la valeur de magnésium  $43,80 \pm 0,2$  mg/100 g obtenue dans le cultivar N'gletia de banane plantain

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

de Maniga (2015). Cette teneur est supérieure à 10 mg/100 g signalée dans les travaux de Ndangui (2018) sur la farine des tubercules de patate douce.

Les teneurs en potassium partent de 103,3 à 2243,3 mg/100 g de MS dans les farines. La variation serait due au mode de séchage ou aux variétés de patate douce. La valeur élevée a été obtenue pour la variété JO. Cependant, pour la farine issue du séchage à l'étuve, la valeur élevée du potassium est enregistrée par la variété VB. Ces teneurs sont inférieures à celles variant entre 942,6 et 2243,3 mg/100 g enregistrée dans les travaux de Solomo *et al.* (2016).

Après séchage solaire et à l'étuve à 45 °C des tubercules de patates douces, les teneurs en sodium ont varié de 23,04 à 109,84 mg /100 g de MS dans les farines selon les deux modes de séchage. L'importance nutritionnelle du potassium, sodium, magnésium et du calcium réside aussi dans les pompes à sodium-potassium ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) et à magnésium-calcium ( $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ) qui interviennent dans le transport actif des molécules (glucose, urée, acide gras) à travers la membrane cellulaire (Konan, 2015). La valeur élevée de sodium est obtenue pour la variété JO et le plus faible taux est celui de la variété BB. La valeur minimale est proche de la teneur de sodium ( $26,95 \pm 1,34$  mg/100 g) des travaux de Koffi (2022) sur la pulpe de la papaye solo. Les teneurs de la présente étude, sont supérieures aux valeurs de Sodium (4,4 mg/100 g à 14,4 mg/100 g) signalées dans les travaux de Solomo *et al.* (2016).

Les teneurs en manganèse ont varié de 143,01 à 1095,34 mg /100g de MS dans les farines. Ces variations seraient liées à l'origine de la patate douce mais aussi au mode de séchage. La valeur élevée du manganèse obtenue pour la variété JO ( $1095,34 \pm 0,11$  mg/100 g) est supérieure à celle ( $4,58 \pm 0,41$  mg/100 g) de la pulpe de papaye Solo au stade vert des travaux de Koffi (2022).

Les teneurs en zinc ont fluctué de 36,22 à 103,5 mg/100g de MS dans les farines. Les variations seraient liées au mode de séchage, à la variété, à l'origine (sol) de la patate. Le zinc est si important pour le fonctionnement de l'organisme que son déficit pose de véritables problèmes de santé publique. Il intervient dans le métabolisme des protéines nécessaires au développement fœtal pendant la grossesse (El Sohaimy *et al.*, 2015). La valeur élevée de zinc est obtenue pour la variété JO. Les teneurs de cette étude sont supérieures à celle variant entre 1,0 mg/100 g et 4,4 mg/100 g (Solomo *et al.*, 2016) sur la patate douce.

Il y a eu des différences en termes de teneur en fer dans les farines de 28,93 à 104,6 mg/100 g de MS. Ces variations pourraient être liées à la provenance des patates (sols). Le fer est si important pour le fonctionnement de l'organisme que son déficit pose de véritables problèmes de santé publique. En effet, le fer est un oligoélément essentiel dans le fonctionnement normal du système nerveux central et dans l'oxydation des hydrates de carbone, des protéines et des lipides. Les teneurs les plus élevées en fer sont celles de la variété JO. Ces différentes valeurs

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

sont supérieures de 0,4 mg/100 g obtenues dans les travaux de NEPA (2006) sur la farine de la patate douce.

Concernant les teneurs en cuivre, elles ont varié de 14 à 132,5 mg /100 g de MS dans les farines. Les variations seraient liées aux sols sur lesquels elles ont été cultivées. Le cuivre est un cofacteur nécessaire dans la neutralisation des radicaux libres. Il participe à la synthèse et l'entretien de la myéline d'andras (El Sohaimy *et al.*, 2015). La valeur élevée de cuivre est obtenue pour la variété JO. Solomo *et al.* (2016) travaillant sur les farines de tubercules ont obtenu des valeurs (37,78 mg/100 g - 87,5 mg/100 g) comprises entre celles enregistrées dans la présente étude. Des valeurs plus faibles (0,11 mg/100 g) ont été rapportées par NEPA (2006) qui travaillait sur la farine de patate douce.

Les teneurs en vitamine B<sub>1</sub> ont varié de 30 à 42,69 mg /100 g de MS dans les farines. Ces oscillations de teneur pourraient être liées au mode de séchage, à la nature du sol et au climat. La thiamine intervient dans les réactions de décarboxylation oxydative des céto-acides et de transcétolisation (OMS / FAO, 2004) et son manque peut causer l'asthénie, l'anorexie, des vomissements et surtout le Bériberi (Mc Cormiick, 1989). La teneur élevée en vitamine B<sub>1</sub> de la patate douce est supérieure à celle de 0,038±0,05 mg/100 g du cultivar Banablé de banane plantain (Maniga, 2015). Les teneurs en vitamine B<sub>3</sub> ont varié. Cette fluctuation serait liée à l'origine et au mode de séchage des patates. La teneur la plus élevée en vitamine B<sub>3</sub> est inférieure à la valeur de 0,77±0,03 mg/100 g obtenue dans la farine du cultivar Banablé de banane plantain (Maniga, 2015).

Les valeurs de la vitamine C dans les farines sont faibles dans l'ensemble (de 0,03 à 0,62 mg /100 g de MS). Ces faibles teneurs pourraient être liée à la dégradation de la vitamine C en contact de l'air et au mode de séchage. En effet la vitamine C étant thermolabile a été à majorité détruite par le séchage. Elle est un composé hydrosoluble et instable. Sa dégradation dépend de plusieurs facteurs comme l'oxygène, la température et la durée de stockage (Burdurlu *et al.*, 2006). L'acide ascorbique est un cofacteur essentiel dans diverses réactions biologiques et un antioxydant, en phase aqueuses (Naziroglu & Butterworth, 2005). Sa consommation pourrait présenter un avantage pour les diabétiques. Le taux le plus élevé de vitamine C de la présente étude est inférieur à celui (20,01±0,14 mg/100 g) du cultivar Banablé de banane plantain des études de Maniga (2015).

Les teneurs en tanins sont faibles dans l'ensemble (de 0,11 à 0,28 mg /100 g de MS). Cela pourrait s'expliquer par le fait que la teneur en tanin des farines de patates douces dépend de la partie du végétal ayant été utilisé pour faire la farine. La faible teneur en tanin est un avantage de la consommation de la farine de la patate douce. Les tanins sont des polyphénols peu

toxiques qui ne sont efficaces qu'à forte dose : en se liant aux protéines, ils pourraient en diminuer la digestibilité. La présence de ces composés antinutritionnels dans les tubercules de patate ne semble pas être une contrainte à la consommation humaine. En effet, ils sont significativement éliminés au cours des manipulations qui précèdent la consommation. Ainsi, selon Shajeela *et al.* (2011), les tanins, l'acide cyanhydrique et l'acide oxalique peuvent être significativement éliminés par le simple trempage qui précède l'étape de cuisson avant consommation. Par ailleurs ces valeurs sont inférieures à celles ( $3,48 \pm 0,14$  mg/100 g) des travaux de Maniga (2015) sur le cultivar afoto de banane plantain.

Concernant les oxalates leurs teneurs ont varié de 0,31 à 5,70 mg/100 g de MS et elles ont été faibles dans l'ensemble. Ces faibles teneurs pourraient s'expliquer par le fait que l'oxalate s'associe facilement aux métaux alcalino-ferreux pour former des sels insolubles au cours de la digestion, d'où son inefficacité nutritionnelle. En se liant à ces minéraux, l'oxalate provoque ainsi une légère baisse de la charge minérale (Navarra, 2017). La valeur la plus élevée en oxalates pour la variété VB de la présente étude est inférieure à 8,33 mg/100 g enregistrée dans les tubercules de patates douces (Sahoré, 2010).

### **2.4. Conclusion partielle**

Ce travail a été entrepris dans le but de caractériser la farine de trois différentes variétés (BB, VB et JO) de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45 °C. À l'issue de cette étude, les résultats ont indiqué que la patate douce à peau blanche et à chair blanche (BB) se distingue pour sa richesse en polyphénols notamment en flavonoïdes, en lysine et en arginine. Cette même variété est pauvre en facteurs antinutritionnels à savoir les tanins et les phytates. Le séchage à l'étuve à 45 °C préserve mieux les nutriments que le séchage solaire. La variété BB aurait un avantage pour réduire le taux de sucre dans le sang.

### Chapitre 3 : Détermination des propriétés biochimiques et potentialités nutritionnelles des farines de la variété peau blanche et chair blanche (BB) de patate douce enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

#### 3.1. Introduction

La farine de la variété de patate douce séchée à l'étuve à 45 °C a été combinée à la poudre de feuille de *Moringa* obtenue par broyage des feuilles séchées pour des formulations. Ces formulations ont été caractérisées pour mettre en évidence les potentialités nutritionnelles et thérapeutiques de la farine de patate douce enrichie à la poudre de feuille de *Moringa*.

#### 3.2. Résultats

Les traitements statistiques de l'ensemble des paramètres ont montré une différence significative au test de Tukey au seuil de 5 %.

##### 3.2.1. Teneur en macronutriments des farines enrichies en poudre de feuilles de *Moringa* et leurs valeurs énergétiques.

La teneur en protéines ( $245223,33 \pm 0,17$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à la teneur en protéines ( $5972,30 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en protéines des formulations a oscillé globalement de  $6193,30 \pm 2,52$  mg/100 g à  $8010,01 \pm 2,65$  mg/100 g. BBPM20 ( $8010,01 \pm 2,65$  mg/100 g) est la formulation la plus pourvue en protéines alors que BBPM5 ( $6193,30 \pm 2,52$  mg/100 g) en est la plus dépourvue. Elle a augmenté significativement ( $P < 0,05$ ) avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en lipides ( $1063,33 \pm 0,08$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à la teneur en lipides ( $562,10 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en lipides des formulations a évolué généralement de  $656,60 \pm 2,08$  mg/100 g à  $1006,60 \pm 1,53$  mg /100 g. BBPM20 ( $1006,60 \pm 1,53$  mg/100 g) contient plus de lipides que BBPM5 ( $656,60 \pm 2,08$  mg/100 g). Elle a augmenté significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en sucres réducteurs ( $16,66 \pm 5,70$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à la teneur en sucres réducteurs ( $1060,30 \pm 0,05$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en sucres réducteurs des formulations part dans l'ensemble de  $196,66 \pm 11,55$  mg/100 g à  $900,00 \pm 10,00$  mg/100 g. BBPM5 ( $900,00 \pm 10,00$  mg /100 g) est la formulation la plus riche en sucres réducteurs tandis que BBPM20 ( $196,66 \pm 11,55$  mg/100 g). Elle a diminué progressivement avec l'incorporation de quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

La teneur en sucres totaux ( $63,33 \pm 5,70$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à la teneur en sucres totaux ( $2990,12 \pm 0,10$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en sucres totaux des formulations a fluctué en général de  $730,00 \pm 10,00$  mg/100 g à  $2000,00 \pm 10,00$  mg/100 g. BBPM5 ( $2000,00 \pm 10,00$  mg/100 g) a été pourvue en sucre totaux que BBPM20 ( $730,00 \pm 10,00$  mg/100 g). Elle a baissé significativement avec l'incorporation de quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur des fibres ( $140,6 \pm 0,4$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à la teneur en fibre ( $1300 \pm 0,01$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en fibres des formulations a évolué de façon générale de  $1300,0 \pm 10,00$  mg/100 g à  $1466,6 \pm 5,77$  mg / 100 g. BBPM20 ( $1466,6 \pm 5,77$  mg/100 g) contient plus de fibres que BBPM5 ( $1300,0 \pm 10,00$  mg/100 g). Elle a augmenté significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur des glucides ( $62350 \pm 0,14$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à la teneur en glucides ( $91360 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). En outre, la teneur en glucides totaux des différentes formulations a varié généralement de  $87690 \pm 0,02$  mg/100 g à  $90834 \pm 0,03$  mg/100 g. BBPM5 ( $90834 \pm 0,03$  mg/100 g) est la formulation la plus riche en glucides totaux tandis que BBPM20 ( $87690 \pm 0,02$  mg/100 g). Elle a diminué progressivement et significativement avec l'incorporation de quantité croissante de poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La valeur énergétique ( $291,29 \pm 0,10$  Kcal/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à la valeur énergétique ( $345,40 \pm 0,16$  Kcal/100 g) de la farine de patates douces (BB). Cette valeur énergétique a évolué dans l'ensemble des formulations de  $340,96 \pm 0,04$  Kcal/100 g à  $344,80 \pm 0,19$  Kcal/100 g. BBPM5 ( $344,80 \pm 0,19$  Kcal/100 g) a fourni plus d'énergie tandis que BBPM20 ( $340,96 \pm 0,04$  Kcal/100 g) e. Elle a diminué progressivement et significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

En clair, cette étude a permis de voir que BBPM20 et BBPM15 sont plus riches en protéines, lipides, cendres et fibres avec une forte proportion pour BBPM20. Quant aux sucres réducteurs, sucres totaux, glucides et la valeur énergétique, ils ont été plus importants dans BBPM5 et BBPM10 avec une forte présence dans BBPM5 (Tableau XIX).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XIX: Teneur en macronutriments des farines formulées et leurs valeurs énergétiques

Farines	Protéines (mg/100 g)	Lipides (mg/100 g)	Sucres réducteurs (mg/100 g)	Sucres totaux (mg/100 g)	Fibres (mg/100 g)	Glucide (mg/100 g)	VE (kcal/100 g)
BB	5972,30 <sup>c</sup> ± 0,03	562,1 <sup>f</sup> ± 0,02	1060,23 <sup>c</sup> ± 0,05	2990,12 <sup>a</sup> ± 0,10	1300,0 <sup>ab</sup> ± 0,01	91360,00 <sup>a</sup> ± 0,03	345,40 <sup>a</sup> ± 0,16
PFM	24523,33 <sup>a</sup> ± 0,17	1063,33 <sup>a</sup> ± 0,08	16,66 ± 5,70	63,33 <sup>c</sup> ± 5,7	140,6 <sup>c</sup> ± 0,4	62350 <sup>f</sup> ± 0,14	291,29 <sup>f</sup> ± 0,10
BBPM5	6193,30 <sup>d</sup> ± 2,52	656,6 <sup>c</sup> ± 2,08	900,00 ± 10,00 <sup>a</sup>	2000,00 <sup>b</sup> ± 10,00	1300,0 <sup>ab</sup> ± 10,00	90834 <sup>b</sup> ± 0,03	344,80 <sup>b</sup> ± 0,19
BBPM10	6990,10 <sup>d</sup> ± 2,00	750,0 <sup>d</sup> ± 1,00	516,66 ± 20,82 <sup>b</sup>	1823,33 <sup>c</sup> ± 20,82	1300,0 <sup>ab</sup> ± 10,00	89620 <sup>c</sup> ± 0,06	343,27 <sup>c</sup> ± 0,08
BBPM15	7180,00 <sup>c</sup> ± 2,65	913,3 <sup>c</sup> ± 0,58	286,66 ± 15,28 <sup>c</sup>	1059,00 <sup>d</sup> ± 47,47	1466,6 <sup>a</sup> ± 5,77	88850 <sup>d</sup> ± 0,05	342,33 <sup>d</sup> ± 0,11
BBPM20	8010,01 <sup>b</sup> ± 2,65	1006,6 <sup>b</sup> ± 1,53	196,66 ± 11,55 <sup>d</sup>	730,00 <sup>d</sup> ± 10,00	1400,0 <sup>a</sup> ± 0,00	87690 <sup>e</sup> ± 0,02	340,96 <sup>e</sup> ± 0,04

*a, b, c, d et f : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) (test de Tukey).*

*BB : Patate à peau blanche et à chair blanche ; PFM : Poudre de feuille de Moringa ; BBPM5 : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de Moringa.*

### 3.2.2. Composition phytochimique des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

La teneur en tanins ( $2,9 \pm 0,12$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0,21 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en tanins a varié en général dans les formulations de  $0,20 \pm 0,01$  mgEAT/100 g à  $0,53 \pm 0,02$  mgEAT/100 g. BBPM10 ( $0,53 \pm 0,02$  mgEAT/100 g) a été plus riche en tanins que BBPM15 ( $0,20 \pm 0,01$  mgEAT/100 g). Elle est restée constante avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en coumarine ( $14,60 \pm 0,23$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0 \pm 0,00$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB).

La teneur en coumarine a fluctué en général dans les formulations de façon générale de  $0,00 \pm 0,00$  mg/100 g à  $2,85 \pm 0,02$  mg/100 g. BBPM5 ( $2,85 \pm 0,02$  mg/100 g) a été pourvue en coumarines à la fois que BBPM10 et BBPM20 ( $0,00 \pm 0,00$  mg/100 g). Elle est restée constante avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en acide gallique ( $5,72 \pm 1,02$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle de la farine de patates douces (BB) ( $2,94 \pm 0,02$  mg/100 g). La teneur en acide gallique dans les formulations a oscillé de façon générale dans l'ensemble des formulations de  $2,51 \pm 0,00$  mg/100 g à  $8,72 \pm 0,02$  mg/100 g. BBPM20 ( $8,72 \pm 0,02$  mg/100 g) a été la plus pourvue en acide gallique que BBPM5 ( $2,51 \pm 0,00$  mg/100 g). Elle a augmenté progressivement et significativement avec l'incorporation croissante de poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce. La teneur en cinnamate de sodium ( $10,22 \pm 0,11$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0 \pm 0,00$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). Concernant la teneur en cinnamate de sodium, elle a varié en général dans les formulations de  $0,00 \pm 0,00$  mg/100 g à  $2,68 \pm 0,02$  mg/100 g. BBPM5 ( $2,68 \pm 0,02$  mg/100 g) contient plus ce composé qu'à la fois que BBPM10 et BBPM20. Elle est restée constante avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur les catéchines ( $30,42 \pm 0,64$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0 \pm 0,00$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en les catéchines dans les formulations a évolué de façon générale dans l'ensemble des formulations de  $0,00 \pm 0,00$  mg/100 g à  $24,11 \pm 0,05$  mg/100 g. BBPM5 ( $24,11 \pm 0,05$  mg/100 g) contient plus ceux-ci qu'à la fois BBPM10 et BBPM20. Elle n'a pas augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

La teneur en polyphénols ( $130,11 \pm 0,04$  mgEAG/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle de la farine de patates douces (BB) ( $79,15 \pm 0,19$  mgEAG/100 g). Au niveau des formulations, la teneur part généralement de  $60,51 \pm 0,01$  mgEAG/100 g à  $83,13 \pm 0,02$  mgEAG/100 g. BBPM20 ( $83,13 \pm 0,02$  mgEAG/100 g) contient plus de polyphénols que BBPM5 ( $60,51 \pm 0,01$  mgEAG /100 g). Elle a augmenté progressivement et significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur des flavonoïdes ( $82,33 \pm 0,30$  mgEAG/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle de la farine de patates douces à peau blanche et à chair blanche ( $38,90 \pm 0,20$  mgEAG/100 g).

Tout comme la teneur en polyphénols dans l'ensemble des formulations, celle des flavonoïdes a évolué globalement de  $28,69 \pm 0,02$  mgEQ/100 g à  $33,18 \pm 0,01$  mgEQ/100 g. BBPM20 ( $33,18 \pm 0,01$  mgEQ/100 g) renferme plus de flavonoïdes que BBPM5 ( $28,69 \pm 0,02$  mgEQ /100 g). Elle a augmenté significativement ( $P < 0,05$ ) avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en caroténoïdes ( $40,12 \pm 0,15$  mgEAG/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à celle ( $50,10 \pm 0,02$  mgEAG/100 g) de la farine de patates douces (BB). À propos des caroténoïdes dans les formulations, la teneur a oscillé entre  $50,59 \pm 0,01$  mg/100 g et  $56,99 \pm 0,09$  mg/100 g. BBPM20 ( $56,99 \pm 0,09$  mg/100 g) contenait plus de caroténoïdes que BBPM5 ( $50,59 \pm 0,01$  mg/100 g). Elle a évolué significativement avec l'ajout progressif de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

En somme, La poudre de feuilles de *Moringa* a une teneur en composés phytochimiques supérieure à celle de la farine de patate douce à l'exception des caroténoïdes. BBPM5 contient plus de coumarines, cinnamate de sodium et catéchines que les autres formulations. Tandis que BBPM20 et BBPM15 ont été plus riches en acide gallique, polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes avec une proportion un peu plus importante dans BBPM20. Enfin, BBPM10 a été plus riche en tanins.

(Tableau XX).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XX: Composition phytochimique des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

Farines	Tanin (mgEAT/100g)	Coumarine (mg/100g)	Acide gallique (mg/100g)	Cinnamate sodium (mg/100g)	Catéchine (mg/100g)	Polyphénols (mgEAG/100g)	Flavonoïdes (mgEQ/100g)	Caroténoïde (mg/100g)
BB	0,21 <sup>d</sup> ± 0,03	0 <sup>d</sup> ± 0,00	2,94 <sup>d</sup> ± 0,02	0 <sup>d</sup> ± 0,00	0 <sup>d</sup> ± 0,00	79,15 <sup>c</sup> ± 0,19	38,90 <sup>b</sup> ± 0,20	50,10 <sup>d</sup> ± 0,02
PFM	2,9 <sup>a</sup> ± 0,12	14,60 <sup>a</sup> ± 0,23	5,72 <sup>c</sup> ± 1,02	10,22 <sup>a</sup> ± 0,11	30,42 <sup>a</sup> ± 0,64	130,11 <sup>a</sup> ± 0,04	82,33 <sup>a</sup> ± 0,30	40,12 <sup>c</sup> ± 0,15
BBPM5	0,32 <sup>c</sup> ± 0,02	2,85 <sup>b</sup> ± 0,02	2,51 <sup>s</sup> ± 0,00	2,68 <sup>b</sup> ± 0,01	24,11 <sup>b</sup> ± 0,03	60,51 <sup>c</sup> ± 0,01	28,69 <sup>d</sup> ± 0,02	50,59 <sup>d</sup> ± 0,03
BBPM10	0,53 <sup>b</sup> ± 0,02	0 <sup>d</sup> ± 0,00	4,92 <sup>d</sup> ± 0,02	0 <sup>d</sup> ± 0,00	0 <sup>d</sup> ± 0,00	70,05 <sup>d</sup> ± 0,02	30,09 <sup>c</sup> ± 0,01	51,46 <sup>c</sup> ± 0,03
BBPM15	0,20 <sup>d</sup> ± 0,01	0,59 <sup>c</sup> ± 0,01	8,01 <sup>b</sup> ± 0,01	1,19 <sup>c</sup> ± 0,02	0,13 <sup>c</sup> ± 0,02	77,18 <sup>c</sup> ± 0,03	32,21 <sup>c</sup> ± 0,02	54,25 <sup>b</sup> ± 0,02
BBPM20	0,21 <sup>d</sup> ± 0,01	0 <sup>d</sup> ± 0,00	8,72 <sup>a</sup> ± 0,02	0 <sup>d</sup> ± 0,00	0 <sup>d</sup> ± 0,00	83,13 <sup>b</sup> ± 0,02	33,18 <sup>c</sup> ± 0,01	56,99 <sup>a</sup> ± 0,09

*a, b, c, d et f* : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) (test de Tukey).

. BB : Patate à peau blanche et à chair blanche ; PFM : Poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM5 : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM10 : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM15 : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM20 : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*.

### 3.2.3. Profil en acides aminés des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

La teneur en sérine ( $370,00 \pm 0,02$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $51,43 \pm 0,01$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). À propos des formulations, la teneur a oscillé généralement de  $51,50 \pm 0,00$  mg/100 g à  $62,11 \pm 0,02$  mg/100 g. BBPM20 a été plus riche en sérine que BBPM5. Elle a augmenté significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en leucine ( $2050,00 \pm 0,41$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $31,40 \pm 0,01$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en leucine dans les formulations a varié globalement de  $28,41 \pm 0,02$  mg/100 g à  $31,76 \pm 0,01$  mg/100 g. BBPM20 contient plus de leucine que BBPM5 est plus pauvre. Elle a augmenté significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en acide glutamique ( $2470,00 \pm 0,33$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $64,80 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB).

La teneur en acide glutamique dans l'ensemble des formulations part de  $74,00 \pm 0,02$  mg/100 g à  $764,00 \pm 0,02$  mg/100 g. La formulation BBPM20 a été pourvue en acide glutamique au contrairement à BBPM5. Elle a augmenté significativement ( $P < 0,05$ ) avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en alanine ( $1260,00 \pm 0,21$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $16,35 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB).

La teneur en alanine a évolué en général dans les formulations de  $118,26 \pm 0,01$  mg/100 g à  $955,70 \pm 0,01$  mg/100 g. La formulation BBPM20 a été plus riche en alanine en opposition à BBPM5. La teneur en alanine n'a pas évolué avec l'incorporation de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en lysine ( $960,00 \pm 0,02$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $42,93 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). Concernant la teneur en lysine, elle a varié de manière générale dans toutes les formulations de  $269,00 \pm 0,01$  mg/100 g à  $1910,0 \pm 0,01$  mg/100 g. BBPM20 renferme plus de lysine que BBPM5. La teneur en lysine n'a pas augmenté avec l'incorporation de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en arginine ( $1600,00 \pm 0,02$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $83,71 \pm 0,01$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

arginine des formulations a varié de façon générale de  $24,90 \pm 0,12$  mg/100 g à  $74,91 \pm 0,02$  mg/100 g dans toutes les formulations. La formulation BBPM20 a été plus riche en arginine que BBPM5. La teneur en arginine a augmenté significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

En résumé, La poudre de feuilles de *Moringa* a une teneur en acides aminés supérieure à celle de la farine de patate douce. BBPM20 et BBPM15 renferment, plus d'acides aminés tels que : la sérine, l'acide glutamique, la leucine et l'arginine. Cependant la proportion en sérine et acide glutamique a été plus importante dans BBPM20 que BBPM15. Quant à la leucine et l'arginine, leur taux est sensiblement la même dans les deux formulations. Au niveau de toujours BBPM20, il y a aussi une présence importante de l'alanine. En ce qui concerne la lysine, elle a été en forte proportion présente à la fois dans BBPM10 et BBPM20 avec une importance non négligeable dans BBPM10 (Tableau XXI).

Tableau XXI: Teneurs en acides aminés des farines de patate douce enrichies en poudre de *Moringa*

Farines enrichies	Sérine mg/100g	Acide glutamique mg/100g	Alanine mg/100g	Lysine mg/100g	Leucine mg/100g	Arginine mg/100g
BB	$51,43^c \pm 0,01$	$64,80^f \pm 0,02$	$16,35^f \pm 0,02$	$42,93^d \pm 0,02$	$31,40^b \pm 0,01$	$83,71^b \pm 0,01$
PFM	$370^a \pm 0,02$	$2470^a \pm 0,35$	$1260^a \pm 0,21$	$960^b \pm 0,02$	$2050^a \pm 0,41$	$1600^a \pm 0,02$
BBPM5	$51,50^c \pm 0,00$	$74,00^c \pm 0,02$	$118,26^c \pm 0,01$	$908,80^b \pm 0,02$	$29,26^b \pm 0,01$	$24,90^c \pm 0,12$
BBPM10	$52,61^c \pm 0,31$	$207,00^d \pm 0,01$	$433,00^c \pm 0,01$	$1936,2^a \pm 0,02$	$28,41^b \pm 0,02$	$27,90^c \pm 0,02$
BBPM15	$54,24^c \pm 0,01$	$439,00^c \pm 0,02$	$171,20^d \pm 0,02$	$269,00^c \pm 0,01$	$31,13^b \pm 0,01$	$74,90^b \pm 0,12$
BBPM20	$62,11^b \pm 0,02$	$764,00^b \pm 0,02$	$955,70^b \pm 0,01$	$1910,00^a \pm 0,01$	$31,76^b \pm 0,01$	$74,91^b \pm 0,02$

*a, b, c, d et f* : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) (test de Tukey)..

BB : Patate à peau blanche et à chair blanche ; PFM : Poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM5 : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM10 : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM15 : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM20 : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*.

### 3.2.4. Teneurs en cendres et éléments minéraux des farines formulées à base de patate douce et *Moringa*.

La teneur en cendres ( $11933,46 \pm 4,14$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $810,23 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en cendres a varié de manière générale dans les formulations de  $1026,66 \pm 4,04$  mg/100 g à  $1906,66 \pm 3,01$  mg/100 g. La formulation BBPM20 ( $1906,66 \pm 3,01$  mg/100 g) est la plus riche

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

en cendres tandis que BBPM5 ( $1026,66 \pm 4,04$  mg/100 g) en est la plus pauvre. Elle a augmenté progressivement et significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce. (Figure 17)

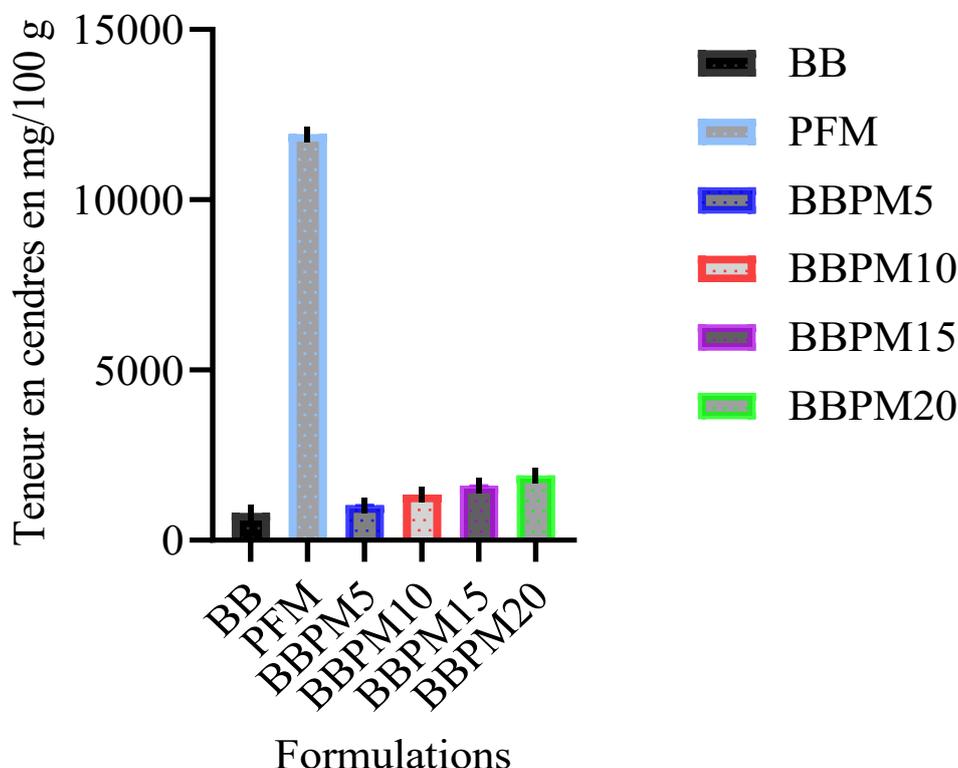


Figure 17 : Teneur en cendres en fonction des formulations

*BB* : Patate à peau blanche et à chair blanche ; *PFM* : Poudre de feuilles de *Moringa* ; *BBPM5* : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM10* : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM15* : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM20* : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*.

La teneur en calcium ( $842,66 \pm 0,11$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (*PFM*) est supérieure à celle ( $52,90 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (*BB*) (Tableau XXII). La teneur en calcium des farines formulées a varié en générale de  $412,12 \pm 0,01$  mg/100 g à  $910,26 \pm 0,02$  mg/100 g. Toutefois, la formulation *BBPM20* ( $910,26 \pm 0,02$  mg/100 g) est la plus riche en calcium tandis que *BBPM5* ( $412,12 \pm 0,01$  mg/100 g) en est la plus pauvre. Il est aussi remarqué que la teneur en calcium des formulations a augmenté progressivement et significativement avec l'incorporation d'une quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

La teneur en phosphore ( $579,48 \pm 0,2$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $24,0 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII). Dans toutes les formulations, la teneur en phosphore a varié significativement ( $p < 0,05$ ) d'une formulation à l'autre en passant de  $203,12 \pm 0,01$  mg /100 g à  $1290,12 \pm 0,02$  mg/100 g. La formulation BBPM10 ( $1290,12 \pm 0,02$  mg/100 g) est la plus riche en phosphore tandis que BBPM5 ( $203,12 \pm 0,01$  mg / 100 g) en est la plus pauvre. Il est à constater que la teneur en phosphore n'a pas augmenté significativement avec l'ajout de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en magnésium ( $244,66 \pm 0,34$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $42,0 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII). Au niveau de la teneur en magnésium, une variation significative a été noté dans les formulations. En effet la teneur en magnésium a varié de  $104,53 \pm 0,03$  mg/100 g à  $460,34 \pm 0,02$  mg /100 g. La formulation BBPM20 ( $460,34 \pm 0,02$  mg/100 g) a enregistré la teneur la plus élevée en magnésium tandis que BBPM5 ( $104,53 \pm 0,03$  mg/100 g) est la formulation la plus pauvre en magnésium. En outre, la teneur en magnésium a augmenté avec l'incorporation d'une quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en potassium ( $664,45 \pm 0,12$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $103,30 \pm 0,12$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII). Pour la teneur en potassium, elle a varié dans les farines enrichies de  $175,40 \pm 0,02$  mg/100 g à  $1402,30 \pm 0,01$  mg /100 g. La teneur la plus élevée a été enregistrée par BBPM20 ( $1402,30 \pm 0,01$  mg/100 g) pendant que BBPM10 ( $175,40 \pm 0,02$  mg /100 g) a obtenu la plus faible valeur en potassium. Ainsi la teneur en potassium n'a pas augmenté avec l'incorporation de quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en sodium ( $552,12 \pm 3,5$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $23,04 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII). Concernant la teneur en sodium dans les formulations, elle a varié significativement d'une formulation à l'autre. Cette teneur a varié de  $204,50 \pm 0,02$  mg/100 g à  $862,0 \pm 0,02$  mg/100 g. La formulation BBPM15 ( $862,0 \pm 0,02$  mg/100 g) est la plus riche en potassium tandis que BBPM10 ( $204,50 \pm 0,02$  mg/100 g) en est la plus pauvre. Il est observé que la teneur en sodium n'a pas augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en manganèse ( $738,87 \pm 1,0$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $607,20 \pm 0,41$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Par ailleurs, la teneur en manganèse a oscillé de  $134,3 \pm 0,002$  mg/100 g à  $604,00 \pm 0,04$  mg/100 g dans toutes les formulations. BBPM15 ( $604,00 \pm 0,04$  mg/100 g) est la formulation la plus riche en manganèse alors que BBPM20 ( $134,3 \pm 0,002$  mg/100 g) en est la plus pauvre. La teneur en manganèse n'a pas évolué avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en zinc ( $861,45 \pm 0,16$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $84,20 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII). Tout comme la teneur en manganèse dans les formulations, celle du zinc a varié significativement d'une formulation à l'autre. Elle a oscillé de  $72,05 \pm 0,02$  mg/100 g à  $740,74 \pm 0,02$  mg/100 g. La formulation BBPM20 ( $740,74 \pm 0,02$  mg/100 g) a donné la plus forte teneur en zinc alors que BBPM5 ( $72,05 \pm 0,02$  mg/100 g) a la plus faible valeur. La teneur en zinc a augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate.

La teneur en cuivre ( $103,60 \pm 0,01$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $63,10 \pm 0,32$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXII). Au niveau de la teneur en cuivre, elle a varié de  $49,54 \pm 0,02$  mg/100 g à  $141,83 \pm 0,02$  mg/100 g dans toutes les formulations. BBPM15 ( $141,83 \pm 0,02$  mg/100 g) a été la formulation la plus pourvue en cuivre tandis que la formulation BBPM5 ( $49,54 \pm 0,02$  mg /100 g) a été la moins. La teneur en cuivre n'a pas augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en fer ( $96,13 \pm 0,15$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $92,0 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). La teneur en fer a oscillé entre  $80,56 \pm 0,03$  mg/100 g et  $128,56 \pm 0,02$  mg/100 g dans les formulations. La teneur la plus élevée a été obtenue par BBPM20 ( $128,56 \pm 0,02$  mg/100 g) pendant que BBPM5 ( $80,56 \pm 0,03$  mg/100 g) est la formulation ayant la plus faible valeur. La teneur en fer a augmenté avec l'incorporation de quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce (Tableau XXII).

En somme, il est possible de dire que de façon générale que la poudre de feuilles de *Moringa* contient plus de minéraux que la farine de patate douce. Les formulations BBPM20 et BBPM15 ont été les plus pourvues en minéraux tels que : le calcium, le magnésium, le potassium, le zinc et le fer. En dehors des deux formulations, BBPM5 et BBPM10 ont été riches en phosphore et en cuivre avec une forte proportion respective pour BBPM10 et BBPM15. Quant au sodium, il a été abondant dans BBPM15 et BBPM5 avec une forte teneur dans BBPM15. Tandis que le manganèse a été plus présent dans BBPM15 que BBPM10.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXII: Teneur en éléments minéraux des farines de patates douces enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

Farines	Calcium (mg/100 g)	Phosphore (mg/100 g)	Magnésium (mg/100 g)	Potassium (mg/100 g)	Sodium (mg/100 g)	Manganèse (mg/100 g)	Zinc ( mg/100 g)	Cuivre (mg/100 g)	Fer (mg/100 g)
BB	52,9 <sup>f</sup> ± 0,02	24,00 <sup>f</sup> ± 0,03	42,00 <sup>d</sup> ± 0,02	103,30 <sup>f</sup> ± 0,12	23,04 <sup>f</sup> ± 0,02	607,20 <sup>b</sup> ± 0,41	84,2 <sup>c</sup> ± 0,02	63,10 <sup>c</sup> ± 0,32	92,00 <sup>c</sup> ± 0,02
PFM	842,66 <sup>b</sup> ± 0,11	579,48 <sup>c</sup> ± 0,2	244,66 <sup>b</sup> ± 0,34	664,45 <sup>c</sup> ± 0,12	552,12 <sup>c</sup> ± 3,5	738,87 <sup>a</sup> ± 1,0	861,45 <sup>a</sup> ± 0,16	103,60 <sup>b</sup> ± 0,01	96,13 <sup>c</sup> ± 0,15
BBPM5	412,12 <sup>c</sup> ± 0,01	203,12 <sup>c</sup> ± 0,01	104,53 <sup>c</sup> ± 0,03	423,00 <sup>d</sup> ± 0,03	626,00 <sup>b</sup> ± 0,02	234,50 <sup>d</sup> ± 0,03	72,05 <sup>c</sup> ± 0,02	49,54 <sup>d</sup> ± 0,02	80,56 <sup>d</sup> ± 0,03
BBPM10	573,32 <sup>d</sup> ± 0,03	1290,12 <sup>a</sup> ± 0,02	106,54 <sup>c</sup> ± 0,01	175,40 <sup>c</sup> ± 0,02	204,50 <sup>c</sup> ± 0,02	301,50 <sup>c</sup> ± 0,01	179,10 <sup>d</sup> ± 0,02	106,60 <sup>b</sup> ± 0,01	98,37 <sup>c</sup> ± 0,02
BBPM15	662,34 <sup>c</sup> ± 0,01	749,34 <sup>b</sup> ± 0,01	424,11 <sup>a</sup> ± 0,02	962,00 <sup>b</sup> ± 0,02	862,00 <sup>a</sup> ± 0,02	604,00 <sup>b</sup> ± 0,04	213,90 <sup>c</sup> ± 0,02	141,83 <sup>a</sup> ± 0,02	110,15 <sup>b</sup> ± 0,03
BBPM20	910,26 <sup>a</sup> ± 0,02	245,67 <sup>d</sup> ± 0,03	460,34 <sup>a</sup> ± 0,02	1402,30 <sup>a</sup> ± 0,01	412,30 <sup>d</sup> ± 0,02	134,30 <sup>c</sup> ± 0,02	740,74 <sup>b</sup> ± 0,02	60,04 <sup>c</sup> ± 0,01	128,56 <sup>a</sup> ± 0,02

*a, b, c, d et f* : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) (test de Tukey).

*BB* : Patate à peau blanche et à chair blanche ; *PFM* : Poudre de feuilles de *Moringa* ; *BBPM5* : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM10* : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM15* : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; *BBPM20* : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*.

### 3.2.5. Composition vitaminique des farines enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

La teneur en vitamine B<sub>1</sub> ( $180,77 \pm 0,17$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $32,76 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). La teneur en vitamine B<sub>1</sub> a oscillé dans les formulations de  $93,69 \pm 0,03$  mg/100 g à  $210,12 \pm 0,01$  mg/100 g. La formulation BBPM20 ( $210,12 \pm 0,01$  mg/100 g) est plus riche en vitamine B<sub>1</sub> que BBPM5 ( $93,69 \pm 0,03$  mg/100 g). Elle a augmenté et significativement avec l'incorporation de quantité croissante de poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine B<sub>2</sub> ( $62,45 \pm 1,22$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $21,02 \pm 0,10$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII).

Au niveau de la teneur en vitamine B<sub>2</sub>, elle a évolué entre  $20,14 \pm 0,06$  mg/100 g et  $50,41 \pm 0,02$  mg/100 g dans toutes les formulations. BBPM20 ( $50,41 \pm 0,02$  mg /100 g) a été plus pourvue en vitamine B<sub>2</sub> que BBPM5 ( $20,14 \pm 0,06$  mg /100 g). En outre, elle a augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine B<sub>3</sub> ( $40,23 \pm 0,21$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0,06 \pm 0,01$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). Concernant les formulations, la teneur en vitamine B<sub>3</sub> a évolué de  $3,12 \pm 0,02$  mg/100 g à  $10,23 \pm 0,10$  mg/100 g. La formulation BBPM20 ( $10,23 \pm 0,10$  mg/100 g) contient plus cette vitamine que BBPM5 ( $3,12 \pm 0,02$  mg /100 g). La teneur en vitamine B<sub>3</sub> est restée constante avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine B<sub>6</sub> ( $60,88 \pm 0,56$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $16,30 \pm 0,02$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). Pour la teneur en vitamine B<sub>6</sub>, une variation significative a été notée dans toutes les formulations. Elle a évolué de  $10,65 \pm 0,02$  mg/100 g à  $37,51 \pm 0,01$  mg/100 g. BBPM20 ( $37,51 \pm 0,01$  mg /100 g) renferme plus de vitamine B<sub>6</sub> contrairement à BBPM5 ( $10,65 \pm 0,02$  mg/100 g). Elle a augmenté significativement avec l'incorporation de quantité croissante de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine B<sub>8</sub> ( $90,46 \pm 0,15$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0,0 \pm 0,0$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). Tout comme la vitamine B<sub>6</sub> dans toutes les formulations, une variation significative a été notée au niveau de la teneur en vitamine B<sub>8</sub>. Elle a évolué de  $28,71 \pm 0,01$  mg/100 g à  $41,26 \pm 0,04$  mg/100 g. La farine formulée la plus riche est BBPM20 ( $41,26 \pm 0,04$  mg/100 g) en opposition

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

à BBPM5 ( $28,71 \pm 0,01$  mg/100 g). Elle a évolué significativement avec l'incorporation de quantité croissante de poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine B<sub>9</sub> ( $50,29 \pm 0,14$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $8,48 \pm 0,01$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). La teneur en vitamine B<sub>9</sub> a varié dans les formulations de  $19,00 \pm 0,11$  mg/100 g à  $30,71 \pm 0,01$  mg/100 g. Parmi les farines formulées, BBPM5 ( $30,71 \pm 0,01$  mg/100 g) est la plus riche en vitamine B<sub>9</sub> contrairement à BBPM15 ( $19,00 \pm 0,11$  mg/100 g). Elle n'a pas augmenté significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine C ( $30,12 \pm 0,11$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0,60 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). Pour la teneur en vitamine C des formulations, elle a oscillé de  $3,12 \pm 0,02$  mg/100 g à  $10,23 \pm 0,02$  mg/100 g. C'est BBPM20 ( $10,23 \pm 0,02$  mg/100 g) qui a été pourvue en vitamine C que BBPM5 ( $3,12 \pm 0,02$  mg/100 g). Elle n'a pas augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine B<sub>12</sub> ( $100,20 \pm 0,1$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $15,32 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB) (Tableau XXIII). Concernant la teneur en vitamine B<sub>12</sub> des formulations, elle part de  $20,00 \pm 0,01$  mg/100 g à  $50,41 \pm 0,02$  mg/100 g. BBPM20 ( $50,41 \pm 0,02$  mg/100 g) contient plus de vitamine B<sub>12</sub> que BBPM5 ( $20,00 \pm 0,01$  mg/100 g). Elle a augmenté significativement avec l'incorporation de quantité croissante de poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en vitamine E ( $202,15 \pm 0,78$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $72,40 \pm 0,04$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB).

Pour les farines formulées, la teneur en vitamine E a oscillé de  $110,65 \pm 0,02$  mg/100 g à  $137,51 \pm 0,01$  mg/100 g. BBPM20 ( $137,51 \pm 0,01$  mg/100 g) est plus riche en vitamine E que BBPM5 ( $110,65 \pm 0,02$  mg/100 g). La teneur en vitamine E a évoluée significativement avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

En définitive, la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) renferme plus de vitamines que la farine de patate douce (BB) (Tableau XXIII). Les formulations BBPM20 et BBPM15 contiennent plus de vitamines telles que : B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>12</sub> et E avec une forte teneur dans BBPM20. Dans cette dernière, tout comme dans BBPM10, il y a aussi présence des vitamines B et C avec toujours une forte proportion dans BBPM20. Quant à la vitamine B<sub>9</sub>, elle est plus importante dans BBPM5 et relativement présent à la fois dans BBPM20 et BBPM15 (Tableau XXIII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXIII : Teneur en vitamines des farines de patate douce enrichies en poudre de feuilles de *Moringa*

Farine enrichie	Vitamine B <sub>1</sub> (mg/100 g)	Vitamine B <sub>2</sub> (mg/100 g)	Vitamine B <sub>3</sub> (mg/100 g)	Vitamine B <sub>6</sub> (mg/100 g)	Vitamine B <sub>8</sub> (mg/100 g)	Vitamine B <sub>9</sub> (mg/100 g)	Vitamine B <sub>12</sub> (mg/100 g)	Vitamine C (mg/100 g)	Vitamine E (mg/100 g)
BB	32,76 <sup>f</sup> ± 0,03	21,02 <sup>c</sup> ± 0,10	0,06 <sup>c</sup> ± 0,01	16,3 <sup>d</sup> ± 0,02	0 <sup>d</sup> ± 0,00	8,48 <sup>d</sup> ± 0,01	15,32 <sup>f</sup> ± 0,03	0,60 <sup>c</sup> ± 0,03	72,40 <sup>c</sup> ± 0,04
PFM	180,77 <sup>b</sup> ± 0,17	62,45 <sup>a</sup> ± 1,22	40,23 <sup>a</sup> ± 0,21	60,88 <sup>a</sup> ± 0,56	90,46 <sup>a</sup> ± 0,15	50,29 <sup>a</sup> ± 0,14	100,20 <sup>a</sup> ± 0,1	30,12 <sup>a</sup> ± 0,11	202,15 <sup>a</sup> ± 0,78
BBPM5	93,69 <sup>e</sup> ± 0,03	20,14 <sup>e</sup> ± 0,06	3,12 <sup>d</sup> ± 0,02	10,65 <sup>e</sup> ± 0,02	28,71 <sup>d</sup> ± 0,01	30,71 <sup>b</sup> ± 0,01	20,00 <sup>e</sup> ± 0,01	3,12 <sup>d</sup> ± 0,02	110,65 <sup>d</sup> ± 0,02
BBPM10	100,00 <sup>d</sup> ± 0,01	30,90 <sup>d</sup> ± 0,01	8,31 <sup>c</sup> ± 0,01	27,99 <sup>c</sup> ± 0,01	34,12 <sup>c</sup> ± 0,05	19,00 <sup>c</sup> ± 0,11	30,90 <sup>d</sup> ± 0,01	8,31 <sup>c</sup> ± 0,01	127,99 <sup>c</sup> ± 0,01
BBPM15	111,23 <sup>c</sup> ± 0,04	41,40 <sup>c</sup> ± 0,01	7,36 <sup>c</sup> ± 0,02	36,18 <sup>b</sup> ± 0,02	40,24 <sup>b</sup> ± 0,04	20,00 <sup>c</sup> ± 0,04	41,40 <sup>c</sup> ± 0,04	7,36 <sup>c</sup> ± 0,12	136,18 <sup>b</sup> ± 0,02
BBPM20	210,12 <sup>a</sup> ± 0,01	50,41 <sup>b</sup> ± 0,02	10,23 <sup>b</sup> ± 0,10	37,51 <sup>b</sup> ± 0,01	41,26 <sup>b</sup> ± 0,04	20,01 <sup>c</sup> ± 0,07	50,41 <sup>b</sup> ± 0,02	10,23 <sup>b</sup> ± 0,02	137,51 <sup>b</sup> ± 0,01

*a, b, c, d et f* : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ). BB : Patate à peau blanche et à chair blanche ; PFM : Poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM5 : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM10 : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM15 : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM20 : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*.

### 3.2.6. Composition antinutritionnel des farines de patate douce enrichies en poudre de feuilles *Moringa*

La teneur en tanins ( $2,9 \pm 0,12$  mgEAT/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0,21 \pm 0,03$  mgEAT/100 g) de la farine de patates douces (BB). Au niveau des formulations, la teneur des tanins a varié globalement de  $0,20 \pm 0,01$  mgEAT/100 g à  $0,53 \pm 0,02$  mgEAT/100 g. BBPM10 est la formulation la plus riche en tanins tandis que BBPM15 en est la plus pauvre. La teneur en tanin n'a pas variée avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en oxalates ( $1,40 \pm 0,02$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est supérieure à celle ( $0,58 \pm 0,04$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB).

Concernant les oxalates, leurs teneurs ont oscillé de  $0,50 \pm 0,01$  mg /100 g à  $0,56 \pm 0,03$  mg / 100 g dans toutes les formulations. La formulation BBPM5 contient plus d'oxalates que BBPM20. La teneur en oxalates n'a pas varié avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

La teneur en phytates ( $1,06 \pm 0,05$  mg/100 g) de la poudre de feuilles de *Moringa* (PFM) est inférieure à celle ( $1,19 \pm 0,03$  mg/100 g) de la farine de patates douces (BB). Dans l'ensemble des formulations la teneur des phytates part de  $0,89 \pm 0,01$  mg / 100 g à  $1,04 \pm 0,14$  mg/ 100 g. La formulation BBPM5 renferme plus de phytates contrairement à BBPM20 qui est plus pauvre. La teneur en phytates n'a pas augmenté avec l'incorporation progressive de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce.

En clair, La poudre de feuilles de *Moringa* a une teneur en composés antinutritionnels supérieure à celle de la farine de patate douce à l'exception de la phytate qui se retrouve plus dans la farine de patate douce. Les formulations BBPM5 et BBPM10 renferment plus d'oxalates et de phytates que les autres avec une forte teneur chez BBPM5. Les tanins ont été beaucoup présent dans BBPM10 que les autres. En général toutes les formulations ont permis d'avoir des faibles teneurs en ces différents composés. En outre, il ressort que l'incorporation progressive de poudre de *Moringa* n'a pas augmenté de façon significative la teneur en composés antinutritionnels dans la farine de patate douce (Tableau XXIV).

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXIV: Teneurs en Composés anti nutritionnels des farines de patate douce enrichie en poudre de *Moringa*

Farines enrichies	Tanin (mgEAT/100 g)	Oxalates (mg/100g)	Phytates (mg /100g)
BB	0,21 <sup>d</sup> ±0,03	0,58 <sup>b</sup> ± 0,04	1,19 <sup>a</sup> ± 0,03
PFM	0,99 <sup>a</sup> ±0,1	1,40 <sup>a</sup> ±0,02	1,06 <sup>a</sup> ±0,05
BBPM5	0,32 <sup>c</sup> ± 0,02	0,56 <sup>b</sup> ± 0,03	1,04 <sup>a</sup> ± 0,14
BBPM10	0,53 <sup>b</sup> ± 0,02	0,51 <sup>c</sup> ± 0,01	1,03 <sup>a</sup> ± 0,01
BBPM15	0,20 <sup>d</sup> ± 0,01	0,50 <sup>c</sup> ± 0,01	0,93 <sup>b</sup> ± 0,02
BBPM20	0,21 <sup>d</sup> ± 0,01	0,50 <sup>c</sup> ± 0,01	0,89 <sup>b</sup> ± 0,01

*a, b, c, d et f* : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ). BB : Patate à peau blanche et à chair blanche ; PFM : Poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM5 : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM10 : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM15 : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de *Moringa* ; BBPM20 : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de *Moringa*.

### 3.2.7. Différenciation entre les farines formulées à base de patate douce et de *Moringa*.

L'analyse en composantes principales effectuée sur les caractéristiques physico-chimiques des farines formulées a donné des résultats (figure 18 a). La représentation dans le plan factoriel (F1 x F2) prend en compte 85,99 % de l'information contenue dans les données. A l'analyse, trois groupes distincts ont été formés par les formulations (figure 18 b). Il s'agit :

- Le groupe I comprend BBPM5 et BBPM10 caractérisé par les sucres réducteurs, les sucres totaux, les tanins et les coumarines ;
- le groupe II est BBPM15 caractérisé par les fibres , les cendres ,le manganèse, le cuivre et le phosphore.
- le groupe III est celui de BBPM20 caractérisé par les vitamines B<sub>3</sub> et B<sub>1</sub>.

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

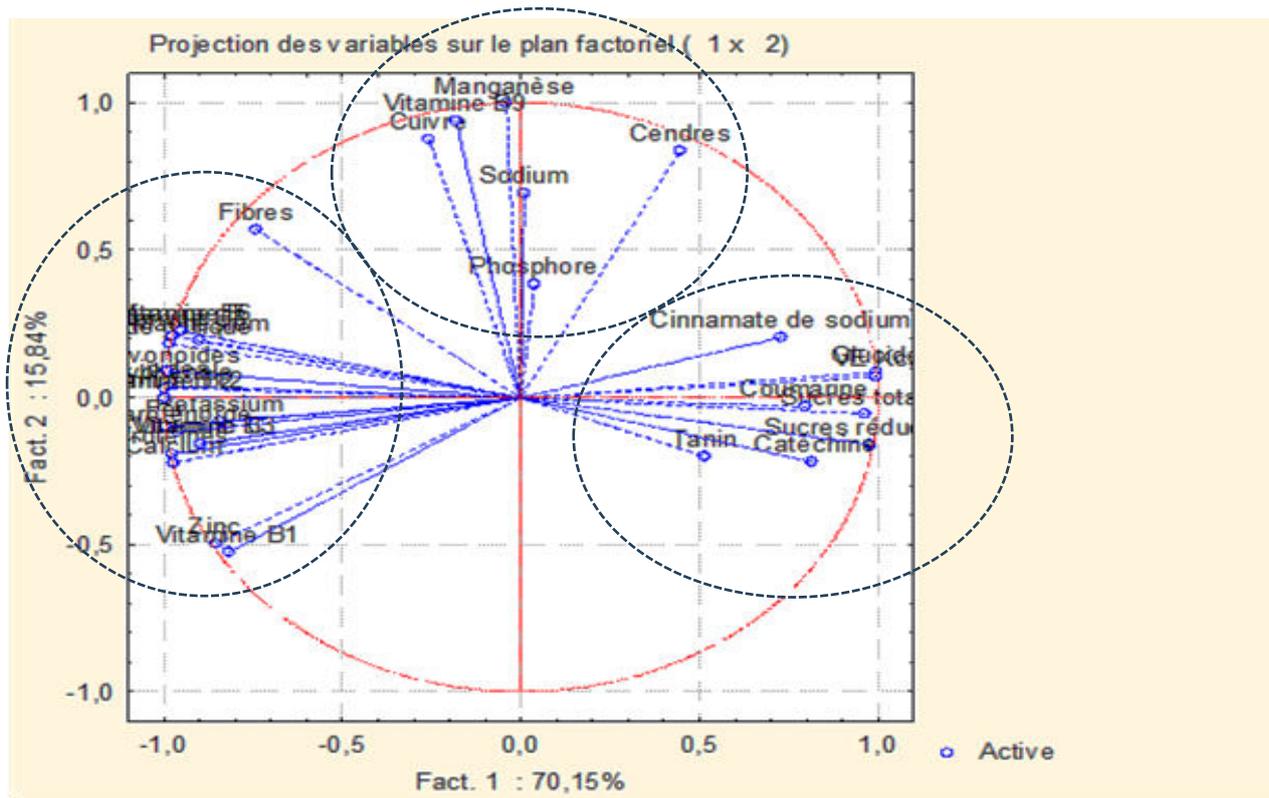


Figure 18 a : cercle de corrélation des farines formulées .

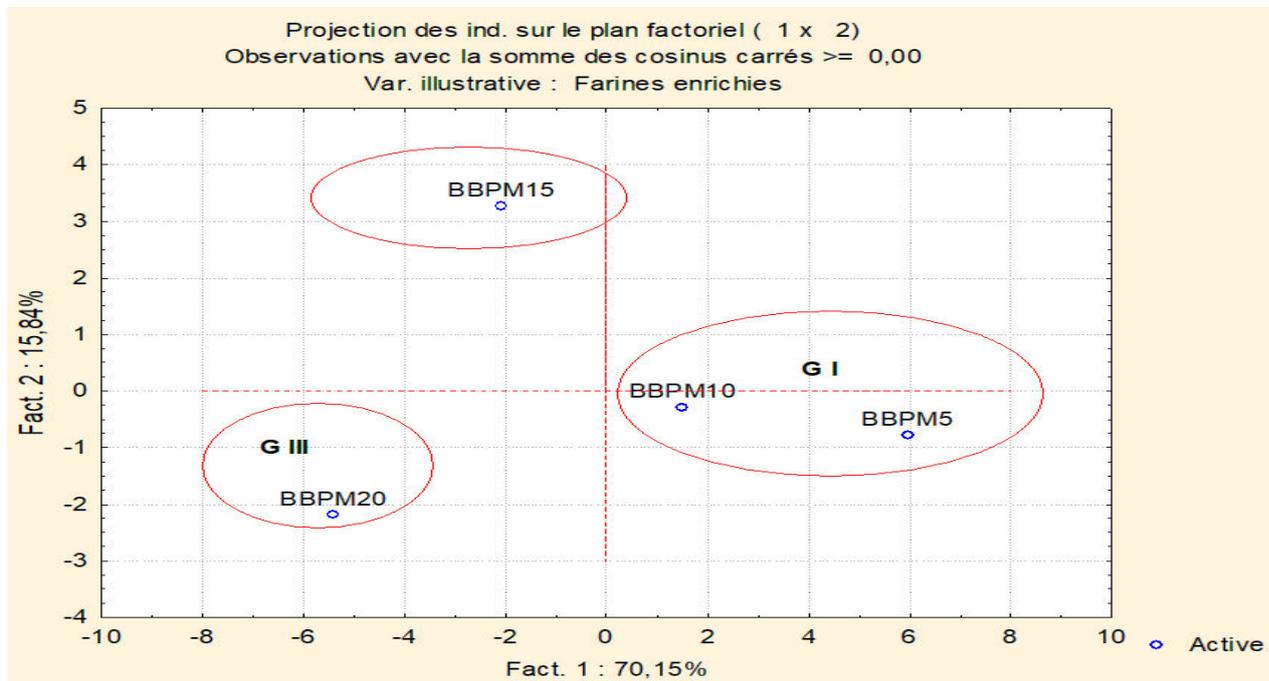


Figure 18 b : Matrice de corrélation des farines formulées .

Figure 18 : Analyse en composante principale des farines formulées

### 3.3. Discussion

La poudre de *Moringa* a une teneur en cendres plus élevée que celle de la farine de patate douce. Les formulations BBPM20 et BBPM15 sont très riches en cendres. Selon Mamy *et al.* (2020) cette richesse est due à l'incorporation des poudres de feuilles de *Moringa* dans les farines de patate douce. Toutefois les différences entre les formulations pourraient être liées à l'origine (sites de récolte) des feuilles (Zannou-Tchoko *et al.*, 2011). Ces teneurs sont proches de celles rapportées ( $730 \pm 110$  mg/100 g à  $2200 \pm 100$  mg/100 g) par Kouakou (2016) dans la poudre de feuilles de patates douce. En outre les teneurs des dites formulations sont supérieures à celles de l'étude de Yao *et al.* (2020) ( $790 \pm 10$  mg / 100 g à  $950 \pm 10$  mg/100 g). Ces valeurs sont aussi inférieures à celle ( $2820$  mg/100 g) de Prisacaru *et al.* (2017) dans les poudres de feuilles vertes des légumes. Les résultats sont conformes à ceux de Mamy *et al.* (2020) qui ont montré que la teneur en cendres des bouillies fortifiées augmenterait avec les taux d'insertion de la poudre de feuilles de *Moringa* de  $400 \pm 0,8$  mg/100 g,  $420 \pm 0,15$  mg/100 g et  $460 \pm 0,08$  mg/100 g à des taux d'insertion respectifs de 10 %, 15 % et 20 % de poudre de feuilles de *Moringa*.

La teneur en calcium est élevée dans les formulations que la farine de patate douce. Ces valeurs élevées seraient liées à l'enrichissement avec la poudre de *Moringa*. Cette richesse pourrait être liée à l'effet synergique de la patate douce et du *Moringa*. Le calcium favorise la croissance des enfants, et intervient dans la fortification des os et le développement des dents. Il est également utile dans la formation des muscles, du cœur et du système digestif (Paiko *et al.*, 2012). Les formulations BBPM20 et BBPM15 ont enregistré les teneurs les plus élevées en calcium. Ces teneurs sont inférieures à celle rapporté dans l'étude de Kouakou (2016) sur l'enrichissement de la patate douce par des feuilles de taro ( $157,36 \pm 0,35$  mg/100 g) en Côte d'Ivoire. Elle est aussi inférieure à celles trouvés dans les légumes-feuilles (2067 à 2363 mg/100 g) par Odhav *et al.* (2007). Les teneurs sont plus élevées que celles de l'oignon (25 mg/100 g), du concombre (19 mg/100 g), de la courgette (19 mg/100 g), de l'aubergine (10 mg/100 g de matière sèche), de la tomate (9 mg/100 g) obtenues par Souci *et al.* (1995).

L'ensemble des formulations ont eu des teneurs en magnésium plus élevées que la farine de patate douce. La poudre de *Moringa* améliorerait la teneur en magnésium dans la farine de patate douce. Il est donc nécessaire pour les réactions biochimiques de l'organisme qui permettent de maintenir le muscle. Le magnésium permet aussi la régulation du taux de sucre dans le sang (Saris *et al.*, 2000). Il a été également rapporté par Kouakou (2016) que la consommation de farine enrichie aux extraits foliaires de taro et de patate pourrait contribuer à

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

couvrir les besoins en nutriments de l'organisme des enfants. Les valeurs de magnésium des formulations sont supérieures au taux de magnésium ( $39,04 \pm 0,69$  mg/100 g) de l'étude de Kouakou (2016) sur la farine de maïs enrichie en feuilles de patate douce et de taro.

Les teneurs en zinc ont augmenté avec les enrichissements. Cela signifierait que l'ajout de poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce a fortement amélioré la teneur en zinc dans cette farine. Le taux zinc dans les formulations est supérieur à  $1,21 \pm 0,03$  mg/100 g rapporté par Kouakou (2016). Ces teneurs sont plus élevées que celles dans l'ail (1,0 mg/100 g de matière sèche), dans le concombre (0,17 mg/100 g de matière sèche), dans la carotte (0,16 mg/100 g de matière sèche), dans la tomate (0,14 mg/100 g de matière sèche) et dans l'aubergine (0,11 mg/100 g de matière sèche) des travaux de Souci *et al.* (1995).

La teneur en fer a augmenté avec l'incorporation de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce. Ceci implique que l'ajout de *Moringa* a fortement influencé la teneur en fer dans la farine enrichie. La teneur en fer est supérieure aux valeurs comprises entre  $20,70 \pm 0,79$  mg/100 g et  $37,72 \pm 0,72$  mg/100 g obtenues à partir des travaux de Kouakou (2016). Ces teneurs sont aussi plus élevées que celles de la carotte (0,3 mg/100 g) et de l'aubergine (0,3 mg/100 g de matière sèche), de l'oignon (0,3 mg/100 g de matière sèche) et du gingembre (14 mg/100 g de matière sèche) décrites par Souci *et al.* (1995).

Le taux de cuivre a été augmenté avec l'incorporation de la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce. L'incorporation de *Moringa* dans la farine de patate douce pourrait avoir des effets intéressants sur sa composition nutritionnelle, y compris le taux de cuivre. Le *Moringa* est riche en divers minéraux, dont le cuivre, ce qui pourrait augmenter la teneur en cuivre de la farine de patate douce lorsqu'il est ajouté. Des études ont montré que l'ajout de feuilles de *Moringa* à divers produits alimentaires pourrait améliorer leur profil nutritionnel global (Souci *et al.*, 1995). Selon ces auteurs la teneur en cuivre des farines enrichies serait plus élevée que les teneurs dans la tomate (0,06 mg/100 g de matière sèche) et dans la carotte (0,04 mg/100 g de matière sèche).

Le taux de phosphore a été fortement amélioré par l'ajout de poudre de feuilles de *Moringa* dans la farine de patate douce. L'incorporation de *Moringa* dans la farine de patate douce pourrait avoir des effets intéressants sur sa composition nutritionnelle, y compris le taux de phosphore. Le *Moringa* est riche en divers minéraux, dont le phosphore, ce qui pourrait augmenter la teneur en phosphore de la farine de patate douce lorsqu'il est ajouté. Des études ont montré que l'ajout de feuilles de *Moringa* à divers produits alimentaires pourrait améliorer

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

leur profil nutritionnel global (Mamy *et al.*, 2020). Les formulations BBPM20, BBPM15 et BBPM10 sont plus riches en phosphore que celle de BBPM5.

Les teneurs en fer ont augmenté dans les formulations au fur et à mesure qu'on augmentait la quantité de *Moringa* dans la farine de patate douce. Cette richesse en fer dans les formulations serait liée à la richesse en fer de la poudre foliaire de *Moringa*. Le fer est indispensable pour un grand nombre de réactions métaboliques. Il intervient dans la constitution de l'hémoglobine, de la myoglobine et de nombreuses enzymes (Lokombé-Lêkê & Muelié, 2004). Le fer peut également agir comme un antioxydant et peut permettre de prévenir la cardiomyopathie et le retard de croissance (Buss *et al.*, 2003). Par ailleurs, les travaux de Vyas *et al.* (2009) ont montré que la prise journalière d'une dose d'extraits de feuilles de luzerne contenant 5 mg de fer et 13 µg d'acide folique est efficace et plus rentable pour le contrôle de l'anémie que des suppléments contenant 60 mg de fer et 500 µg d'acide folique.

Les teneurs en protéines sont élevées dans la poudre de *Moringa* que dans la patate douce. Néanmoins, elles sont proches de celles obtenues par Moussa *et al.* (2007) dans les poudres de feuilles de manioc (7000 mg/100 g) et de *Moringa* (8100 mg/100 g). Elles sont aussi inférieures à celles dans les farines enrichies aux extraits foliaires de taro ( $12680 \pm 280$  mg/100 g à  $20740 \pm 210$  mg/100 g) (Yao *et al.*, 2020). L'incorporation progressive de poudre de *Moringa* dans la farine de patate a favorisé l'augmentation des taux de protéines selon les taux d'incorporation. Cette augmentation serait liée à la richesse de la poudre de *Moringa* en protéines. Mpupu *et al.* (2012) ont justifié cette augmentation par la richesse de la poudre de feuilles de *Moringa* en protéine Ce qui suggère que l'enrichissement pourrait améliorer la qualité nutritionnelle des patates douces. De plus, selon Zannou-Tchoko, 2005, l'enrichissement des aliments infantiles est bénéfique par le fait que celui-ci renferme en proportions équilibrées des protéines de bonne valeur biologique contenant tous les acides aminés essentiels ainsi que des vitamines et des minéraux. Étant donné que les protéines animales sont souvent rares et assez coûteuses dans les pays pauvres, l'incorporation des protéines végétales, notamment les protéines de poudre de feuilles riches en protéines serait à encourager car elles sont peu coûteuses et disponibles par rapport aux protéines animales (Zannou -Tchoko *et al.*, 2011). Mamy *et al.* (2020) ont montré que dans les bouillies fortifiées, la teneur en protéines brutes augmenterait significativement avec les taux d'insertion, soit respectivement de  $1,07 \pm 0,05$  %,  $1,31 \pm 0,08$  % et  $1,57 \pm 0,08$  % avec les taux d'insertion respectifs de 10 %, 15 % et 20 %.

Les teneurs en lipide, ont augmenté au fur et à mesure qu'on augmente la poudre de *Moringa* dans la farine de patate douce. Cet enrichissement en lipide serait dû à la poudre de feuille de

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

*Moringa*. Cette augmentation corrobore celle de Mamy *et al.* (2020) qui ont montré que dans les bouillies fortifiées les teneurs des lipides totaux augmenteraient légèrement avec les taux d'insertion de la poudre de feuilles de *Moringa*, soit respectivement  $2930 \pm 0,12$  mg/100 g,  $3030 \pm 0,23$  mg/100 g et  $3110 \pm 0,06$  mg/100 g avec les taux d'insertion respectifs de 10 %; 15 % et 20 %.

Les quantités de sucres réducteurs et de sucres totaux des farines enrichies sont nettement plus petites que celles de la farine de patate douce mais plus élevées que pour la poudre de *Moringa*. Cette richesse en sucres dépendrait de la patate douce. La diminution progressive des teneurs en sucres réducteurs et totaux dans les formulations pourrait être liés au taux d'incorporation de la poudre de *Moringa*. Les teneurs en sucres trouvées dans cette étude sont aussi inférieures à celle rapportée par Bhatti & MacGregor (1988) estimée à 71000 mg/100 g dans la farine de patate pour les sucres totaux.

Le taux de fibre dans la poudre de *Moringa* dépasse celui de la farine de patate douce. L'incorporation de poudre de *Moringa* a augmenté progressivement la teneur en fibre selon les taux d'incorporation dans les formulations. Cet enrichissement serait lié à la richesse de la poudre de *Moringa* en fibres. Ces résultats corroborent ceux de Kouassi *et al.* (2015) qui ont montré que l'incorporation d'un aliment (le soja) riche en nutriments dans une farine favorise l'augmentation de teneurs des nutriments. Les teneurs de la présente étude sont inférieures aux teneurs enregistrées par Griffey *et al.* (2010) qui vont de 53100 mg/100 g à 64100 mg/100.

Les résultats ont montré également que la teneur en glucides des différentes formulations est plus faible que celle de la farine native de patate douce. Cela pourrait être due au fait que les poudres foliaires de *Moringa* sont pauvres en glucides. Ainsi, leur mélange à la farine de patate douce entraîne la baisse de la concentration de sucre par rapport à un même volume (Ndong *et al.*, 2007). Cette teneur en glucides suggère que les farines enrichies pourraient être une bonne source d'énergie pour les nourrissons. Ce résultat est en accord avec ceux de Mamy *et al.* (2020) qui ont montré que dans les bouillies fortifiées, la teneur en glucides diminue progressivement au fur et à mesure que le taux d'insertion de la poudre de feuilles de *Moringa* augmente, soit :  $13670 \pm 0,24$  mg/100 g,  $13650 \pm 0,26$  et  $13620 \pm 0,46$  mg/100 g avec les taux d'insertion respectifs de 10 % ; 15 % et 20 %.

La valeur énergétique (VE) des formulations diminue avec la quantité de poudre foliaires incorporée. La valeur énergétique d'un aliment traduit l'énergie que cet aliment peut apporter à l'organisme au cours d'un repas et qui lui permet d'assurer son fonctionnement. Toutes les formulations ont des valeurs énergétiques similaires et proches des recommandations du Codex

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Alimentarius concernant les farines infantiles, soit 400 kcal/100 g de matière sèche (Sanogo, 1994).

Le taux de polyphénols de la poudre de *Moringa* est plus élevé que celui de la patate douce. L'enrichissement de la patate douce par la poudre de feuilles de *Moringa* a augmenté la teneur en polyphénols de la farine de celle-ci. Cette incorporation de feuilles de *Moringa* pourrait améliorer les capacités antioxydantes de ladite farine, contribuant ainsi à l'élimination des radicaux libres (Popovici *et al.*, 2009). Les formulations BBPM20 et BBPM15 sont très riches en polyphénols. Ces résultats corroborent ceux de Jabbari *et al.* (2007) dans la poudre de l'épinard (60,69 à 98,82 mgEAG/100 g). Ces valeurs sont toutefois inférieures à ceux de Yao (2016) qui ont obtenus respectivement  $150,64 \pm 0,71$  mgEAG/100 g ;  $107,28 \pm 0,74$  mgEAG/100 g ;  $167,59 \pm 1,11$  mgEAG/100 g et  $195,34 \pm 0,96$  mgEAG/100 g dans les poudres des feuilles de taro, épinard, patate douce et manioc.

Le taux de flavonoïdes de la poudre de *Moringa* est plus élevé que celui de la patate douce. L'incorporation de poudre d *Moringa* a augmenté progressivement les teneurs en flavonoïdes selon le taux d'incorporation. L'enrichissement des farines en flavonoïdes pourrait être lié à la richesse des poudres de *Moringa* en flavonoïdes. La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* possède une activité antioxydante due à la présence des différentes molécules comme l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les polyphénols et caroténoïdes (Laleye *et al.*, 2015). Les teneurs en flavonoïdes sont supérieures aux valeurs des travaux de Kouakou (2016) qui ont obtenu des teneurs en flavonoïdes variant de  $2,99 \pm 0,28$  mgEQ/100 g à  $1,82 \pm 0,11$  mgEQ/100 g dans les farines de maïs enrichies en poudres foliaires de taro.

Quant à l'acide gallique ( $8,72 \pm 0,02$  mg/100 g), sa valeur est inférieure à celles de Sheela *et al.* (2004) enregistré dans la célosie (24,33 mg/100 g) et la morelle (50,62 mg/100 g). Cette faible teneur permet de limiter le risque d'absorption (Betsche & Fretzdorff, 2005). Les teneurs en phytates que présentent les différentes formulations analysées sont inférieures à celles de Elke & Zannini (2013) dans le sarrasin (1000 mg/100 g). Par ailleurs, des études ont montré que l'acide phytique est le principal agent chélateur réduisant la biodisponibilité des cations bivalents (Weaver & Kannan, 2002). Les antioxydants sont aujourd'hui des molécules de grand intérêt en recherche biomédicale, et leurs nombreux bienfaits sur plusieurs fonctions biologiques ne cessent d'être élucidés et valorisés. Ainsi des molécules antioxydantes ont régulièrement été mises en évidence dans les feuilles et/ou tubercules de patate douce. En outre, la pelure tout comme les feuilles contiennent près d'une quinzaine de molécules antioxydantes de la famille des anthocyanines. La forte teneur en certains sels minéraux et vitamines, en plus

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

des diverses molécules antioxydantes, fait de la patate douce une plante à multiples vertus médicinales.

Ces polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétal. Ils prennent une importance croissante, notamment grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé (Benkaddour, 2019). Il ressort de toutes les formulations que l'incorporation progressive de poudre de *Moringa* a augmenté la teneur en composés phénoliques et en anti oxydants dans la farine de patate douce. L'enrichissement de la patate douce par la poudre de *Moringa* a augmenté la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes de la farine de celle-ci. Cette incorporation de poudre de feuille pourrait améliorer les capacités antioxydante de ladite farine, contribuant ainsi à l'élimination des radicaux libres (Popovici *et al* 2009). D'autres facteurs peuvent influencer sur le taux des polyphénols totaux tels que les facteurs environnementaux. Ces facteurs peuvent être liés aux types de sol, à l'exposition au soleil, à la précipitation ou aux facteurs agronomiques. Il en est de même pour l'exposition à la lumière qui a un effet considérable sur la plupart des flavonoïdes. De plus, le degré de maturité affecte considérablement les concentrations et les proportions des divers polyphénols (Macheix *et al*, 1990). Généralement les concentrations en acides phénoliques diminuent pendant la maturation, tandis que les concentrations en anthocyanines augmentent. Sosulski *et al*. (1982) ont rapporté que le stockage peut également affecter le contenu des polyphénols qui s'oxydent facilement. En effet, le stockage de la farine de blé a comme conséquence la perte marquée des acides phénoliques. Après 6 mois de stockage, les farines ont contenu les mêmes acides phénoliques en termes qualitatifs, mais leurs concentrations étaient inférieures à 70 % (Manach *et al.*, 2004). Quant aux flavonoïdes, ils sont des diphénols possédant des propriétés vitaminiques et ayant une action antioxydante en captant les radicaux libres engendrés par exemple par l'inflammation, l'hypoxie et les irradiations (Harper *et al.*, 1982). Leur teneur dans les légumes-feuilles varie significativement d'un type à un autre, tout comme la teneur en vitamines des farines formulées.

La poudre de *Moringa* a été plus riche en vitamines que la farine de patate douce. L'incorporation de quantité croissante de poudre de *Moringa* a augmenté progressivement la teneur en vitamines dans la farine de patate douce. Cette richesse en vitamine des formulations par rapport à la farine de patate douce pourrait provenir de la richesse de la poudre de *Moringa* en vitamines. Les formulations BBPM20 sont les plus riches en vitamines (E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, C et B<sub>12</sub>) que celle de BBPM5.

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Il en est de même pour les teneurs en acides aminés où la formulation BBPM20 a enregistré les plus fortes teneurs en acide glutamique, en alanine et en lysine. De même, les farines formulées renferment des acides aminés essentiels tels que la leucine et la lysine. Les acides aminés sont des molécules portant une fonction amine et une fonction acide, chacun possédant une chaîne latérale distincte qui lui confère une individualité chimique. Les acides aminés essentiels sont les acides aminés ne pouvant être synthétisés par l'organisme, ils doivent obligatoirement être apportés par l'alimentation. La lysine est un acide aminé essentiel, dibasique, dont les besoins journaliers sont de 800 mg/j pour un adulte. Elle intervient dans le métabolisme du collagène et est donc un important facteur de croissance. Sa carence aboutit à des troubles importants de la minéralisation osseuse. La leucine quant à elle est un acide aminé essentiel à chaîne ramifiée. Les besoins quotidiens chez l'adulte sont d'environ 600 mg par jour. Par ailleurs, il ressort de toutes les formulations que l'incorporation progressive de poudre de *Moringa* a augmenté la teneur en acide aminé dans la farine de patate douce.

Les facteurs antinutritionnels ont été plus retrouvés dans la poudre de *Moringa* que dans la farine de patate douce. Les taux d'incorporation de 5 à 10 % n'a pas influencé significativement la qualité des formulations. Les quantités des oxalates, des phytates et tanins sont faibles ce qui signifierait que les teneurs d'incorporation des poudres de feuilles de *Moringa* seraient acceptables pour l'enrichissement. BBPM5 est plus pauvre en facteurs antinutritionnels que BBPM20.

### 3.4. Conclusion partielle

Ce travail a été entrepris dans le but de caractériser la farine de la variété blanche de patate douce enrichie en poudre de *Moringa* à 5 %, 10 %, 15 %, et 20 % (BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20). A l'issue de cette étude, les résultats ont montré que les teneurs en minéraux des farines enrichies BBPM20 et BBPM15 ont été plus élevées notamment en calcium ( $910,26 \pm 0,02$  mg/ 100 g), en magnésium ( $460,34 \pm 0,02$  mg/100 g) et en zinc ( $740,74 \pm 0,02$  mg/100 g). L'analyse des composés biochimiques a montré une richesse des formulations BBPM20 et BBPM15 en protéines ( $8010,01 \pm 2,65$  mg /100 g), en vitamine E ( $137,51 \pm 0,01$  mg/ 100 g) et en vitamines du groupe B (B<sub>1</sub> ( $210,12 \pm 0,01$  mg/100 g), B<sub>2</sub> ( $50,41 \pm 0,02$  mg/100 g), B<sub>6</sub> ( $37,51 \pm 0,01$  mg/100 g), B<sub>8</sub> ( $41,26 \pm 0,04$  mg/100 g), B<sub>12</sub> ( $50,41 \pm 0,02$  mg/100 g)). Ces mêmes formulations ont indiqué des taux élevés en fibres ( $1466,6 \pm 5,77$  mg /100 g), en polyphénols ( $83,13 \pm 0,02$  mg/100 g) et en flavonoïdes ( $33,18 \pm 0,01$  mg/100 g). Ces formulations sont pauvres en facteurs antinutritionnels et renferment des acides aminés essentiels. Cela pourrait être un avantage pour son utilisation en alimentation humaine. Il ressort que l'incorporation de poudre de feuille de *Moringa* dans la farine de patate douce a enrichie celle-ci en minéraux, en composés biochimiques notamment en composés phénoliques et antioxydants. L'utilisation des formulations pourraient être envisagée en alimentation humaine et pour réduire les augmentations de glycémie. Toutefois, il paraît important pour la suite de ce travail, d'effectuer des tests de toxicité afin d'évaluer la qualité sanitaire de ces farines pour une bonne prise en charge des diabétiques.

### Chapitre 4 : Effets des farines de patate douce à peau blanche et à chair blanche (*Ipomoea batatas*) enrichie en poudre de feuilles de *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam) sur les paramètres biochimiques des rats albinos. (*Rattus norvegicus*)

#### 4.1. Introduction

La farine de la variété de patate douce séchée à l'étuve à 45 °C a été mélangée à la poudre de feuille de *Moringa* obtenue par broyage des feuilles séchées pour des formulations. Ces farines enrichies en poudre de feuille de *Moringa* ont été administrés à des rats pour connaître leurs effets sur les paramètres biochimiques du sang de ces rats.

#### 4.2. Résultats

##### 4.2.1. Effets des formulations sur la glycémie des rats

Les glycémies mesurées chez tous les lots de rats avant le gavage à l'eau glucosée ont été normales (de  $0,81 \pm 0,06$  à  $0,88 \pm 0,06$  g/L). De manière générale, l'administration de glucose aux différents rats de chaque lot a provoqué des hyperglycémies (de  $2,46 \pm 0,27$  g/L à  $2,56 \pm 0,39$  g/L) après 30 minutes quel que soit le lot sollicité. Les lots réalisés sont constitués du lot témoin, du lot référence (glibenclamide) et des lots avec les diverses formulations. Cette augmentation a atteint un pic de  $2,47 \pm 0,09$  g/L (témoin), de  $2,56 \pm 0,39$  g/L (référence), de  $2,46 \pm 0,40$  g/L (BBPM5), de  $2,46 \pm 0,27$  g/L (BBPM10), de  $2,52 \pm 0,17$  g/L (BBPM15), de  $2,47 \pm 0,40$  g/L (BBPM20). Après ces pics d'enregistrement d'hyperglycémies, les rats du lot témoin ont reçu de l'eau distillée, les rats du lot référence ont été gavés au glibenclamide et les autres lots de rats ont reçu une administration de chacune des formulations. Ces administrations ont entraîné une régression des glycémies mesurées après une 1 heure et 2 heures. Après 1 heure, cette diminution des glycémies a été plus importante chez les rats des lots BBPM5 ( $1,14 \pm 0,47$  g/L) ; BBPM10 ( $1,14 \pm 0,26$  g/L) ; BBPM15 ( $0,99 \pm 0,12$  g/L) et référence ( $1,15 \pm 0,18$  g/L) que des rats des lots témoins ( $2,42 \pm 0,08$  g/L) et BBPM20 ( $1,91 \pm 0,28$  g/L). Cependant, après 2 heures, à l'exception de la glycémie des rats du lot témoin ( $2,06 \pm 0,17$  g/L), celles des rats des autres lots ont été fortement ramenées à des glycémies normales avec des valeurs de  $0,79 \pm 0,08$  g/L ;  $0,89 \pm 0,09$  g/L ;  $0,81 \pm 0,10$  g/L ;  $0,81 \pm 0,04$  et  $0,81 \pm 0,07$  respectivement pour BBPM5 ; BBPM10 ; BBPM15 ; BBPM20 et glibenclamide (référence) (figure 19). Après 1 heure, la formulation BBPM15 a montré une bonne diminution (-154 %) de glycémie. Après 2 heures, la formulation BBPM20 a enregistré le meilleur taux de chute (-135 %) de glycémie. Les formulations BBPM5, BBPM15 BBPM20 et le glibenclamide ont été diminués de la même façon les glycémies pendant les deux périodes de mesures (Tableau XXV).

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

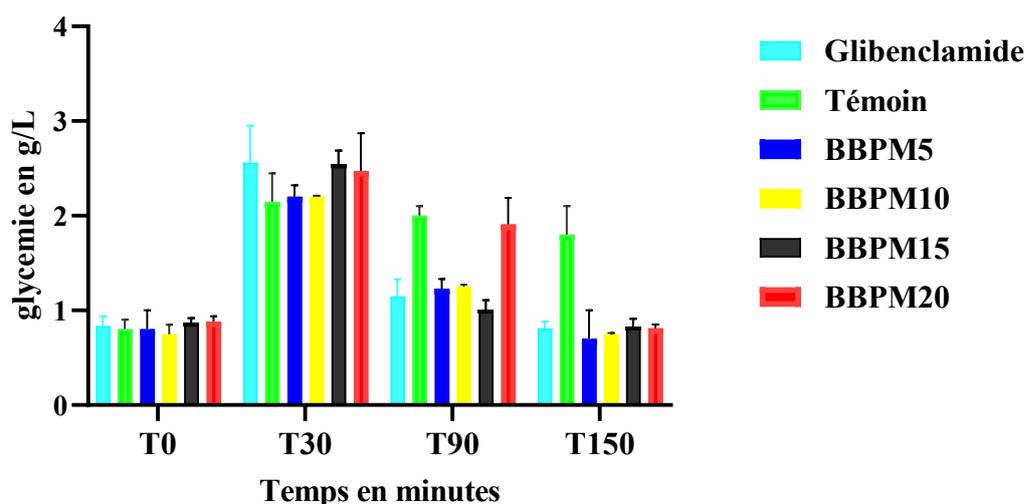


Figure 19 :Effet des formulations sur la glycémie des rats albinos

*BBPM5 : Formulation comprenant 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de Moringa ;  
 BBPM10 : Formulation composée de 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de Moringa ;  
 BBPM15 : Formulation comprenant 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de Moringa ;  
 BBPM20 : Formulation composée de 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de Moringa.*

Tableau XXV: Taux de variation de la glycémie

Lots de rats	Taux de variation%		
	Variation 1	Variation 2	Variation (1+2)
TÉMOIN	- 2,06	- 17,47	- 19,90
BBPM5	- 115,78	- 44,30	- 211,39
BBPM10	- 115,78	- 28,08	- 176,40
BBPM15	- 154,54	- 22,22	- 211,11
BBPM20	- 29,31	- 135,8	- 204,93
Glibenclamide	- 115,12	- 46,91	- 216,04

*BBPM5 : 95% de farine de patate douce et 5% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90% de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85% de farine de patate douce et 15% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80% de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de Moringa.*

### 4.2.2. Effets des formulations sur les paramètres biochimiques sanguins

La glycémie mesurée avant l'administration des formulations a fluctué entre  $0,76 \pm 0,06$  g/L et  $0,85 \pm 0,04$  g/L pour tous les groupes. (Tableau XXVI). La glycémie à J28 a varié de  $0,76 \pm 0,01$  g/L à  $0,81 \pm 0,05$  g/L de façon significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $0,80 \pm 0,05$  g/L pour le lot témoin. Les taux de variation des glycémies des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -2,53 ; - 4,70 ; - 5 et de - 4,70 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

5,26 (Tableau XXVII). La triglycémie avant l'administration des formulations a varié de  $0,4 \pm 0,2$  g/L à  $0,81 \pm 0,22$  g/L chez tous les lots. La triglycémie à J28 a augmenté de  $0,73 \pm 0,14$  g/L à  $1,84 \pm 0,77$  g/L de façon significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $1,40 \pm 0,3$  g/L pour le lot témoin. Les taux de variation des triglycémies des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de 23,72 ; 173,84 ; 360,00 et 77,77 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 72,83 (Tableau XXVII).

Le taux de cholestérol total avant l'administration des formulations a oscillé de  $3,05 \pm 0,81$  g/L à  $4,16 \pm 0,55$  g/L pour tous les lots. Le cholestérol total à J28 a diminué de  $2,07 \pm 0,15$  g/L à  $1,51 \pm 0,24$  g/L pour les rats nourris aux différentes formulations et a augmenté jusqu'à  $3,89 \pm 0,64$  g/L pour le lot témoin (Tableau XXVI). Les taux de variation du cholestérol total des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de - 46,09 ; - 60,57 ; - 49,83 et - 50,49 pendant que le taux de variation du lot témoin est de 14,41 (Tableaux XXVII).

Pour le taux de HDL cholestérol avant l'administration des formulations, il part de  $0,58 \pm 0,12$  g/L à  $0,67 \pm 0,12$  g/L pour tous les lots. Le HDL cholestérol à J28 a augmenté entre  $0,66 \pm 0,05$  g/L à  $0,85 \pm 0,07$  g/L pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $0,65 \pm 0,03$  g/L pour le lot témoin (tableau XXVI). Les taux de variation du HDL cholestérol des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de 13,79 ; 23,88 ; 30,76 et 26,56 alors que celui du lot témoin est de - 1,51. Tout comme la teneur en HDL cholestérol, le taux de LDL cholestérol avant l'administration des formulations a également part  $2,25 \pm 0,84$  g/L à  $3,36 \pm 0,65$  g/L chez les rats. Le LDL cholestérol à J28 a diminué de façon significative pour atteindre des valeurs comprises entre de  $1,27 \pm 0,17$  g/L et  $0,35 \pm 0,16$  g/L pour les rats nourris aux différentes formulations par rapport au témoin qui est de  $2,96 \pm 0,61$  g/L (tableau XXVI). Les taux de variation du LDL cholestérol des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15, BBPM20 sont respectivement de -59,68 ; - 86,60 ; - 85,29 et -81,33 pendant que celui du lot témoin est de 15,17 (Tableau XXVII).

Au niveau du taux de l'urée avant l'administration des formulations, les valeurs ont oscillé entre  $0,16 \pm 0,08$  g/L et  $0,27 \pm 0,05$  g/L pour les lots. Aucune différence significative de la teneur en urée n'est observée. Le taux de l'urée à J28 a varié de  $0,18 \pm 0,05$  g/L à  $0,21 \pm 0,11$  g/L de façon non significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $0,37 \pm 0,05$  g/L pour le lot témoin (tableau XXVI). Les taux de variation de l'urée des rats nourris aux

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de - 5,26 ; -22,22 ; - 23,07 et 0,00 % alors que celui du lot témoin est de 131,25 (Tableau XXVII).

Concernant le taux de créatinine avant l'administration des formulations, il a varié de  $10,25 \pm 0,42$  mg/L à  $12,92 \pm 1,84$  mg/L pour tous les lots. Aucune différence significative de la créatinémie n'est observée. Le taux de créatinine à J28 a varié de  $8,14 \pm 3,77$  mg/L à  $15,96 \pm 4,03$  mg/L de façon significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $14,70 \pm 2,05$  mg/L pour le lot témoin (tableau XXVI). En outre, les taux de variation de créatinine des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15, BBPM20 sont respectivement de 1,39 ; - 27,09 ; - 21,88 et 55,70 pendant que celui du lot témoin est de 25,85 (Tableau XXVII). En plus de la teneur en créatinine, le taux d'ASAT a été évalué. Ce taux d'ASAT avant l'administration des formulations a varié de  $182,04 \pm 48,51$  U/I à  $214,68 \pm 57,37$  U/I pour tous les lots. Le taux de ASAT à J28 a oscillé de  $7,82 \pm 1,26$  U/I à  $116,02 \pm 8,81$  U/I de façon non significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $197,24 \pm 45,09$  U/I pour le lot témoin (tableau XXVI). Les taux de variation d'ASAT des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -11,90 ; - 71,20 ; - 44,10 et - 79,59 alors que celui du lot témoin est de - 11,76 (Tableau XXVII). Pour le taux d'ALAT avant l'administration des formulations, il a varié de  $31,24 \pm 6,79$  U/I à  $33,38 \pm 3,28$  U/I pour tous les lots. Aucune différence significative de la teneur en ALAT n'est observée. Le taux d'ALAT à J28 a oscillé de  $20,22 \pm 2,44$  U/I à  $31,721 \pm 2,52$  U/I de façon significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $34,32 \pm 4,18$  U/I pour le lot témoin (tableau XXVI). Les taux de variation d'ALAT des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de - 36,26 ; -93,36 ; - 96,07 et - 95,90 pendant que celui du lot témoin est de 0,72 (XXVII).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXVI: Effets des formulations sur les paramètres biochimiques sanguins des rats

Lots de rats	Temps	Glycémie (g/L)	Triglycérides (g/L)	Cholestérol Total (g/L)	HDL (g/L)	LDL (g/L)	Urée (g/L)	Créatinine (mg/L)	ALAT (U/I)	ASAT (U/I)
Témoin	J0	0,76 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,11 <sup>b</sup>	3,4 ± 0,62 <sup>cd</sup>	0,66 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,57 ± 0,64 <sup>c</sup>	0,16 ± 0,08 <sup>a</sup>	11,68 ± 1,09 <sup>ab</sup>	33,38 ± 3,28 <sup>b</sup>	195,82 ± 47,31 <sup>cd</sup>
	J28	0,81 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,4 ± 0,3 <sup>c</sup>	3,89 ± 0,64 <sup>d</sup>	0,65 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,96 ± 0,61 <sup>c</sup>	0,37 ± 0,05 <sup>b</sup>	14,7 ± 2,05 <sup>c</sup>	34,32 ± 4,18 <sup>b</sup>	197,24 ± 45,09 <sup>cd</sup>
BBPM5	J0	0,79 ± 0,14 <sup>b</sup>	0,59 ± 0,34 <sup>a</sup>	3,84 ± 0,62 <sup>d</sup>	0,58 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,15 ± 0,78 <sup>d</sup>	0,19 ± 0,04 <sup>a</sup>	12,92 ± 1,84 <sup>bc</sup>	32,8 ± 5,11 <sup>b</sup>	182,04 ± 48,51 <sup>c</sup>
	J28	0,77 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,14 <sup>b</sup>	2,07 ± 0,15 <sup>b</sup>	0,66 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,27 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,05 <sup>a</sup>	13,1 ± 2,51 <sup>c</sup>	29,7 ± 8,19 <sup>a</sup>	116,02 ± 8,81 <sup>b</sup>
BBPM10	J0	0,85 ± 0,04 <sup>c</sup>	0,65 ± 0,18 <sup>a</sup>	4,16 ± 0,55 <sup>de</sup>	0,67 ± 0,12 <sup>b</sup>	3,36 ± 0,65 <sup>d</sup>	0,27 ± 0,05 <sup>a</sup>	11,96 ± 1,14 <sup>ab</sup>	31,24 ± 6,79 <sup>b</sup>	186,22 ± 5,25 <sup>c</sup>
	J28	0,81 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,78 ± 0,66 <sup>c</sup>	1,64 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,45 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,11 <sup>a</sup>	8,72 ± 4,36 <sup>a</sup>	22,6 ± 11,39 <sup>a</sup>	12,36 ± 7,49 <sup>a</sup>
BBPM15	J0	0,80 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,4 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,11 ± 0,25 <sup>cd</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,38 ± 0,26 <sup>c</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	10,42 ± 0,33 <sup>b</sup>	32,2 ± 3,07 <sup>b</sup>	214,68 ± 57,37 <sup>d</sup>
	J28	0,76 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,84 ± 0,77 <sup>c</sup>	1,56 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,85 ± 0,07 <sup>c</sup>	0,35 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,2 ± 0,1 <sup>a</sup>	8,14 ± 3,77 <sup>a</sup>	31,72 ± 2,52 <sup>b</sup>	8,42 ± 6,28 <sup>a</sup>
BBPM20	J0	0,85 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,81 ± 0,22 <sup>b</sup>	3,05 ± 0,81 <sup>c</sup>	0,64 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,25 ± 0,84 <sup>c</sup>	0,21 ± 0,06 <sup>a</sup>	10,25 ± 0,42 <sup>b</sup>	31,48 ± 6,16 <sup>b</sup>	190,76 ± 52,31 <sup>c</sup>
	J28	0,81 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,44 ± 0,14 <sup>c</sup>	1,51 ± 0,24 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,42 ± 0,25 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,06 <sup>a</sup>	15,96 ± 4,03 <sup>c</sup>	20,22 ± 2,44 <sup>a</sup>	7,82 ± 1,26 <sup>a</sup>

Les lettres a, b, c, d et e suivant les colonnes montrent une différence significative au seuil de 5 %. J0 : premier jour de l'essai ; J28 : 28<sup>ème</sup> jour de l'essai ; HDL : High density lipoproteins ; LDL : Low density lipoprotéins ; ALAT : Alanine amino transférase ; ASAT : Aspartate amino transférase ; BBPM5 : 95% de farine de patate douce et 5% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90% de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85% de farine de patate douce et 15% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80% de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de Moringa. UI : Unité Internationale

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXVII: Taux de variation des paramètres biochimiques entre le début et la fin de l'essai.

Taux de variation (%)									
Lots de rats	Glycémie	Triglycérides	Cholestérol total	HDL cholestérol	LDL cholestérol	Uree	Créatinine	ALAT	ASAT
Témoin	5,26	72,83	14,41	-1,51	15,17	131,25	25,85	0,72	-11,76
BBPM5	-2,53	23,72	-46,09	13,79	-59,68	-5,26	1,39	-36,26	-11,90
BBPM10	-4,7	173,84	-60,57	-23,88	-86,60	-22,22	-27,09	-93,36	-71,20
BBPM15	-5,0	360	-49,83	-30,76	-85,29	-23,07	-21,88	-96,07	-44,10
BBPM20	-4,7	77,77	-50,49	26,56	-81,33	0,0	55,70	-95,90	-79,59

Les lettres a, b, c, d et e suivant les colonnes montrent une différence significative au seuil de 5 % (test de tukey).

J0 : premier jour de l'essai ; J28 : 28<sup>ème</sup> jour de l'essai ; HDL : High density lipoproteins ; LDL : Low density lipoproteins ; ALAT : Alanine amino transferase ; ASAT : Aspartate amino transférase ; BBPM5 : 95% de farine de patate douce et 5% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90% de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85% de farine de patate douce et 15% de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80% de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de Moringa.

### 4.2.3. Différenciation entre les lots de rats sur la base des paramètres biochimiques sanguins.

Sur les données de paramètres biochimiques sanguins collectées chez quatre lots de rats, des analyses en composantes principales ont été effectuées. La représentation dans le plan factoriel (F1 x F2) prend en compte 79,84 % de l'information contenue dans les données. A l'analyse, quatre groupes distincts ont été formés par paramètres sanguins (Figure 20). Il s'agit :

- Le groupe I comprenant le témoin est caractérisé par la glycémie ;
- le groupe II formé par BBPM5 est caractérisé par LDL, urée et la créatinine;
- le groupe III composé de de BBPM15 est caractérisé par les transaminases (ALAT et ASAT);
- le groupe IV comprenant BBPM20 caractérisé par les triglycérides et le HDL

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

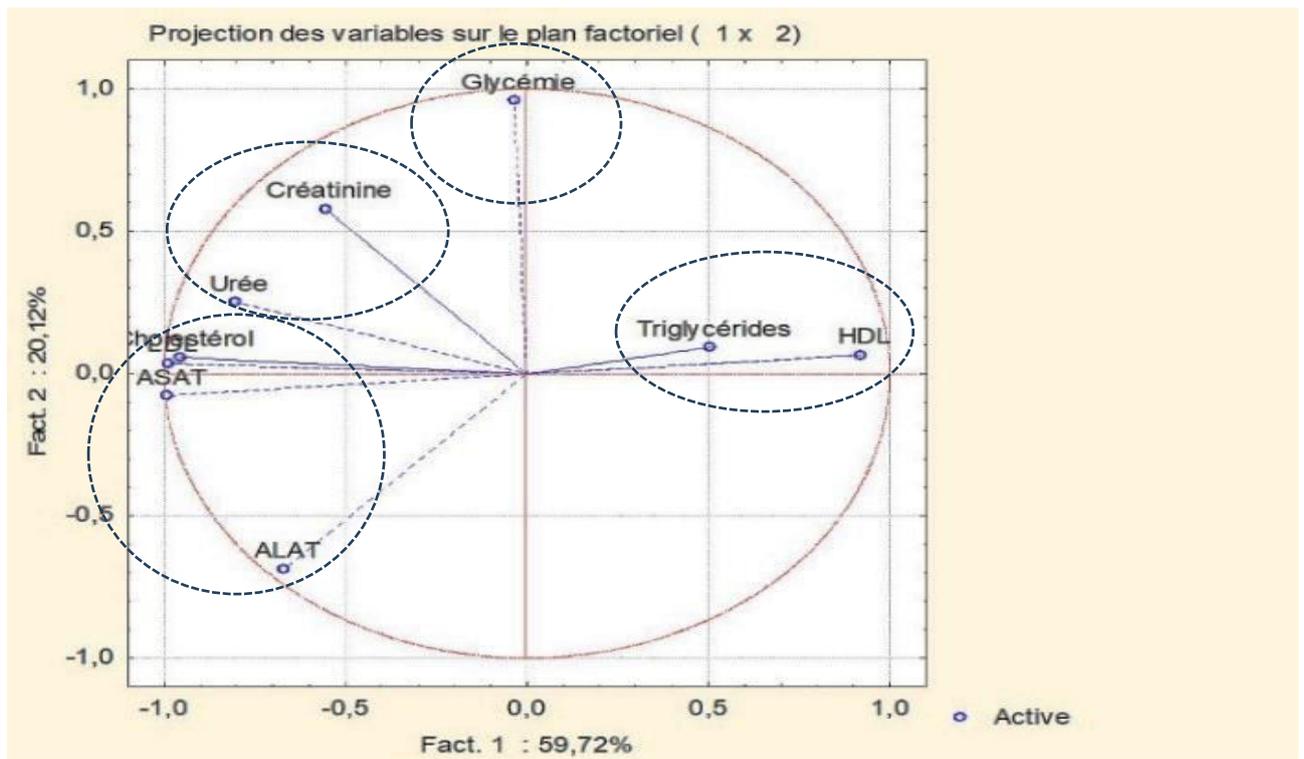


Figure 20 a : Cercle de corrélation des paramètres biochimiques sanguins des rats

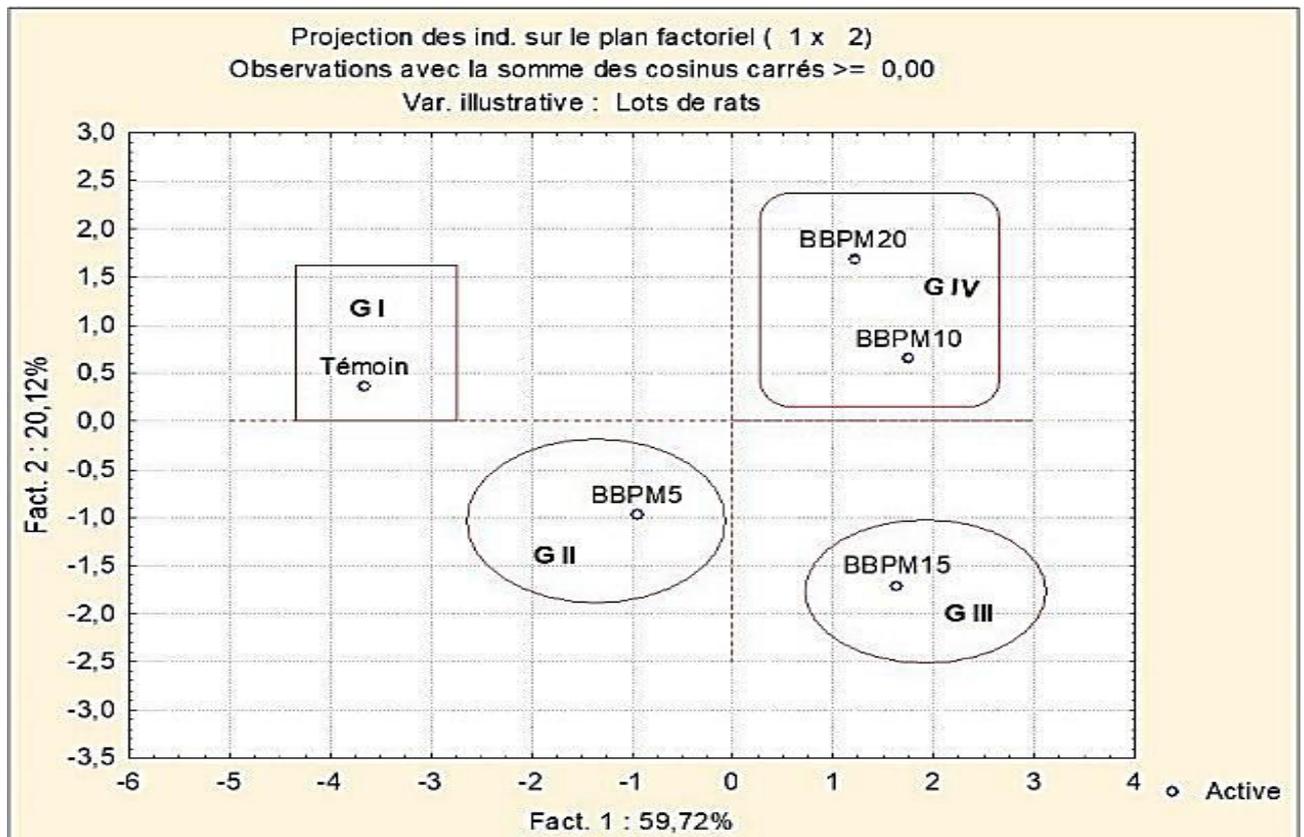


Figure 20 b : Matrice de corrélation des paramètres biochimiques sanguins des rats

Figure 20 : Analyse en composante principale des paramètres biochimiques sanguins des rats

### 4.3. Discussion

Les meilleurs taux de diminution de la glycémie après 1 heure de temps est de - 154,54 % pour la formulation BBPM15 à une dose de 300 mg/Kg de poids corporel et de - 135,8 % pour celle de BBPM20 avec la même dose après 2 heures de temps. Ainsi, la formulation BBPM15 a eu la meilleure action hypoglycémiant après 1 heure et celle de BBPM20 après 2 heures d'administration des formulations. L'effet serait comparable à celui des sulfamides hypoglycémiant dont fait partie le glibenclamide. L'action hypoglycémiant des formulations suggèrent que les composés de la poudre des feuilles de *Moringa* peuvent stimuler les cellules du pancréas qui sont responsables de la sécrétion de l'insuline (hormone d'équilibre de la glycémie). Ces diminutions sont supérieures à celle Edoga *et al.* (2013) qui ont montré que l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera Lam* à des doses de 100, 200 et 300 mg/Kg de poids corporel a réduit respectivement de 33,29, 40,69 et 44,06 % la glycémie des rats albinos induits diabétiques par l'alloxane. Rafiu & Luka (2018) ont également constaté une réduction de la glycémie chez les rats diabétiques après administration d'un extrait aqueux de feuilles de patate douce. En effet, grâce à leur potentiel antioxydant et leur capacité à inhiber la digestion de l'amidon, les polyphénols pourraient avoir un effet protecteur contre l'hyperglycémie (Asgar, 2013). Les propriétés hypoglycémiques de la poudre de feuilles pourraient stimuler la libération d'insuline, améliorant ainsi le potentiel cellulaire d'absorption et d'utilisation du glucose chez les animaux (Afolayan & Sunmonu, 2010). Les feuilles de *Moringa oleifera Lam* ont une action inhibitrice sur l'alpha amylase et l'alpha glucosidase (Adisakwattana *et al.*, 2010).

Les glycémies enregistrées au 28<sup>e</sup> jour chez les rats ont diminuées. Cette diminution suggère que les composés de la poudre des feuilles de *Moringa* pourraient réduire les glycémies par la stimulation des cellules du pancréas responsables de la sécrétion de l'insuline. Ces valeurs sont supérieures à la valeur de  $0,6 \pm 0,11$  g/L acquise dans l'étude de Barbalho *et al.* (2011) avec la plante *Passiflora edulis* sur des rats. Les taux de diminution de la glycémie des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15, BBPM20 sont supérieurs à celui du témoin. Les taux de variation de la glycémie sont faibles dans l'ensemble. Toutefois les formulations de 15 % à 20 % en poudre de *Moringa* ont exercé les meilleurs effets sur la diminution de la glycémie. Les diminutions constatées dans cette étude sont supérieures à celle enregistrée (- 2,97%) dans l'étude de Bedou, (2019) avec le témoin traité à l'eau distillée. Les formulations pourraient exercer un effet hypoglycémiant sur les rats. Cependant, la totalité des organes sont consommateurs de glucose afin d'assurer leur survie et leurs fonctions. Cela pourrait expliquer la diminution de la glycémie soumis à ce régime. Toutefois, la glycémie doit être maintenue dans des limites strictes afin de ne pas mettre l'intégrité de l'organisme en péril. Les recherches

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

effectuées sur un modèle validé d'animaux diabétiques ont démontré que les extraits éthanoliques de *Momordica charantia* augmentent l'utilisation du glucose par le foie (Sarkar *et al.*, 1996), diminuent la gluconéogenèse par l'intermédiaire de l'inhibition de deux principales enzymes (glucose-6-phosphatase et fructose-1, 6-bisphosphatase) et améliorent l'oxydation du glucose par la voie de dérivation en activant la glucose-6-phosphate déshydrogénase (Shibib *et al.*, 1993). De nombreux travaux se sont consacrés aux propriétés antidiabétiques de nombreuses plantes ont démontré que les extraits de plantes présentent des effets anti-hyperglycémiques (Kooti *et al.*, 2016 ; Sharma *et al.*, 2020 ).

La triglycéridémie à J28 a augmenté pour les rats nourris aux différentes formulations par rapport au témoin. La consommation de *Moringa* pourrait modifier le métabolisme lipidique entraînant une augmentation de la synthèse des triglycérides. Ces valeurs corroborent les valeurs de Kouadio *et al.* (2020) qui ont obtenu  $1,43 \pm 0,16$  g/L pour le régime à base de poudre de cacao fermenté (PCF) et  $1,26 \pm 0,05$  g/L pour le régime à base de cacao du commerce (PCC). Les taux d'augmentation des triglycérides pour les formulations BBPM10 et BBPM15 sont supérieurs aux autres. Toutefois, ces régimes pourraient être utilisés par les diabétiques sans apport d'huile pour résoudre leur besoin d'huile puisque le régime leur fournit déjà des triglycérides dans le sang. Une étude menée par Ighodaro & Omole (2012) a permis d'obtenir des effets pharmacologiques contraires avec les feuilles de *Bauhinia thonningii*. Selon ces auteurs, il serait possible que l'extrait possède la capacité de faciliter le transport du cholestérol et des triglycérides du sang vers les tissus.

À l'issue de l'expérimentation, le cholestérol total a augmenté chez les rats nourris aux différentes formulations. Ces valeurs sont inférieures à celle du témoin. Le taux de variation du cholestérol total des rats nourris à la formulation BBPM5 est inférieur aux autres. Les taux de variation de l'ensemble des formulations sont largement supérieurs au taux de variation du lot témoin. Les farines enrichies ont une importante action sur la baisse du taux de cholestérol dans le sérum de rats. Ces actions pourraient être attribuées au *Moringa* qui fait baisser le taux de cholestérol sérique, de phospholipides, de LDL (low density lipoprotein), de VLDL (very low density lipoprotein) et réduisent le profil lipidique du foie, chez le lapin présentant un taux de cholestérol élevé puis augmentent l'excrétion de cholestérol fécale (Mehta *et al.*, 2003). L'extrait brut de feuilles de *Moringa oleifera* Lam a démontré avoir un effet hypocholestérolémiant. Ghasi *et al.* (2000) ont montré que l'administration d'un extrait brut de feuilles avec une diète riche en matière grasse réduit le taux de cholestérol sérique, du foie et des reins, chez les rats. Par ailleurs, les valeurs HDL cholestérol chez les rats nourris aux différentes formulations sont supérieures à la valeur du lot témoin. De plus, elles sont supérieures à la valeur de  $0,27 \pm 0,05$

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

g/L obtenue avec le régime PCF (Ighodaro & Omole, 2012). Le taux de variation du HDL cholestérol des rats nourris à la formulation BBPM5 est inférieur aux taux d'augmentation des formulations et est largement supérieure au taux de variation du lot témoin. Les farines enrichies auraient donc permis d'augmenter le taux du bon cholestérol sanguin par l'intermédiaire des composés antioxydants et composés phénoliques. Ceci est en accord avec Chaturvedi *et al.* (2004) qui affirmaient que l'administration d'extraits méthanoïques de melon amer à des rats diabétiques conduit à une diminution significative du taux de triglycérides, de cholestérol LDL et une augmentation du cholestérol HDL.

Dans la présente étude, LDL cholestérol des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 a diminué par rapport au témoin. Cela pourrait être l'action des formulations à cause de leurs richesses en composés phytochimiques. Ce résultat corrobore la baisse du LDL qui est de 67,12 % entre les groupes 2 et 4 des études portant sur l'évaluation des effets hypolipidémiantes de l'huile extraite du poisson *Pseudotolithus senegalensis* chez des rattes ayant subi une dyslipidémie (Njinkoue *et al.*, 2017).

Les teneurs de l'urée à J28 pour les rats nourris aux différentes formulations sont inférieures à la valeur du lot témoin. En outre les taux de variation de l'urée des rats nourris aux formulations ont indiqué une baisse au contraire des taux de variation du lot témoin. Par conséquent, les farines de patate enrichies en poudre de *Moringa* exercent un effet de diminution de l'urée et, cet effet est plus élevé pour les formulations BBPM10 et BBPM15. L'urée provient de la destruction des protéines. Son excrétion se fait principalement par les reins et son taux reflète le fonctionnement global des reins (Maurizi-balzan & Zaoui, 2003). Ainsi, certains facteurs tels que la malnutrition protéino-énergétique et le dysfonctionnement hépatique peuvent aussi diminuer l'urémie (Lagrange, 2010). À l'issue des 28 jours d'alimentation des rats, l'urémie n'a pas varié par rapport à celle du témoin alors que sa variation a été significative entre les lots ayant reçu les rations enrichies. Ceci indique que la dose de 300 mg/Kg de poids corporel des formulations utilisées n'aurait pas eu d'impact préjudiciable sur le métabolisme de l'urée.

Les teneurs de créatinine pour les rats nourris aux différentes formulations sont inférieurs à celle du lot témoin. Le taux de variation créatinine des rats nourris aux farines formulées sont différents à celui du témoin. Coffi *et al.* (2014) ont montré qu'une faible production de créatinine chez les rats nourris à l'anagobaka pourrait attester une anomalie dans la physiologie rénale de ces animaux. Selon Sirwal *et al.* (2004, la créatinine et l'urée constituent tous deux d'excellents marqueurs de la fonction rénale. Leur augmentation reflète un dysfonctionnement rénal et indiquerait que l'extrait a causé des effets toxiques dans les tissus rénaux. En effet, la créatinine est formée dans le muscle à partir d'une dégradation non enzymatique de la créatine

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

et est éliminé uniquement par les reins à travers le glomérule (Pierre *et al.*, 2010). Le taux sanguin de la créatinine est un meilleur indicateur de la fonction rénale. Ainsi, de faibles productions de créatinine et de l'urée ont montré une hypertrophie et des lésions de fibroses interstitielles importantes des reins chez les chiens (Velanovsky 2003). Cependant les formulations n'ont pas endommagé les reins dans la présente étude.

Les teneurs en ASAT ont baissé chez les rats nourris aux différentes formulations contrairement au lot témoin avec un taux de variation faible. Cette baisse a été notée aussi au niveau des teneurs en ALAT des rats nourris avec les aliments formulés. L'alanine aminotransférase est une enzyme cytosolique sécrétée dans les cellules hépatiques d'où elle est libérée dans le sang en cas de nécrose cellulaire hépatique (Kaneko *et al.*, 1997 ; Dufour *et al.*, 2000). C'est une enzyme spécifique au foie, ce qui en fait un important indicateur très sensible de l'hépatotoxicité (Pratt & Kaplan, 2000 ; Al-Habori *et al.*, 2002). L'aspartate aminotransférase est également un indicateur de la destruction des hépatocytes même si en plus du foie on la retrouve dans le cœur, les muscles squelettiques, les poumons et les reins (Dufour *et al.*, 2000). Les taux d'ALAT et d'ASAT s'élèvent rapidement lorsque le foie est endommagé pour diverses raisons incluant les nécroses cellulaires hépatiques, l'hépatite, les cirrhoses ainsi que l'hépatotoxicité de certaines drogues (Dufour *et al.*, 2000 ; Pratt & Kaplan, 2000). Dans cette étude, la concentration de ces deux enzymes (ALAT et ASAT) a baissé significativement ( $P < 0,05$ ) chez les animaux nourris aux formulations à la dose de 300 mg/Kg pc comparativement aux animaux témoins. Ce constat témoigne que les formulations, à cette dose, n'ont causé aucun dommage sur les cellules du foie et aussi sur leur fonctionnement pendant le traitement. L'ASAT et l'ALAT sont des enzymes d'origine mitochondriale et cytoplasmique. Ainsi, toute nécrose cellulaire, destruction du parenchyme hépatique ou une augmentation de la perméabilité membranaire des hépatocytes peut mener à l'écoulement de ces enzymes dans la circulation sanguine et donc à l'augmentation de leurs taux sériques (Adeneye *et al.*, 2006 ; Jodynis-Liebert *et al.*, 2010). Les résultats biochimiques ont montré que les formulations à cette dose de 300 mg/Kg pc, pourraient avoir un effet hépato-protecteur à l'instar de l'extrait éthanolique des fruits de *Passiflora foetida* dont les effets hépato-protecteurs ont été mis en évidence par Ramasamy (2009). Ces auteurs ont d'autre part, démontré que l'extrait exerce un effet hépato-protecteur et qu'il contient des flavonoïdes, molécules connues comme étant hépato-protectrices (Narayana *et al.*, 2001). Des études antérieures sur les formulations de patate douce enrichies en poudre de feuilles de *Moringa* ont montré leur richesse en flavonoïdes. Ces molécules ont prouvé une activité hépato-protectrice dans d'autres travaux réalisés par Yaye, (2013) et Kokora *et al.* (2015). Les tests de toxicité orale aiguë et subaiguë

réalisés par Adedapo *et al.*, (2009) révèlent que l'extrait aqueux de *Moringa oleifera Lam* n'a montré aucun signe de toxicité sur les paramètres biochimiques des rats. Kasolo *et al.*, (2010) ont réalisé le test de toxicité orale aigüe avec les extraits aqueux et éthanolique de racines de *Moringa oleifera Lam* et ont établi la DL50 de l'extrait aqueux à 15,9 mg/Kg et la DL50 de l'extrait éthanolique à 17,8 mg/Kg.

#### 4.4. Conclusion partielle

Les formulations (BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20) administrées par voie orale aux rats sont hypoglycémiantes et ont les mêmes effets que le glibenclamide. La dose efficace déterminée est 300 mg/Kg pc. Elle s'est révélée comme un bon régulateur de la glycémie chez des rats rendus hyperglycémiques après induction par le glucose anhydre. Les formulations BBPM15 et BBPM20 ont exercé les meilleurs effets hypoglycémiantes après une 1 heure et 2 heures. Ces doses n'ont pas provoqué de changements des paramètres biochimiques sériques évalués (glycémie, triglycéride, cholestérol total, HDL, LDL, urée, créatinine transaminases). Les rats n'ont pas été affectés par les différentes formulations. Ces dernières n'entraîneraient aucun préjudice sur les paramètres biochimiques sanguins comparativement à ceux des rats ayant reçu de l'eau distillée. Au terme de l'étude, la meilleure formulation à recommander aux diabétiques et à vulgariser est la formulation BBPM15 (85 % de patate et 15 % de *Moringa*) en raison de son effet hypoglycémiant plus rapide.

**Chapitre 5 : Effets des farines de patate douce (*Ipomoea batatas*) enrichies en poudre de feuilles de *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam) sur les paramètres hématologiques érythrocytaires et leucocytaires et sur les tissus du foie et du rein des rats albinos (*Rattus norvegicus*).**

### 5.1. Introduction

La farine de la variété de patate douce séchée à l'étuve à 45 °C a été mélangée à la poudre de feuille de *Moringa* acquise par broyage des feuilles séchées pour des formulations. Ces farines enrichies en poudre de feuille de *Moringa* ont été administrés a des rats pour connaitre leurs effets sur les paramètres hématologiques du sang de ces rats et sur les tissus de certains de leurs organes.

### 5.2. Résultats

#### 5.2.1. Paramètres érythrocytaires des rats nourris avec les différentes formulations

De façon générale, les globules rouges (GR), l'hémoglobine (HGB), le volume globulaire moyen (VGM) et l'hématocrite (HCT) ont donné des résultats significatifs ( $p > 0,05$ ) entre les rats nourris avec les formulations et les rats du lot témoin en fin d'essai. Cependant, il y a eu une diminution non significative ( $p > 0,05$ ) de la concentration corpusculaire moyenne d'hémoglobine (CCMH), de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) et une augmentation plaquettaire (PLT) (Tableau XXVIII).

Les valeurs moyennes de la numération des globules rouges avant l'administration des formulations allaient de  $5,33 \pm 0,31 \cdot 10^6/\mu\text{L}$  à  $5,91 \pm 0,68 \cdot 10^6/\mu\text{L}$  dans tous les lots. Par contre à J28 elles allaient de  $5,49 \pm 0,86 \cdot 10^6/\mu\text{L}$  à  $6,12 \pm 0,62 \cdot 10^6/\mu\text{L}$  pour les rats nourris avec les différentes formulations et était de  $5,49 \pm 0,86 \cdot 10^6/\mu\text{L}$  pour le lot témoin. Le taux de diminution des globules rouges était de 0,54 % pour le contrôle et de 1,01 % pour BBPM15 alors qu'il y a une augmentation du nombre de globules rouges chez les rats ayant reçu le BBPM5, BBPM10 et BBPM20 avec des taux respectifs de 1,06 % ; 14,80 % et 0,34 % (Tableau XXIX)

Au départ, les valeurs moyennes d'hémoglobine étaient comprises entre  $12,46 \pm 0,49 \text{ g/dL}$  et  $12,88 \pm 0,73 \text{ g/dL}$  dans tous les lots d'animaux. Elle variait à J28 de  $12,08 \pm 0,27$  à  $12,68 \pm 0,90 \text{ g/dL}$  pour les rats nourris avec les différentes formulations et était de  $12,46 \pm 0,96 \text{ g/dL}$  pour le lot témoin (Tableau XXVIII). Les taux de diminution de l'hémoglobine sont respectivement de 2,32%, 0,55%, 1,09% et 3,04 % pour les rats des lots BBPM10 et BBPM15, BBPM5 et BBPM20 alors qu'il y a un taux nul d'augmentation de l'hémoglobine chez les rats des lots témoin (Tableau XXIX).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Ces résultats ont révélé que les taux moyens d'hématocrite des différents lots d'animaux au moment initial oscillaient de  $30,94 \pm 2,89$  à  $32,50 \pm 1,36$  %. Il n'y avait pas de différence significative entre le niveau d'hématocrite des animaux témoins ( $30,94 \pm 2,89$  %) et les animaux des autres lots. Le taux d'hématocrite a évolué à J28 de  $31,42 \pm 0,53$  % à  $32,74 \pm 1,73$  % pour les rats nourris avec les différentes formulations et était de  $32,68 \pm 1,65$  % pour le lot témoin (Tableau XXVIII). Les taux de diminution de l'hématocrite étaient respectivement de 1,23 % et 0,88 % pour les rats BBPM15 et BBPM20, alors qu'il y a une augmentation des niveaux d'hématocrite chez les rats du lot témoin et des lots nourris à BBPM5 et BBPM10 avec des taux respectifs de 5,62 % ; 0,73 % et 0,98 % (Tableau XXIX).

Les valeurs du VGM avant le début des traitements étaient comprises entre  $53,92 \pm 8,58$  fL et  $63,26 \pm 6,61$  fL dans tous les lots de rats présents. Il n'y avait pas de différence significative entre les différents lots de rats nourris et les rats témoins ( $59,46 \pm 9,75$  fL). Le niveau de VGM a varié à J28 de  $57,48 \pm 1,91$  fL à  $59,34 \pm 1,42$  fL pour les rats nourris avec les différentes formulations et était de  $60,6 \pm 3,92$  fL pour le lot témoin (Tableau XXVIII). Le taux de régression des VGM était de 6,3 % pour les rats BBPM20 alors qu'il y avait une hausse des VGM chez les rats témoins, BBPM5, BBPM10 et BBPM20 avec des taux respectifs de 1,91 % ; 4,51 % ; 0,52 % et 10,05 % (Tableau XXIX)

Les valeurs de la CCMH initiales étaient comprises entre  $80,42 \pm 3,16$  g/dL et  $82,10 \pm 9,87$  g/dL dans tous les lots d'animaux. Au moment initial, les valeurs de CCMH des différents lots n'étaient pas significatives par rapport au lot témoin ( $80,56 \pm 6,13$  g/dL). Le niveau de CCMH est passé à J28 de  $80,42 \pm 3,16$  g/dL à  $82,10 \pm 9,87$  g/dL pour les rats nourris avec les différentes formulations et était de  $81,62 \pm 6,74$  g/dL pour le lot témoin (Tableau XXVIII). Les niveaux de CCMH n'ont pas augmenté significativement respectivement pour tous les lots avec des taux de variation allant de -1,12 % à 1,44 % (Tableau XXIX).

Les valeurs de TCMH avant les formulations étaient comprises entre  $40,28 \pm 7,4$  pg et  $45,66 \pm 6,61$  pg dans tous les lots de rats. Au début, les valeurs de TCMH des différents lots n'étaient pas significatives par rapport au lot témoin ( $40,28 \pm 7,4$  pg). Les niveaux de TCMH ont varié à J28 de  $36,10 \pm 3,14$  pg à  $40,84 \pm 0,82$  pg pour les rats nourris avec les différentes formulations et étaient de  $42,64 \pm 2,87$  pg pour le lot témoin (Tableau XXVIII). Les taux de TCMH ont diminué pour les rats des lots témoin, BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 de 6,61 % ; 11,90 % ; 0,09 % ; 0,58 % et 3,03 % respectivement (Tableau XXIX).

### 5.2.2. Paramètres leucocytaires des rats nourris avec les différentes formulations.

Au début d'essai (J0) tous les globules blancs sont identiques pour tous les lots (Tableau XXVIII). En fin d'essai (J28), il y a eu une différence significative entre le lot témoin et les lots ayant consommés les farines enrichies (BBPM10, BBPM15 et BBPM20). Les valeurs ont varié de  $9,18 \pm 2,07 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  (BBPM10) à  $16,76 \pm 1,22 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  (BBPM15) avec des taux d'augmentation de 9,65 à 200 % pour BBPM15 (Tableau XXXI).

Au début d'essai (J0) tous les lymphocytes sont similaires pour tous les lots aussi bien qu'en début et fin d'essai (Tableau XXIX). Les valeurs ont varié de  $0,42 \pm 0,67 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  à  $0,48 \pm 0,36 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$ . Les variations enregistrées sont faibles de -8,66 % à 11,63 % (Tableau XXXI).

Pour les neutrophiles, les valeurs ont été les mêmes au début de l'expérimentation et ont montré une différence significatives entre le témoin, le BBPM5 et les autres lots dont les valeurs ont oscillé de  $5,08 \pm 1,34 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  à  $8,08 \pm 1,78 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  (Tableau XXIV avec des taux augmentation allant de 7,2 % à 59,05 % (BBPM15) relativement au témoin qui a diminué de 12 % (Tableau XXXI).

Les monocytes ont varié seulement pour les lots BBPM10 et BBPM15 en fin d'essai de  $0,68 \pm 0,54 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  à  $0,78 \pm 0,25 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$  (Tableau XXIX) avec des taux de variation de -5,40 à 14,70 % (Tableau XXXI). Les autres lots n'étant pas significativement différents.

Les résultats ont révélé globalement que le nombre de globules blancs a augmenté pour les rats ayant consommé les farines enrichies BBPM10, BBPM15 et BBPM20.

### 5.2.3. Teneur en plaquettes sanguines des rats nourris avec les différentes formulations

Les taux des plaquettes sont similaires en début d'essai et ont varié significativement en fin d'essai (Tableau XXX). Pour les lots ayant consommé les formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20, elles ont oscillé de  $330,6 \pm 8,28$  à  $587,9 \pm 4,30 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$ . Les valeurs les plus élevées sont celles de BBPM10 ( $587,8 \pm 2,13 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$ ) et BBPM15 ( $587,9 \pm 4,30 \text{ } 10^3/\mu\text{l}$ ) (Tableau XXXI).

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXVIII : Paramètres érythrocytaires des rats par lot nourris avec les différentes formulations

Paramètres	Lots de rats	Témoin	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
Globules rouges (10 <sup>6</sup> /μL)	J0	5,52 ± 0,69 <sup>a</sup>	5,63 ± 0,43 <sup>a</sup>	5,33 ± 0,31 <sup>a</sup>	5,91 ± 0,68 <sup>a</sup>	5,73 ± 0,63 <sup>a</sup>
	J28	5,49 ± 0,86 <sup>a</sup>	5,69 ± 0,37 <sup>a</sup>	6,12 ± 0,62 <sup>a</sup>	5,85 ± 0,84 <sup>a</sup>	5,75 ± 0,14 <sup>a</sup>
Hémoglobine (g/dL)	J0	12,46 ± 1,06 <sup>a</sup>	12,82 ± 0,78 <sup>a</sup>	12,88 ± 0,73 <sup>a</sup>	12,72 ± 0,83 <sup>a</sup>	12,46 ± 0,49 <sup>a</sup>
	J28	12,46 ± 0,96 <sup>a</sup>	12,68 ± 0,90 <sup>a</sup>	12,58 ± 0,58 <sup>a</sup>	12,65 ± 1,09 <sup>a</sup>	12,08 ± 0,27 <sup>a</sup>
Hématocrite (%)	J0	30,94 ± 2,89 <sup>a</sup>	32,5 ± 1,36 <sup>a</sup>	32,36 ± 1,05 <sup>a</sup>	32,3 ± 0,86 <sup>a</sup>	31,7 ± 0,70 <sup>a</sup>
	J28	32,68 ± 1,65 <sup>a</sup>	32,74 ± 1,73 <sup>a</sup>	32,68 ± 1,24 <sup>a</sup>	31,9 ± 1,23 <sup>a</sup>	31,42 ± 0,53 <sup>a</sup>
Volume globulaire moyen (fL)	J0	59,46 ± 9,75 <sup>a</sup>	55,8 ± 5,97 <sup>a</sup>	57,18 ± 2,50 <sup>a</sup>	53,92 ± 8,58 <sup>a</sup>	63,26 ± 6,61 <sup>a</sup>
	J28	60,6 ± 3,92 <sup>a</sup>	58,32 ± 3,92 <sup>a</sup>	57,48 ± 1,91 <sup>a</sup>	59,34 ± 1,42 <sup>a</sup>	59,26 ± 2,28 <sup>a</sup>
Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (g/dL)	J0	80,56 ± 6,13 <sup>a</sup>	80,46 ± 7,70 <sup>a</sup>	80,42 ± 3,16 <sup>a</sup>	80,5 ± 7,90 <sup>a</sup>	82,10 ± 9,87 <sup>a</sup>
	J28	81,62 ± 6,74 <sup>a</sup>	81,62 ± 9,81 <sup>a</sup>	81,3 ± 1,92 <sup>a</sup>	80,7 ± 2,94 <sup>a</sup>	81,18 ± 1,88 <sup>a</sup>
Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (pg)	J0	45,66 ± 6,61 <sup>a</sup>	40,98 ± 29,51 <sup>a</sup>	40,28 ± 75,40 <sup>a</sup>	40,76 ± 4,76 <sup>a</sup>	42,12 ± 8,66 <sup>a</sup>
	J28	42,64 ± 2,87 <sup>a</sup>	36,1 ± 3,14 <sup>a</sup>	40,24 ± 0,50 <sup>a</sup>	40,52 ± 1,27 <sup>a</sup>	40,84 ± 0,82 <sup>a</sup>

*a et b : les Moyennes suivies de lettres différentes dans une même colonne sont significativement différentes (p < 0. 05) ; BBPM5 : 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de Moringa ; J0 : premier jour de l'expérience J28 : 28<sup>ème</sup> jour de l'expérience.*

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXIX: Paramètres leucocytaires des rats par lot

Constituants	Lots de rats	Témoïn	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
Globules blancs ( $10^3/\mu\text{l}$ )	J0	$5,98 \pm 1,22^a$	$5,18 \pm 2,73^a$	$5,1 \pm 4,15^a$	$5,58 \pm 3,11^a$	$5,9 \pm 0,89^a$
	J28	$5,96 \pm 3,60^a$	$5,68 \pm 2,97^a$	$9,18 \pm 2,07^b$	$16,76 \pm 1,22^b$	$10,32 \pm 4,84^b$
Lymphocytes ( $10^3/\mu\text{l}$ )	J0	$0,46 \pm 0,18^a$	$0,45 \pm 0,42^a$	$0,46 \pm 0,23^a$	$0,44 \pm 0,18^a$	$0,43 \pm 0,11^a$
	J28	$0,46 \pm 0,19^a$	$0,48 \pm 0,28^a$	$0,42 \pm 0,67^a$	$0,44 \pm 0,13^a$	$0,48 \pm 0,36^a$
Neutrophile ( $10^3/\mu\text{l}$ )	J0	$5,78 \pm 1,77^a$	$5,0 \pm 0,26^a$	$5,08 \pm 1,64^a$	$5,08 \pm 1,34^a$	$5,14 \pm 0,72^a$
	J28	$5,04 \pm 3,58^a$	$5,36 \pm 1,22^a$	$8,06 \pm 1,67^b$	$8,08 \pm 1,78^b$	$7,46 \pm 1,83^b$
Monocytes ( $10^3/\mu\text{l}$ )	J0	$0,74 \pm 0,24^a$	$0,70 \pm 0,24^a$	$0,70 \pm 0,59^a$	$0,68 \pm 0,54^a$	$0,72 \pm 0,18^a$
	J28	$0,70 \pm 0,28^a$	$0,70 \pm 0,19^a$	$0,78 \pm 0,25^b$	$0,78 \pm 0,18^b$	$0,74 \pm 0,46^a$

*a et b : les Moyennes suivies de lettres différentes dans une même colonne sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) ; BBPM5 : 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80 % de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de Moringa ; J0 : premier jour de l'expérience J28 : 28<sup>ème</sup> jour de l'expérience.*

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXX : Paramètres thrombocytaires des rats par lot

Plaquettes sanguines ( $10^3/\mu\text{l}$ )		Témoin	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
Période de prélèvement	J0	331,8 ± 2,59 <sup>a</sup>	326,57 ± 7,87 <sup>a</sup>	334,64 ± 8,00 <sup>a</sup>	330,6 ± 4,91 <sup>a</sup>	331,94 ± 2,59 <sup>a</sup>
	J28	330,6 ± 8,28 <sup>a</sup>	466,7 ± 1,18 <sup>b</sup>	587,8 ± 2,13 <sup>b</sup>	587,9 ± 4,39 <sup>b</sup>	414,4 ± 2,09 <sup>b</sup>

*a et b : les moyennes suivies de lettres différentes dans une même ligne sont significativement différentes ( $p < 0.05$ ) ; BBPM5 : 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de Moringa ; J0 : premier jour de l'expérience J28 : 28<sup>ème</sup> jour de l'expérience*

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau XXXI : Taux de variation des paramètres hématologiques

Taux de variation (%)	Constituants	Témoin	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
	Globules rouges	- 0,54	1,06	14,8	- 1,01	0,34
	Hémoglobine	0	-1,09	- 2,32	- 0,55	-3,04
	Hématocrite	5,62	0,73	0,98	- 1,23	- 0,88
	Volume globulaire moyenne	1,91	4,51	0,52	10,05	- 6,32
Érythrocytes	Concentration corpusculaire moyenne en hemoglobine	0,13	1,44	1,09	0,24	- 1,12
	Teneur corpusculaire moyenne en hemoglobine	- 6,61	- 11,9	- 0,09	- 0,58	-3 ,03
	Globules blancs	-0,33	9,65	80	200	74,91
Leucocytes	Lymphocytes	0	6,66	-8,69	0	11 ,63
	Monocytes	- 5,4	0	11,42	14,7	2,77
	Neutrophiles	-12,80	7,2	58,66	59,05	45,13
Thrombocytes	Plaquettes sanguines	- 0,36	42,90	75,65	77,82	24,84

*BBPM5 : 95 % de farine de patate douce et 5 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM10 : 90 % de farine de patate douce et 10 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM15 : 85 % de farine de patate douce et 15 % de poudre de feuille de Moringa ; BBPM20 : 80 % de farine de patate douce et 20 % de poudre de feuille de Moringa ; J0 : premier jour de l'expérience J28: 28<sup>ème</sup> jour de l'expérience*

#### 5.2.4. Différenciation entre les rats nourris avec les formulations sur la base des paramètres hématologiques

Sur les données de paramètres hématologiques sanguins (érythrocytaires, leucocytaires et plaquettaires) collectées chez quatre lots de rats, des analyses en composantes principales ont été effectuées. La représentation dans le plan factoriel (F1 x F2 ) prend en compte 66,73 % de l'information contenue dans les données. À l'analyse, quatre groupes distincts ont été formés par paramètres sanguins (Figure 21). Il s'agit :

- Le groupe I formé par le témoin caractérisé par le VGM ;
- le groupe II comprenant BBPM5 et BBPM15 caractérisé par le TCMH
- le groupe III composé de BBPM10 caractérisé par les hématocrites et l'hémoglobine;
- le groupe IV comprenant BBPM20 caractérisé par les lymphocytes et les monocytes.

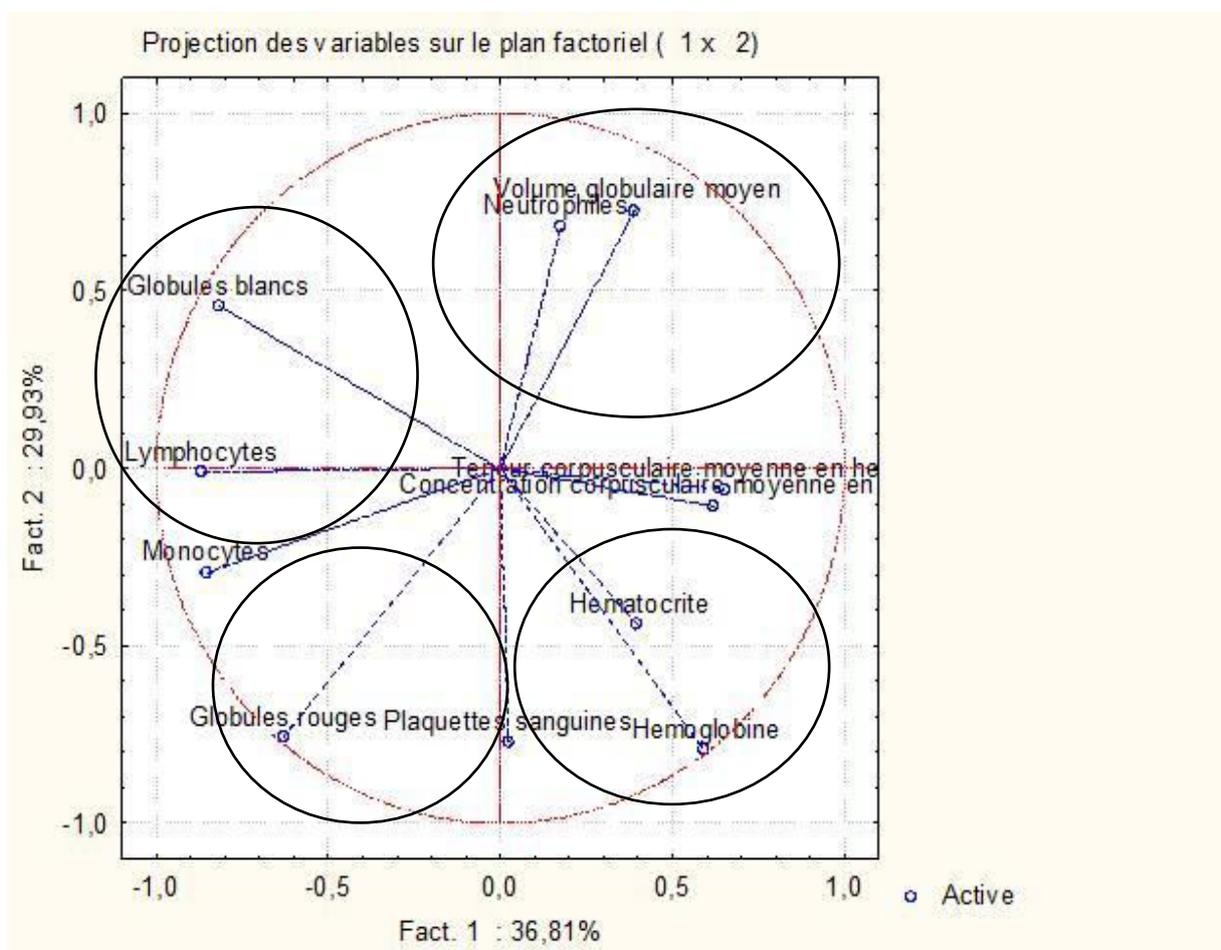


Figure 21 a : Cercle de corrélation des paramètres hématologiques sanguins des rats

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

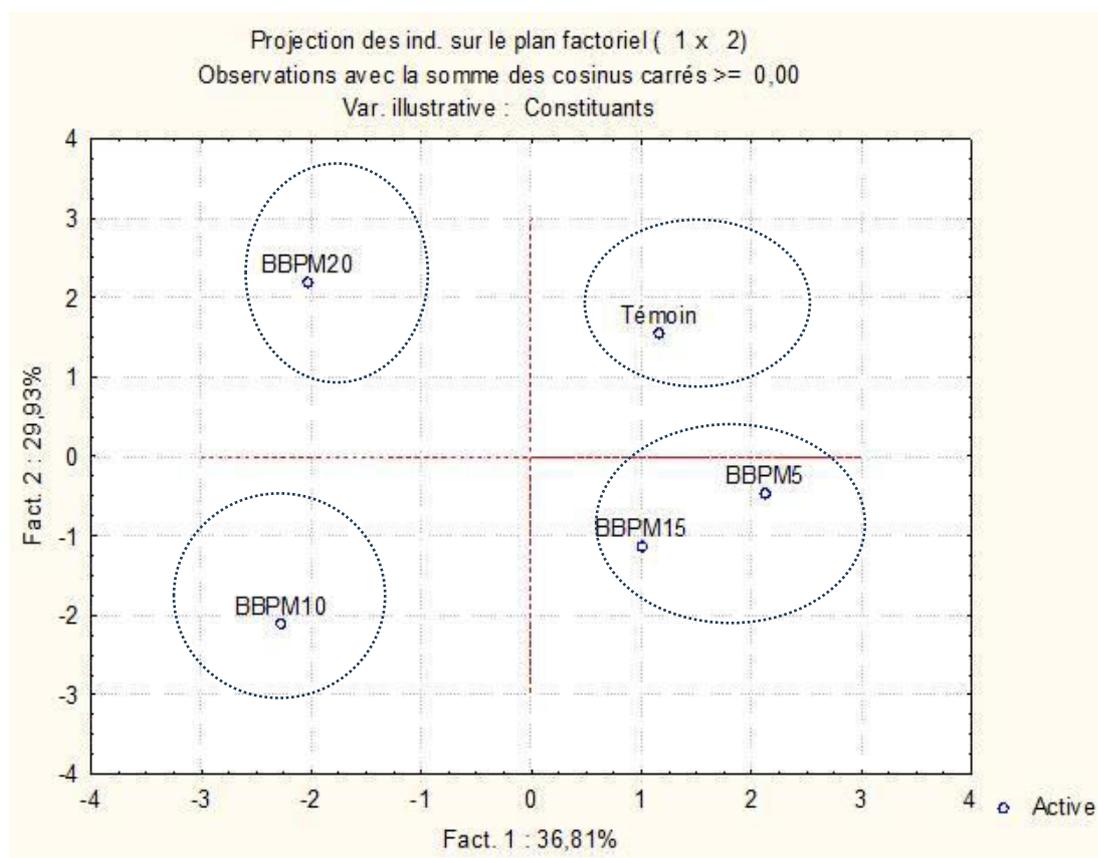


Figure 21 b : matrice de corrélation des paramètres hématologiques sanguins des rats

Figure 21 :Différenciation entre les rats nourris avec les formulations sur la base des paramètres hématologiques

### 5.2.5. Impact des farines enrichies sur les tissus du foie chez les rats

Chez les témoins (Figure 22 a) et les lots traités (Figures 22 b, 22 c, 22 d et 22 e), les tissus des foies sont normaux, avec des hépatocytes bien visibles. Les cellules du foie de chacun des lots de rats ont gardé leur intégrité cellulaire (membrane cellulaire intacte, noyau bien visible, pas de lésion cellulaire) aussi bien chez les rats ayant été nourris aux farines enrichies et des témoins qui ont consommé de l'eau distillée. Aucune stéatose n'a été observée par l'accumulation de triglycérides dans les hépatocytes. Cependant, le témoin et le lot BBPM5 ont eu des noyaux modifiés par condensation du contenu nucléaire.

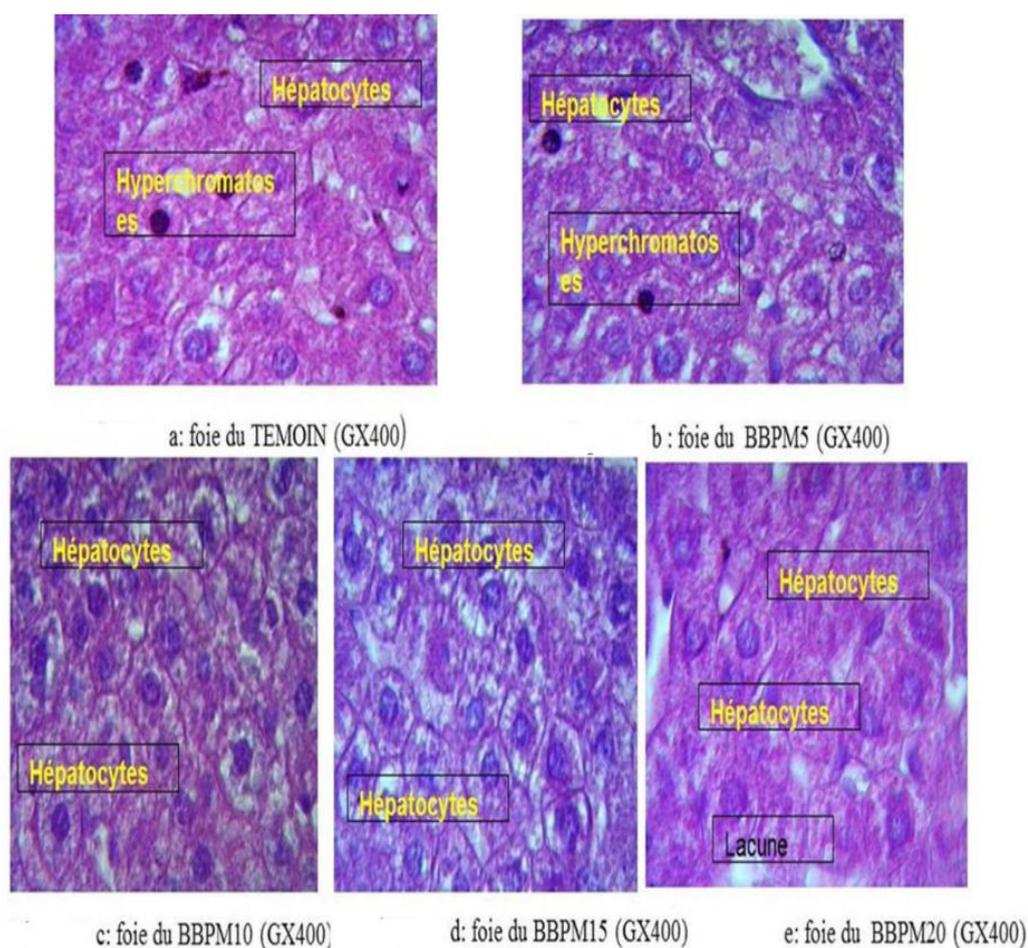
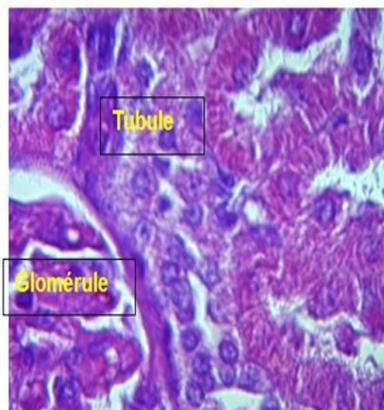


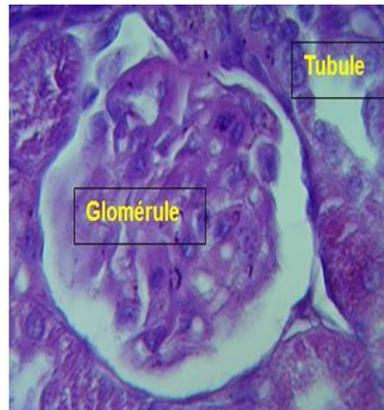
Figure 22 : Observations au microscope de coupes histologiques des tissus du foie des rats nourris avec les formulations à base de farines de patate douce et de poudre de feuilles de Moringa.

### 3.5.2.6. Impact des farines enrichies sur les tissus du rein chez les rats

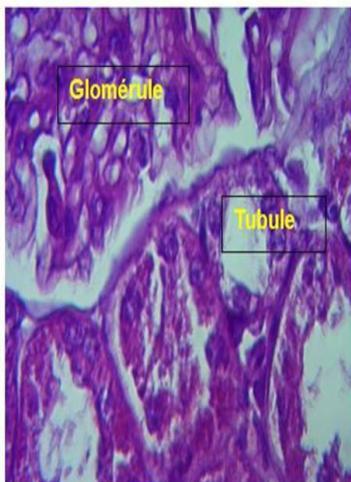
Chez les témoins (Figure 23 a) et les lots traités (Figure 23 b, 23 c, 23 d et 23 e), le rein présente un aspect normal, avec des glomérules et tubules bien visibles. Les glomérules et tubules sont bien vascularisés et délimités avec une absence d'anomalie chez tous les lots de rats aussi bien chez les rats ayant été nourris aux farines enrichies que des témoins qui ont consommé de l'eau distillée.



a : Rein du TEMOIN (GX400)



b : Rein du BBPM5 (GX400)



c: Rein du BBPM10 (GX400)



d: Rein du BBPM15 (GX400)



e: Rein du BBPM20 (GX400)

Figure 23 : : Observations au microscope de coupes histologiques des tissus de reins des rats nourris avec les formulations à base de farines de patate douce et de poudre de feuilles de Moringa.

### 5.3. Discussion

Éléments figurés du sang, les globules rouges jouent un important rôle dans le transport de l'oxygène des poumons aux tissus et cellules du corps. Ils interviennent également dans le transport du CO<sub>2</sub> des tissus aux poumons chez les mammifères. Les valeurs moyennes du nombre de globules rouges avant l'administration des formulations sont dans le même ébauche que celles enregistrées chez les rats nourris avec les différentes formulations à J28. Ces valeurs sont proches de celles usuelles comprises entre 6 et 10 10<sup>6</sup>/μL rapportées chez les rats. L'absence de variation du nombre de globules rouges entre les lots de rats étudiés pourrait signifier que les formulations à base de patate douce et de poudre de *Moringa* n'affecteraient pas les hématies des rats traités. Des valeurs d'hématies comprises entre 6,6±0,5 10<sup>6</sup>/μL et 7,07±0,79 10<sup>6</sup>/μL ont été évoquées par Onsiyor *et al* (2019) et Bedou (2019). Ces auteurs ont utilisé sur des rats respectivement des extraits aqueux d'*Ageratum conyzoides* (EAqAc) et des extraits aqueux total de *Bauhinia thonningii* (EABt). Tout comme le nombre de globules rouges, la teneur en hémoglobine des rats n'a pas été affecté par les formulations administrées. Les valeurs ont oscillé durant l'expérimentation et sont conformes aux valeurs de références (11-20 g/dL) chez le rat. Cela pourrait dire que les formulations n'ont pas affecté la santé des rats. Diaby *et al.* (2016) ont rapporté des valeurs de l'ordre de 14 ± 2g/dL pour les rats mâles et femelles ayant reçu 4 mg/kg du cadmium. Comme il fallait s'y attendre, l'hématocrite n'a pas été affectée par les farines formulées administrées durant 28 jours aux rats. Toutefois, les valeurs enregistrées dans la présente étude sont proches de celles de référence comprise entre 39-55 % (Andreu, 2005). Des valeurs de l'ordre de 38 ± 0,6 % ont été signalées par Onsiyor *et al.* (2019) qui étudiaient l'effet des extraits aqueux d'*Ageratum conyzoides* sur des rats. Selon Moussa (1999) et Khaled & Huda (2013), des diminutions du nombre de globules rouges, du taux d'hémoglobine et d'hématocrite pourraient être dues à des perturbations excessives qui ont lieu au niveau des métabolismes.

Dérivant de l'hématocrite et de la numération globulaire, le volume globulaire moyen (VGM) est un paramètre sanguin rendant compte de la taille des globules rouges. Cette taille des globules n'a pas été affectée par les farines formulées administrées aux rats car elle serait non toxique. Bedou (2019) a rapporté des valeurs similaires (56,80±0,80 fL) chez des rats soumis aux extraits de *Bauhinia Thonningii*. De même Onsiyor *et al.* (2019) ont enregistré des valeurs (54±2,1 fL) comprises dans cet intervalle lorsqu'ils travaillaient sur des rats traités avec des extraits aqueux d'*Ageratum conyzoides*. En comparant les valeurs de VGM obtenues dans la

## TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

présente étude à celle de référence chez les rats (*Rattus norvegicus*), il est à noter que les VGM sont normaux.

Par ailleurs, les valeurs de CCMH avant les traitements étaient supérieures à celles enregistrées chez les rats nourris avec les formulations après 28 jours. Cela pourrait être une réduction pour équilibrer la CCMH par la consommation d'aliments. Des valeurs acquises (34,8 – 38 g/dL) chez des rats *Sprague* normaux âgés de 7 à 140 semaines sont comprises dans cet intervalle (Bailly & Duprat, 1990). Diaby *et al.* (2016) ont rapporté des CCMH plus bas compris entre  $29 \pm 15$  (rats mâle) et  $30 \pm 1,1$  g/dL (rats femelles) dans ces travaux sur l'administration du cadmium aux rats. La réduction du nombre de globules rouges associée à une diminution de CCMH symboliserait une anémie hypochrome (Wagner, 2000; Ayed, 2015). Quant à la TCMH, les valeurs après administration des formulations sont inférieures à celles enregistrées avant administration. Les formulations ont permis de faire tendre les TCMH vers les valeurs usuelles (12 et 24,5 pg) des rats de compagnie normaux établies par Boussarie (1999).

Les concentrations de plaquettes sanguines sont similaires en début d'essai. Ces valeurs sont proches des valeurs usuelles pour les rats, comprises entre 500 et  $1300 \cdot 10^3/\mu\text{L}$  rapportées par Andreu (2005). Des valeurs plus élevées ont été signalées chez des rats mâles ( $1255 \pm 210 \cdot 10^3/\mu\text{L}$ ) et des rats femelles ( $876 \pm 80 \cdot 10^3/\mu\text{L}$ ) ayant reçu de l'eau distillée (Diaby *et al.*, 2016). Par ailleurs, des augmentations de taux de plaquettes de plus de 50 % ont été notées dans la présente étude chez les rats nourris. Ces augmentations peuvent être dues aux formulations administrées. En effet, ces formulations renferment des nutriments dont la vitamine B12 qui joue un rôle important dans la production de globules rouges et plaquettes. Les formulations BBPM10 et BBPM15 qui ont induit les augmentations des taux de plaquettes sanguines les plus élevées peuvent être recommandées aux personnes souffrant de thrombopénie.

Avant tout traitement, les nombres de globules blancs chez les rats étaient normaux. En effet, ils sont compris entre  $6 \cdot 10^3/\mu\text{L}$  et  $10 \cdot 10^3/\mu\text{L}$  qui sont les valeurs usuelles chez les rats (Andreu, 2005). Il en est de même pour les valeurs enregistrées chez les rats nourris aux différentes formulations. Les variations notées au niveau du nombre de globules blancs, sont restées dans les limites des valeurs usuelles. Par conséquent, les formulations n'ont pas affecté significativement ce paramètre sanguin. La valeur du lot témoin a été comprise entre la valeur minimale et la valeur maximale des lots traités. En outre, la valeur minimale est inférieure à la valeur ( $9,8 \pm 0,8 \cdot 10^3/\mu\text{L}$ ) du témoin normo glycémique pendant que celle maximale est proche de  $10 \pm 0,6 \cdot 10^3/\mu\text{L}$  obtenue par Onsiyor *et al.* (2019) avec l'extrait aqueux de *Ageratum*

### TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

*conyzoïdes* (EAqAc). Néanmoins les formulations ont provoqué une immunisation chez les rats avec augmentation du taux de globules blancs

Les valeurs des lymphocytes sont proches des valeurs usuelles (65-85 %). En outre, le taux de neutrophiles qui a oscillé chez les rats n'a pas été affecté par ces formulations administrées. Toutefois, les taux enregistrés dans la présente étude sont plus bas de ceux compris entre 16,1 et 17,9 % obtenus chez les rats *Long evans* mâles et femelles âgés de 26 jours à 15 mois Jain (1993). Le système hématopoïétique et les cellules sanguines font partie des cibles les plus sensibles aux composés toxiques (Mukinda & Syce, 2007). Selon Olson *et al.* (2000), les données obtenues à partir des études réalisées sur le système hématopoïétique chez des animaux ont une valeur prédictive pour la toxicité humaine.

Les résultats histopathologies obtenus ont montré que les farines enrichies n'affectent pas l'architecture structurale du tissu hépatique des rats. Les résultats de cette étude sont conformes à ceux de l'étude de Guillouzo *et al.* (1989) sur des rats sains avec les extraits aqueux totaux de *Nauclea lalifolia* et de *Combretum glulosum*. Par ailleurs, l'examen histologique chez les rats *Wistar* exposés au cadmium en présence de zinc a révélé des désorganisations cellulaires, des atypies cyto-nucléaires et des nécroses au niveau des tissus hépatiques et rénaux (Berroukche *et al.*, 2014). En outre, les granulations de triglycérides (stéatose) observées chez certains rats de tous les lots pourraient provenir des granulés distribués aux rats pendant la période expérimentale. Selon Sula *et al.* (2020), l'accumulation lipidique proviendrait d'une inhibition de la synthèse des apoprotéines (réticulum endoplasmique déficient) impliquées dans le transfert des lipides de l'hépatocyte vers le compartiment extracellulaire et/ou d'une déficience du transport des vacuoles de condensation golgiennes par les microtubules. De plus, compte tenu de la réduction du nombre des mitochondries, une diminution du catabolisme des acides gras (8 oxydations) peut être mise en cause. Par ailleurs Martin & Feldmann (1983) ont observé des coupes de foie de rat traité avec les extraits de *Nauclea lalifolia* qui présentaient des figures de mitose et de nombreux hépatocytes aux noyaux hypertrophiques réactionnels, à chromatine abondant et régulièrement réticulée et à membrane bien visible. Les traitements de ce type pourraient alors induire un certain accroissement de l'activité hépatocytaire. Aussi, des études similaires sur des animaux traités avec les extraits de *Tinospora bakis*, ont montré des lésions de stéatose microvasculaire discrète le plus souvent située dans les régions centrolobulaires. Cela serait le signe de la dégénérescence graisseuse que pourrait induire des doses élevées des extraits de cette plante tel que rapporté par Fortin *et al.* (1990).

De même que pour le foie, les farines enrichies n'affectent pas l'architecture structurale des reins des rats. La poudre de *Moringa* des formulations serait principalement riche en nutriments et en antioxydants et pourrait soutenir la santé des organes vitaux. Les résultats de la présente étude sont contraires à ceux de l'étude sur l'effet de la toxicité d'acétate de plomb et de chlorure de cadmium sur les tissus rénaux et hépatiques chez les cobayes (Randa *et al.*, 2012). Ces auteurs ont montré dans leur étude que les métaux endommagent principalement les reins et le foie. Par ailleurs, l'étude de l'histopathologie rénale de Kaplan *et al.* (2009) a non seulement confirmé mais également a montré que le cadmium affecte les tubules proximaux et est véhiculé par le sang jusqu'à être déposé dans les organes produisant ainsi des effets biochimiques, histologiques ou morphologiques qui se traduisent par des altérations spécifiques de ceux-ci (Moussavo, 2010).

### 5.4. Conclusion partielle

Dans le présent travail, les effets de la farine de patate douce enrichie en poudre de *Moringa* sur les cellules sanguines ont été évalués par le biais des analyses hématologiques et des tissus hépatiques et rénaux. Les formules érythrocytaires n'ont pas été affectées par les formulations administrées aux rats. Cependant les paramètres leucocytaires ont augmenté significativement chez les lots ayant consommés les formulations. Ce renforcement du système immunitaire a été constaté plus dans les lots BBPM10, BBPM15 et BBPM20 ce qui constitue un avantage.

Aussi les plaquettes ont augmenté significativement dans les lots BBPM10 et BBPM15. En tenant compte des plaquettes ces deux formulations pourraient lutter contre des hémorragies chez des malades.

De plus la consommation de farines de patate enrichies à la poudre de *Moringa* par des rats n'a pas eu d'effets toxiques sur le foie et les reins de ces rats. Au terme de l'étude la meilleure formulation à recommander aux diabétiques et à vulgariser est la formulation BBPM15 (85 % de patate et 15 % de *Moringa*) en raison de son effet à augmenter les plaquettes sanguines.

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

L'objectif de ce travail était d'évaluer les aspects épidémiologiques et cliniques du Diabète au CHR de Daloa et de valoriser la farine de patate douce enrichie en poudre de feuille de *Moringa* pour des soins diabétiques. Au terme de cette étude, au niveau de l'enquête, une dominance du diabète de type 2 a été enregistrée. La plupart des malades était des personnes âgées de plus de 50 ans et déscolarisés. Les principaux symptômes constatés sont entre autres l'hyperglycémie, l'hémoglobine glyquée déséquilibrée, la glycosurie et l'observation de signes cardinaux. Certains de ces diabétiques s'orientent vers les produits traditionnels aux fins de régulariser leur glycémie. L'utilisation des patates douces et du *Moringa* a été signalée par quelques patients. La caractérisation biochimique des patates douces et des farines enrichies, a révélé que la patate douce à peau blanche et à chair blanche (BB) a été la plus riche en glucides, en polyphénols, en flavonoïdes, en lysine et en arginine. Les résultats ont montré aussi que les teneurs en minéraux des farines enrichies à 20 % et à 15 % en poudre de *Moringa* ont été plus élevées notamment en calcium, en magnésium et en Zinc. L'analyse des composés biochimiques a montré une richesse des formulations BBPM20 et BBPM15 en protéines, en vitamine E et en vitamines du groupe B (B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>12</sub>). Ces mêmes formulations ont enregistré des taux élevés en fibres et en antioxydants tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes. En outre, les formulations BBPM15 et BBPM20 ont exercé les meilleurs effets hypoglycémiant. Les nombreuses potentialités nutritionnelles ont motivé l'utilisation de ces farines formulées dans tests *in vivo* nécessitant des rats *Wistar*. La consommation de ces farines de patate enrichies à la poudre de *Moringa* par des rats n'a pas eu d'effets toxiques sur leur foie et leur rein. Aussi, les formules leucocytaires et érythrocytaires n'ont pas été affectées négativement par les formulations administrées. Par ailleurs, une augmentation significative du taux de plaquettes sanguines a été notée avec les farines BBPM10 et BBPM15. La meilleure formulation à recommander aux diabétiques et à vulgariser est la formulation BBPM15 (85 % de patate et 15 % de *Moringa*) en raison de son effet hypoglycémiant plus rapide. Ses potentialités nutritionnelles sont également un avantage. En outre, son faible coût et sa composition faite exclusivement de matières premières agricoles disponibles localement constituent des avantages à son utilisation pour les diabétiques. En perspectives, il paraît important de :

- effectuer des analyses microbiologiques afin d'évaluer la qualité sanitaire de ces farines formulées ;
- faire une évaluation sensorielle des farines enrichies afin d'apprécier leur acceptabilité.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abubakar H.N., Olayiwola I.O., Sanni S.A. & Idowu M. (2010). Chemical composition of sweet potato (*Ipomoea batatas Lam*) dishes as consumed in Kwara state, Nigeria. *International Food Research Journal*, 17 (1) : 411-416.
- ADA (2014). Diagnosis and classification of diabetes mellitus, *Diabetes Care*, 37 (1) : 81-90.
- Adedapo A.A., Mogbojuri O.M. & Emikpe B.O. (2009). Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera Lam* in rats. *Journal. Medecine Plants Research* ; 3 : 586-591.
- Adeneye A.A., Ajagbonna O.P., Adeleke T.I. & Bello S.O. (2006). Preliminary toxicity and phytochemical studies of the stem bark aqueous extract of *Musanga cecropioides* in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 105 : 374-379.
- Adisakwattana S., Jiphimai P., Prutanopajai P., Chanathong B., Sapwar S. & Ariyapitipan T. (2010). Evaluation of alpha-glucosidase, alpha-amylase protein glycation inhibitory activities of edible plants. *International Journal Food Sciences Nutrition*, 61 : 295-305.
- AFNOR (1986). Recueil de normes françaises. Contrôle de la qualité des produits laitiers, 3<sup>ème</sup> édition, AFNOR, Paris-la-Défense, Paris (France), 1030 p.
- Afolayan A.J. & Sunmonu T.O (2010). *In vivo* Studies on Antidiabetic Plants Used in South African Herbal Medicine. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 47 (2): 98-106.
- AFSSA (2002). Les fibres alimentaires : définition de méthodes de dosage, allégations nutritionnelles. Rapport du comité des experts spéciaux, Nutrition humaine, France, 62 p.
- Ahmed M., Akter M.S., Lee J.C. & Eun J.B. (2010). Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. *LWT- Food Science and Technology*, 43 :1307-1312.
- Aissou K.N. & Boudjelal Z. (2017). Potentiel prébiotique de *Moringa oleifera Lam* *Mémoire de Master Sciences alimentaire, UFR Sciences Biologiques et de l'environnement, Université Abderrahmane. MIRA de Bejaia, (Bejaia, Algérie), 65 p.*
- Akré D.S.T., Obouayeba A.P., Koffi A.E., Kouakou K.E., Konan D., Kporou K.E. & Akoua K.C. (2021). Évaluation des facteurs de risques du diabète chez les patients diabétiques au Centre Hospitalier Régional de Daloa, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 168 : 17436 – 17445.

- Alberti K.G. & Zimmet P.Z. (1998). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1 : diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a World Health Organization consultation. *Diabetic Medicine*, 15(7) :539–553.
- Al-Habori M., Al-Aghbari A., Al-Mamary M. & Baker M. (2002). Toxicological evaluation of *Catha edulis* leaves : a long term feeding experiment in animals. *Journal of Ethnopharmacology*, 83 : 209-217.
- Ali S. & Dornhorst A. (2011). Diabetes in pregnancy : health risks and management. *Postgraduate Medical Journal*, 87(1028) : 417-427.
- Amani N.V. (2017). Etude comparative de différentes techniques culturales (buttes, billons et labour à plat) sur le rendement de 5 géotypes de la patate douce dans les conditions pédoclimatiques de Kabare (cas du groupement de Bugorhe). Diplôme de Sciences Agronomiques Et Environnement, Université Évangélique en Afrique (Bukavu, République Démocratique du Congo.), 36 p.
- ANAES (2000). Agence Nationale d'accréditation et d'évaluation en santé- Stratégie de prise en charge du patient diabétique de type 2 à l'exclusion de la prise en charge des complications, Service des Recommandations et Références Professionnelles 161 p.
- Andreu D. L. E. (2005). Dominantes pathologiques chez le rat domestique. *Bulletin Société Vétérinaire pratique de France*, 89(1) : 60-76.
- Antarlina S. (1990). Proceedings of the inaugural planning workshop on the user's perspective with agricultural research and development Baguio City, Philippines pp 68-73.
- Antonio G.C., Takeiti C.Y., Augustus de Oliveira R. & Park K.J. (2011). Sweet Potato : production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 5(2) :1-18.
- Anwar F. & Rashid U. (2007). Physico-chemical characteristics of *Moringa oleifera Lam* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 39 :1443- 1453.
- Anwar F., Ashraf M. & Bhangar M.I. (2005). Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera Lam* oil seeds from Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 82 : 45–51.
- AOAC (1990). Méthodes officielles d'analyse. 15<sup>ème</sup> édition. Association des chimistes analytiques officiels, Washington, DC, Etats-Unis, pp. 200-210.

- Archambeaud F. (2008). Actualités thérapeutiques dans le diabète de type 2. *Actualités Pharmaceutiques Hospitalières*, 4 (14) : 13-17.
- Asante W. J., Ochire-Boadu K. & Baatuuwie N. (2012). Initial growth response of *Moringa oleifera Lam* seedlings to different soil amendments. *African Journal of Agricultural Research*, 7(45): 6082-6086.
- Asgar A.M. (2013). “Anti-Diabetic potential of phenolic”. *International Journal of Food Properties* ; 16 (1) : 91-103.
- Asma B. & Zohra B. (2021). Activité antibactérienne des feuilles d'extrait de la *Moringa oleifera Lam*. Master en Nutrition et Pathologie, Département de Sciences Alimentaires. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, (Mostaganem, Algérie), 42 p.
- ASPC (2011). Le diabète au Canada : Perspective de santé publique sur les faits et chiffres. Ottawa, 134 p.
- Atakpama W., Kponor E. G. E., Kanda M., Dourma M., M'tékounm N., Batawila K. & Akpagana K. (2014). *Moringa oleifera Lam Lamarck (Moringaceae)* : une ressource phytogénétique à usage multiple. *Revue CAMES*, 2 : 1-16.
- Atmani D., Chaher N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud H., Debbache N. & Atmani D. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112: 303-309.
- Austin M.E., Aung L.H. & Graves B. (1970). Some observations on growth and development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 45(1) : 257-264.
- Awodele O., Oreagba I.A., Odoma S., Dasilva J.A.T. & osunkalu V.O. (2012). Toxicological evaluation of the aqueous leaf extract of *Moringa oleifera Lam Lam. (Moringaceae)*. *Journal of Ethnopharmacology*, 139, 330-336.
- Azzi R., Djaziri R., Lahafa F., Sckal F.Z., Bennehdi H. & Belkacem N. (2012). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 : 2041- 2050.
- Badila C., Diatwa M., Ellaly G. & Nguyen D. (2009). Mise au point d'un procédé de fabrication des farines de banane plantain et de tubercules de patate douce : Elaboration des caractéristiques chimiques des farines. *Annales de l'Université Marien NGOUABI*, 10 (4) : 57-63

- Bailly Y. & Duprat P. (1990) Normal blood cell values, Rat. In : JONES, WARD, MOHR, HUNT- Hemopoietic system- Springer Verlag , 27-38.
- Bainbridge Z., Tomlins K., Willings K. & Vestby A. (1996). Methods for assessing quality Characteristic of non grain starch staple. Part 4 advanced methods. *Greenwich Academic Literature Archive*, 1 : 43-79.
- Banhoro O. (2011) : Valorisation des produits locaux : Formulation et production de biscuit à base de pulpe de baobab (*Adansonia digitata*), Mémoire de Licence professionnelle en Génie Biologique. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso), 58 p.
- Barbalho S.M., Damasceno D.C., Spada A. P.M., Lima I. E. R.N., Araujo A.C., Guiguer E.L., Martuchi K. A., Oshiiwa M. & Mendes G. (2011). Effects of *Passiflora edulis* on the Metabolic Profile of Diabetic Wistar Rat Offspring. *Journal of Medicinal Food*, 14 (12) : 1490–1495.
- Bardi O. & Fanni S. (2015). Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de poudre de feuilles du *Moringa oleifera Lam.* Mémoire de Master en chimie d'environnement, Faculté des sciences et de la technologie, Université d'Adrar (Adrar, Algérie), 71 p.
- Barr M., Glenny A. T., & Parish H. J. (1951). Diphtheria antitoxin in cord-blood. Survey of samples from 15 areas of *British Isles* : 713-716.
- Bastard J.P. & Hainque B. (1995). Mécanismes d'action cellulaire de l'insuline et insulino-résistance périphérique. *Sang Thrombose Vaisseaux*, 7(6) : 365-374.
- Bastard J.P., Vigouroux C. & Capeau J. (2001). Syndrome métabolique ou syndrome d'insulinorésistance. *EMC Endocrinologie-Nutrition*, 10 : 1-7.
- Baynes J.W. & Thorpe S.R. (1999). Role of oxidative stress in diabetic complications : a newperspective on an old paradigm. *Diabetes*, 48(1) :1-9.
- Bedou K. D. (2019). Evaluation de l'activité inhibitrice des fruits de *bauhinia thonningii* (Fabaceae) sur deux glycosidases et essai de traitement du diabète chez le rat Wistar. Thèse de Doctorat de Pharmacologie des Substances Naturelles, Université Felix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 168 p.
- Beers M.H., Porter R.S., Jones T.V. & Merck N.J. (2006). The Merck Manual of Diagnosis and Therapy. 18<sup>th</sup> edition. Whitehouse Station, Research Laboratories, 2535-2545.

- Behnas S. & Benabdel K. S. (2021). Evaluation de l'activité antibactérienne des graines de *Moringa oleifera Lam* dans la dépollution des eaux usées. Mémoire de Master de Biotechnologie et Génomique Végétale, Filière : Biotechnologies, Département Biologie et Ecologie Végétale, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Algérie 42 p.
- Bell A., Mû O., & Schuler B. (2000). « Les richesses du sol : les plantes à racines et tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte », édition Fondation allemande pour le développement international, Feldafing, 237 p.
- Bellet C. (2016). Prise en charge diététique du patient diabétique : enquête sur les habitudes alimentaires du patient diabétique. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université de Picardie Jules Verne, (Amiens, France), 123 p.
- Ben H. S. & Makkar H. (2009). Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology* 150, 27-33.
- Benkaddour M. (2019). Optimisation des conditions d'extraction des composés phénoliques chez *Thapsia garganica L.* Mémoire de Master en Sciences biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj (Galbois, Algérie), 58 p.
- Bennet R. N., Amaglo N. K., Lo Curto R. B., Rosa E. A. S., Lo Turco V., Giuffrida A., Lo Curto A., Crea F. & Timpo G. M. (2010). Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera Lam Lam.*, grown in Ghana. *Food Chemistry*, 122 : 1047-1054.
- Berbel M.N., Pinto M.P., Ponce D. & Balbi A.L. (2011). Nutritional aspects in acute kidney injury. *Revista da Associacao Medica Brasileira*, 57 : 600-606.
- Bernfeld P. (1955). Amylases : alpha and beta. *Methods in Enzymology*, 1 : 149-158.
- Berroukche A., Slimani M., Kahloula K., Kafi H. & Cheikh A. (2014). Evaluation de l'activité du cadmium, en présence de zinc, sur les structures des tissus régulateurs de flux chez le rat Wistar. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4) : 1796-1807.
- Betsche T. & Fretzdorff B. (2005). Biodegradation of oxalic acid from spinach using cereal radicles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(25) : 9751–9758

- Bhagave B., Pandey I., Nama K. S. & Pandey M. (2015). *Moringa oleifera Lam.* – Sanjana (Horseradish Tree) – A Miracle food plant with multipurpose uses in Rajasthan-India- An overview. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 3, 237-248.
- Bhagave, B., Pandey, I., Nama, K. S., & Pandey, M. (2015). *Moringa oleifera Lam.* – Sanjana (Horseradish Tree) – A Miracle food plant with multipurpose uses in Rajasthan-India- An overview. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 3, 237-248.
- Bhatty R.S. & MacGregor A.W. (1988). Gamma irradiation of hulless barley : effect on grain composition, beta-glucans, and starch. *Cereal Chemistry*, 65 : 463–470.
- Bianchi M.L.P., Silva, H.C. & Campos M.A.D. (1983). Effect of several treatments on the oligosaccharide content of a Brazilian soybean variety. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 31 : 1364-1366.
- Bit (1980). Conservation des légumes à petites échelles. Série Technologie. Dossier N° 13, 1<sup>ère</sup> édition, Lavoisier. Paris (France), 420 p.
- Bosquet F. & Hartemann-Heurtier A. (2004). Insulinothérapie dans le diabète de type 2. *EMC-Endocrinologie*, 1 : 55-65.
- Boukhers I. (2022). Étude et valorisation du potentiel antioxydant, de l'effet anti-inflammatoire et de l'index glycémique de farines issues de légumes amylicés : *Manihot esculenta*, *Ipomoea batatas*, *Canna edulis* et de leurs sous-produits. Thèse de Doctorat en Sciences des Aliments et Nutrition, Unité de recherche Qualisud, Université de Montpellier, (Montpellier, France), 181 p.
- Boussarie D (1999). Hématologie des rongeurs et lagomorphes de compagnie- Bulletin de l'Académie. Vétérinaire. de France, 72 , 209-216
- Bouwkamp J.C. (1985). Sweet Potato Products: A natural resource for the tropics (Part II), Library of Congress Cataloging, Florida, 137-259.
- Brobbrey A. (2015). Growth, yield and quality factors of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L) lam) as affected by seedbed type and fertilizer application and utilization of root and tuber crops in africa. Master of Philosophy in Agronomy, Department of crop and Soil Sciences Kwame Nkrumah, University of Science and Technology Kumasi (Kumasi, Ghana), 95 p.
- Broin M. (2005). Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera Lam.* *Moringanews*.1-5

- Broussolle C., Orgiazzi J. & Noël G. (1990). Physiopathologie du diabète non insulino-dépendant : données actuelles et conséquences thérapeutiques. *La Revue de Médecine Interne*, 11(2) : 143-148.
- Burdurlu H.S., Koco N. & Karadeniz F. (2006). Degradation of vitamin c in *Citrus* juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74 (2) : 211-216.
- Buss D., Baptista D & Nessimian J. (2003). Bases conceptuelles para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cadernos Saúde Pública*, 19(2) : 465-473.
- Cameron I (2011) : An operative version of the Banting story. *Canadian Medical Association Journal*, 10 : 208-216.
- Cavill N., Kahlmeier S., Racioppi F. (2007). Évaluation économique des infrastructures et des politiques de transport : Guide méthodologique pour l'évaluation économique des effets sur la santé liée à la marche et au vélo *ResearchGate* :1-19
- Cerf M. E. (2013). Beta cell dysfunction and insulin resistance. *Frontiers in Endocrinology*, 4 : 1-13.
- Champagne A. (2010). Diversité chimique et biofortification des plantes à racines et tubercules tropicales : Caractérisation des parents et élaboration de protocoles permettant l'optimisation de la sélection. Thèse de Doctorat en Biologie Végétale. UFR Sciences Ingénierie et Santé, Université Jean Monnet- Saint Etienne, (Saint Etienne, France), 210 p.
- Chang-Chen K.J., Mullur R. & Bernal-Mizrachi E. (2008). Beta-cell failure as a complication of diabetes. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 9(4) : 329-343.
- Chaturvedi P., George S., Milinganyo M. & Tripathi Y.B. (2004). Effect of *Momordica charantia* on lipid profile and oral glucose tolerance in diabetic rats. *Phytother Research*, 18 : 954-956
- Chen D., Daniel K.G., Kuhn D.J., Kazi A., Bhuiyan M., Li L., Wang Z., Wan S.B., Lam W.H., Chan T.H. & Dou Q. P. (2004). Green tea and tea polyphenols in cancer prevention. *Frontiers in Bioscience*, 9 : 2618-2631
- Chukwuebuka E. (2015). *Moringa oleifera* "the mother's best friend". *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4 : 624-630.

- Chumark P., Khunawat P., Sanvarinda Y., Phornchirasilp S., Morales N.P., Phivthong-Ngam L., Ratanachamnong P., Srisawat S. & Pongrapeeporn K.U.S. (2008). The *in vitro* and *ex vivo* antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera Lam Lam*. Leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 116 (3) : 439-446.
- Coffi T., Ahissou H., Gouthon P. & Laleye A. (2014). Etude de l'activité antihypertensive d'une association de plantes (*Schrankia leptocarpa*, *Garcinia kola* et *Ocimum americanum*) chez le rat Wistar. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(6) : 2685-2695.
- Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of flowering plant. *Columbia University Press*, 248-250.
- Dana G. & Benichou C. (1993). Causality assessment of adverse reactions to drugs\_I.A novel method based on the conclusions of international consensus meetings : application to drug\_induced liver injuries.*Journal of clinical Epidemiology* .46 (11) :1323-1330
- Davis W. & Davis T. (2010). Cardiovascular risk prediction in adults with type 1 diabetes : the Fremantle Diabetes Study. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 90 : 75-78.
- Deevika B., Asha S., Taju G. & Nalini T. (2012). Cadmium acetate induced nephrotoxicity and protective role of curcumin in rats. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5(3) : 186-188.
- DeFronzo R., Ferrannini E., Alberti K.G.M.M. & Zimmet P. (2015). International Textbook of Diabetes Mellitus, 4<sup>eme</sup> édition, volume 2 Set. John Wiley & Sons, (Texas, USA),1228 p.
- Dekkar O. M. (2012). L'éducation thérapeutique du patient diabétique (pratiques et messages éducatifs). Thèse de Doctorat de Medecine, Faculté de Médecine et de Pharmacie ; Université Sidi Mohammed Ben Abdellah (Fès, Maroc), 188 p.
- Demba C. (2019). Identification du risque podologique chez les patients diabétiques dans le service de Médecine et Endocrinologie de l'hôpital du Mali. Thèse de Médecine, Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, (Bamako, Mali), 88 p.
- DeMiguel-Yanes J.M., Manning A.K., Shrader P., McAteer J.B., Goel A., Hamsten A., Fox C.S., Florez J.C., Dupuis J. & Meigs J.B. (2011). Variants at the endocannabinoid receptor CB1 gene (CNR1) and insulin sensitivity, type 2 diabetes and coronary heart disease. *Obesity*, 19(10) : 2031-2037.

- Descat F. (2001). Hématologie du rat : hémogramme et myélogramme. Thèse de Doctorat en Sciences vétérinaires, Ecole Nationale vétérinaire de Toulouse (Toulouse, France), 105 p.
- Diaby V. (2018). Études biochimique, hématologique et histologique du sulfate de cadmium chez les rats Wistar Thèse de Doctorat de Biologie Fonctionnelle et Moléculaire UFR Biosciences, Université Félix Houphouët- Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire) 130p
- Diaby V., Yapo A.F., Adon A.M., Dosso M. & Djama A.J. (2016). Renal, Hepatic and Splenic Biototoxicity of Cadmium Sulphate in the Wistar Rats. *International Journal of Environmental Science and Toxicology Research*, 4(6) :103-110
- Diaga M. (2020). Profil epidemio-clinique du diabetique nouvellement diagnostique au centre de lutte contre le diabete. Thèse de Doctorat en Médecine, Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (Bamako, Mali), 77 p.
- Diana S.R. N., Doreen R. M. D. & Robyn L. H. (2018). Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. *Canadian Journal of Diabetes*, 42 (2018) 6-9
- Dibi K. E. B., Essis B., N'Zué B., Kouakou A. M. & Zohouri G. P. (2016). Appui à la promotion de la patate douce à chair orange en Côte d'Ivoire. Rapport final avenant du Projet / Agriculture familiale pour la nutrition et l'équité de genre (CHANGE). CNRA Bouaké, 16 p.
- Diop S.N. & Diédhiou D. (2015). Le diabète sucré en Afrique sub-saharienne : aspects épidémiologiques et socioéconomiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 15 : 123-129.
- Dirlwanger M., Perrenoud L., Castellsague-perolini M. & Schwitzgebel V. (2007). L'enfant diabétique et les spécificités de son traitement insulinique. *Revue médicale suisse* (3) : 994-1000.
- Divi S.M., Bellamkonda R. & Dasireddy S.K. (2012). Evaluation of antidiabetic and antihyperlipidemic potential of aqueous extract of *Moringa oleifera* Lamin fructose fed insulin resistant and STZ induced diabetic wistar rats : a comparative study. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, (5) : 67–72.
- Djellali F., Haciane F. & Madji R. (2019). Le profil lipidique chez le diabétique type deux. Thèse en Pharmacie, Faculté de Médecine, Université Mouloud Maameri, (Tizi Ouzou, Algérie), 167 p.

- Djeneba C., Dembélé Y. K., Touré O. B. & Iknane A. A. (2022). Caractérisation et composition biochimique et nutritionnelle du *Moringa Oleifera* récolté dans le district de Bamako, Mali en 2020. *Mali Santé Publique*, 5-13.
- Djeridane A., Yous M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. & Vidal N. (2006) Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemical*. 97 (1) : 654-660.
- Dolly J., Prashant K. R., Amit K., Shikha M. & Geeta W. (2009). Effect of *Moringa oleifera* Lam lam. Leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 123 (3) : 392-396.
- Doyle M.E. & Egan J.M (2003). "Pharmacological agents that directly modulate insulin secretion." *Pharmacological Reviews* 55(1) : 105-131.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P. & Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3) : 350-356.
- Dufour D.R., Lott J.A., Nolte F.S., Gretch D.R., Koff R.S. & Seeff L.B. (2000). Diagnosis and monitoring of hepatic injury II. Recommendation for use of laboratory tests in screening, diagnosis and monitoring. *Clinical Chemistry*, 46 : 2050-2068.
- Eastham R.D. (1978). Abrégé de constantes biologiques. Edition Masson. Paris, France, 248 p.
- Edoga C.O., Njoku O., Amadi E.N. & Okeke J.J. (2013) Blood sugar lowering effect of *Moringa oleifera* lam in albinos rats. *International Journal of Technology*, 3 : 88-90.
- Eeg-Olofsson K., Cederholm J., Nilsson P.M., Zethelius B., Svensson A.M., Gudbjornsdottir S. & Eliasson B. (2010). Glycemic control and cardiovascular disease in 7,454 patients with type 1 diabetes : an observational study from the Swedish National Diabetes. *Register Diabetes Care*, 33(7) : 1640-1646.
- El Hilaly J., Israili Z.H. & Lyoussi B. (2003). Acute and chronic toxicological studies of *Ajuga iva* in experimental animals. *Journal of Ethnopharmacology*, 91 : 43-50.
- El Sohaimy S.A., Hamad G.M., Mohamed S.E., Amar M.H. & Al-Hindii R.R. (2015). Biochemical and functional properties of *Moringa oléifera* leaves and their potential as a functional food. *Global Advanced Resaerch Journal of Agricultural Sciences*, 4 (4) : 188-199.
- Elke K. A. & Zannini E. (2013). Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. Publisher, Elsevier Science 512 p

- EL-Mouhayyar C., Riachy R., Khalil A. B. Eid A. & Azar S. (2020). SGLT2 Inhibitors, GLP-1 Agonists, and DPP-4 Inhibitors in Diabetes and Microvascular Complications : *A Review International Journal of Endocrinology*, 20 : 1-11.
- Evans J.M., Newton R.W., Ruta D.A., MacDonald T.M. & Morris A.D. (2000). Socio-economic status, obesity and prevalence of Type 1 and Type 2 diabetes mellitus. *British Diabetic*, 17(6) : 478-480.
- Fakeye H.M. (2008). Étude de faisabilité du développement de la filière *Moringa oleifera Lam.* Rapport final de la direction de la Coopération Suisse, Bénin, 64 p.
- FAO (2021). L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. Transformer les systèmes alimentaires pour que la sécurité alimentaire, une meilleure nutrition et une alimentation saine et abordable soient une réalité pour tous. (Rome, Italie), Etat du monde, 230 p.
- FAOSTAT (2015). Techniques culturales de la patate douce, Manuel de formation des agents de développement et des producteurs, 55p <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>, accédé le 23 mai 2023
- FAOSTAT (2018). Données de l'Alimentation et de l'Agriculture <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>, consulté le 23 mai 2023.
- Fardet A., Rock E. & Rémésy C. (2008). Is the *in vitro* antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected *in vivo*. *Journal of Cereal Science*, 48 : 258-276.
- Fatsah A. & Zoubir B (2012). Effet antidiabétique des plantes médicinales. Mémoire du Diplôme d'Etude Supérieur en Biologie Moléculaire et cellulaire option Biochimie, Faculté des Sciences Biologiques, Université Abderrahmane. MIRA de Bejaia, (Bejaia, Algérie), 65 p
- Fendler W., Borowiec M., Baranowska-Jazwiecka A., Szadkowska A., Skala-Zamorowska E., Deja G., Jarosz-Chobot P., Techmanska I., Bautembach-Minkowska J., Mysliwiec M., Zmyslowska A., Pietrzak I., Malecki M.T. & Mlynarski W. (2012). Prevalence of monogenic diabetes amongst Polish children after a nationwide genetic screening campaign. *Diabetologia*, 55(10) : 2631-2635.
- FID (2015). Diabetes Atlas IDF, 7th édition. Brussels, Belgium, 140 p.
- FID (2016). Diabetes and Cardiovascular Disease. *In* The International Diabetes Federation, Brussels, Belgium, 166 p.
- FID (2017). Atlas du Diabète de la FID, 8e édition FID. Bruxelles, 150 p.

- FID (2019). Atlas du Diabète de la FID, 9e édition FID. Bruxelles, 167 p.
- Forouzanfar M., Alexander L. & Anderson H. (2015). Global, regional and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013 : a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, 386 : 2287–2323.
- Fortin D., Lo M. & Maynard G. (1990). Plantes médicinales du Sahel. Edition Cecienda. Gastroentérol Clinique Biologique, 725-730.
- Frankel F. R., Allemand J. B., Kinsella J. E. & Kanner J. (1993). Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet*, 341 : 454-457.
- Fritzinger J. (2016). Pre-Columbian Trans-Oceanic Contact, Lulu.com, Amazon Book Club 318 p.
- Gawel E. (2012). Chemical composition of lucerne leaf extract (efl) and its applications as a phytobiotic in human nutrition : *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 11(3) 303-310.
- Gbekley E.H., Karou D.S., Gnoula C., Agbodeka K., Anani K., Tchacondo T., Agbonon A., Batawila K. & Simporé J. (2015). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région Maritime du Togo. *The Pan African Medical Journal*, 20 : 437-453
- Gella F. J., Olivella T., Pastor M. C., Arenas J., Moreno R., Durban R., & Gomez J. A. (1985). A simple procedure for the routine determination of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase with pyridoxal phosphate. *Clinica chimica acta*, 153 (3), 241-247.
- Ghasi S., Nwobodo E. & Ofili J.O. (2000). Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera Lam Lam* in high-fat diet fed wistar rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 69 : 21- 25.
- Giacco F. & Brownlee M. (2010). Oxidative stress and diabetic complications. *Circulation Research*, 107(9) :1058-1070.
- Giboney P.T. (2005). Mildly Elevated Liver Transaminase Levels in the Asymptomatic Patient. *American Family Physician*, 71(6) : 1105-1110

- Gillery P., Bordas-Fonfrede M., Chapelle J.P., Drouin P., Hue G., Levy-Marchal C., Perier C., Selam J.L., Slama G. & Thivolet C. (1999) : HBA1c : clinical and biological agreement for standardization of assay methods. Report by the experts of ALFEDIAM (Association de Langue Francaise pour l' Etude du Diabète et des Maladies Métabolique) and SFBC (Société Francaise de Biologie Clinique). *Diabetes & Metabolism*, 25(3) : 283-287.
- Giridhari A.V., Malathi D. & Geetha K. (2011). Anti diabetic property of drumstick (*Moringa oleifera Lam*) leaf tablets. *International Journal of Health and Nutrition*, 2 (1) : 1-5.
- Glato K., Aïdam A., Odah K., Tozo K., AttohMensah M. & Etse K. (2014). Régénération *in vitro* par organogénèse directe de pousses à partir de boutures de trois cultivars de patate douce (*Ipomoea batatas*) originaire du Togo. *European Scientific Journal*, 10(27) : 276-291.
- Godoy-Matos A.F. (2014). The role of glucagon on type 2 diabetes at a glance. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 6 : 91-96.
- Gowda S., Desai B.P., Kulkarni S.S., Hull V.V., Math A.A.K. & Vernekar S.N. (2010). Markers of renal function tests. *North American Journal of Medical Sciences*, 2(4) : 170-173.
- Green R. & Flamm S. (2002). AGA Technical review on the evaluation of liver chemistry tests. *Gastroenterology*, 123 :1367-1384.
- Grenier-Michaud S., Cloutier L. & Nantel P. (2011). Comprendre le fonctionnement renal une composante essentielle de la surveillance paraclinique. *Perspective infirmière*, 8(3) : 30-35.
- Griffey C., Brooks W., Kurantz M., Wade T., Taylor F., Don O., Robert M., Rolando F., Miryeong S. & Kevin H. (2010). Grain composition of Virginia winter barley and implications for use in feed, food, and biofuels production. *Journal of Cereal Science*, 51 :41–49.
- Gromada J., Franklin I. & Wollheim C. B. (2007).  $\alpha$ -Cells of the endocrine pancreas: 35 years of research but the enigma remains. *Endocrine reviews*, 28 : 84-116.
- Grossin N. Wautier M.P. Meas T. Guillausseau P.J. Massin P. & Wautier J.L. (2008). Severity of diabetic microvascular complications is associated with a low soluble RAGE level. *Diabetes & Metabolism*, 34 (4) :392-395.

- Grove T.H. (1979). L'effet du pH du réactif sur la détermination du cholestérol des lipoprotéines de haute densité par précipitation avec du phosphotungstate de sodium-magnésium. *Chimie clinique*, 25 : 560-564.
- Guariguata L., Linnenkamp U., Beagley J., Whiting D.R. & Cho N.H. (2014). Global estimates of the prevalence of hyperglycaemia in pregnancy. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 103(2) : 176-185.
- Guillouzo A., Clerc C., Malledant Y., Chesne C., Ratanasavanh D., gugen-guillouzo C. (1989). Modèles d'étude de la cytoprotection hépatique gastroentérol. *Annales de Biologie Clinique*. 11 : 725-730.
- Guindo K.M. (2008). Étude de la glycémie chez les étudiants du campus universitaire de la Faculté des Sciences et Techniques de Bamako, Thèse de Doctorat en Médecine. Faculté de Medecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université de Bamako (Bamako, Mali), 95 p.
- Gupta K., Barat, G.K., Wagle D.S. & Chawla H.K.L. (1989). Nutrient contents and antinutritional factors in conventional and non-conventional leafy vegetables. *Food Chemistry*, 31 :105-116.
- Gura S. (1991). Sweet potato-No longer to be neglered. *Entwicklung und landlicker raun*, 1 : 20-23.
- Gurkin U. (1988). The Effect of storage conditions on selected quality attributes of Sweetpotato flour. Masters Thesis in Food Science and Technology, University of Tennessee, (Knoxville, Tennessee, Etats - Unis), 69 p.
- Gwarzo U.S. (2012). Determination of iodine content of some commonly utilized leafy vegetables : *Spinacea oleracea linn* (Spinach), *Brassica oleracea var* (Cabbage), *hibiscus sabdriffa linn* and *lactuca sativa L.* (Lettuce) found in Kano metropolis vegetable markets. *Chemsearch Journal*, 3(2) : 11-13.
- Hadj B.H. & Benbelal O. (2020). Étude de l'effet antidiabétique de l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera Lam Lam* chez des rats Wistar rendus diabétique par la streptozotocine. Mémoire de Master en Biochimie Appliquée, Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa (Ghardaïa, Algérie), 62 p.
- Halimi S. (2005). Nouvelles stratégies thérapeutiques dans le diabète de type 2. *Presse Médicale*, 34 : 1287-1292.

- Hammes H.P., Feng Y., Pfister F. & Brownlee M. (2011). Diabetic retinopathy : targeting vasoregression. *Diabetes*, 60 : 9-16.
- Harborne J. B. & Williams C. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55 (6) : 481-504.
- Harper H. A., Rodwel V. W. & Mayes P. A. (1982). Précis de Biochimie. *Presses Universitaires de Laval*, 138 p.
- Hayma J. (2004). Le stockage des produits agricoles tropicaux, Agrodok 31 Fondation Agromisa, Wageningen, 200 , the Netherland 69-68.
- Hedhili A. (2021) Aliments supplémentés en *Moringa oleifera* en Afrique du Sud : Une approche multidisciplinaire combinant études consommateurs et analyses physicochimiques et nutritionnelles. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques Ecole Doctorale Environnements et Santé, Université Bourgogne Franche-Comté (Bourgogne, France) 170 p.
- Hekmat S., Kathryn M., Soltani M. & Robert G. (2015). Sensory evaluation of locally-grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in Mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with *Moringa oleifera*. *Journal of Health, Population, and Nutrition*, 33, 60-67.r, 36, (2), 289-301.
- Henauer J. & Frei J. (2008). Alimentation riche en fibres : L'importance des fibres pour les personnes souffrantes de paralysie, paraplegiker zentrum uniklink Balgrist traduction française AG et CBA, 3 :1-9.
- Hironori M., Ogasawara F., Sato K., Higo H. & Minobe Y.(2007). Isolation of a regulatory gene of anthocyanin biosynthesis in tuberous roots of purple-fleshed sweet potato. *Plant Physiology*, 143: 1252-1268.
- Ho P., Hogg T.A. & Silva M.C.M. (1999). Application of a liquid chromatographic method for the determination of phenolic compounds and furans in fortified wines. *Food Chemistry*, 64 (1) :115-122.
- Holman N., Young B. & Gadsby R. (2015). Current prevalence of Type 1 and Type 2 diabetes in adults and children in the UK. *Journal of the British Diabetic Association*, 32 : 1119–1120.
- Hould R. (1984). Technique d'histopathologie et de cytopathologie. Maloine édition, Paris, France, 399 p.

- Hunt K.J. & Schuller K.L. (2007). The increasing prevalence of diabetes in pregnancy. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 34 (2) : 173-199.
- Ighodaro O.M. & Omole J.O. (2012). Effects of Nigerian *Piliostigma thonningii* species leaf extract on lipid profile in Wistar Rats. *International Scholarly Research Network pharmacology 2012* : 1-4.
- IITA (1982) : Tuber and Root Crops Production Manual : *International Institute of Tropical Agriculture*, Ithaca (Etats Unis), 488 p.
- INS (2021). Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2021. Résultats globaux, 37 p. Consulté le 15 Mars 2022. <https://plan.gouv.ci/assets/fichier/RGPH2021-RESULTATS-GLOBAUX-VF.pdf>
- Iqbal S. & Bhangar M. (2006). "Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan." *Journal of food Composition and Analysis*, 19 (6): 544-551.
- Issa A. H., Doumma A., & Bello M. T. (2015). Inventaire des variétés, des méthodes locales de stockage et de protection contre les ravageurs de la patate douce (*Ipomoea batatas L.*) dans la bande Ouest du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 9(4) : 1962-1971.
- Jabbari A., Barzegar M., Erfani F. & Hassandokht M-R. (2007). Effect of Cultivar on Chemical Composition of Some Iranian Spinach. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 : 602-606.
- Jain N.C (1993). Essentials of veterinary hematology Philadelphie: Lea and Febiger, -Chapitre, Chapitre 12 288-298.
- Janssens M. J. J. (2001). Sweet potatoes (*Ipomoea batatas Lam*) : *In* : Crop Production in the tropical Romain H Raemaekersed, 205-220.
- Jodynys-Liebert J., Nowicki M., Murias M., Adamska T., Ewertowska M., Kujawska M., Piotrowska H., Konwerska A., Ostalska-Nowicka D. & Pernak J. (2010). Cytotoxicity, acute and subchronic toxicity of ionic liquid, didecyldimethylammonium saccharinate, in rats. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 57 : 266-273.
- Jovovic S. (2023). La consommation d'aliments ultra-transformés en fonction de la diversité culturelle parmi les adultes au Canada. Analyse de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) 2015. Thèse de Doctorat, Spécialité Nutrition Département de Nutrition, Faculté de Médecine, Université de Montréal (Québec, Canada), 141p.

- Kaboré E. (2009). Essais de formulation et production de biscuits à base de patate douce à chair orange. Mémoire de Licence Professionnelle en Agro-Alimentaire, Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, Université Polytechnique de Bobodioulasso (Bobodioulasso, Burkina Faso), 54 p.
- Kaboré N. (2010) : Transformation de la patate douce : caractérisation nutritionnelle et organoleptique des produits, Rapport de Stage. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, (Bobo Dioulasso, Burkina Faso), 39 p.
- Kakengi A., Kaijage J., Sarwatt S., Mutayoba S., Shem M. & Fujihara T. (2007). Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livestock Research for Rural Development* 19, 120.
- Kamoun P., Leroux J. P. & Demaugr F. (1993). Aide Mémoire de Biochimie. VI<sup>ème</sup> édition. Médecine Sciences, Flammarion, Paris (France), 174 p.
- Kaneko J.J., Harvey J.W. & Bruss M.L. (1997). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. *In* : Academic Press, San Diego (Californie), 932 p.
- Kaplan M., İrfan H. A., Nurettin A., Tevfik A.z, Fulya O. P. G. S., Burcu T. & Osman İ. (2009). The effect of melatonin on cadmium-induced renal injury in : chronically exposed rats. *Turkish Journal of Urology*, 35(2) :139-147.
- Karyeija R. F., Gibson R. W. J. & Valkonen P. T. (1998). The significance of sweet potato feathery mottle virus in subsistence sweet potato production in Africa. *Plant Disease*, 82 : 4-15.
- Kasolo J.N., Bimen G.S., Ojok L. & Ogwal-okeng J.W. (2010). Phytochemic and acute toxicity of *Moringa oleifera* Lam roots in mice. *Journal. Pharmacogic Phytother*, 3 : 38- 42.
- Kautzky-Willer A., Stich K., Hintersteiner J., Kautzky A., Kamyar M.R., Saukel J., Johnson J. & Lemmens-Gruber R. (2013). Sex-specific-differences in cardiometabolic risk in type 1 diabetes : a cross-sectional study. *Cardiovascular Diabetology*, 12 :78-88
- Khaled S.A.A. & Huda A. (2013). - Effect of cadmium in drinking water on growth, some haematological and biochemical parameters of chicken. *European Journal of Experimental Biology*, 3(5) : 287-291.
- Kim W. R., Flamm S.L., Di Bisceglie A.M. & Bodenheimer H.C. (2008). Serum Activity of Alanine Aminotransferase (ALT) as an Indicator of Health and Disease. *Hepatology* ; 47(4) :1363-1370.
- Kjeldahl G. (1883). New method zur bestimmung des Stickstoffs in organischen Korpen. *Z. Analytical Chemistry*, 22 : 366-382.

- Knudsen B. K.E. (2001). The nutritional significance of dietary fibre analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 90 : 3-20.
- Koffi E. L. (2022). Influence du stade de murissement sur les compositions biochimique, nutritionnelle, phytochimique et les activités antioxydantes des composantes de la papaye (*Cacarica papaye L. Var Solo 8*) de Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat en Biochimie et Technologie des Aliments, UFR Sciences et Technologie des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 157 p.
- Kokora A., Ackah B., Nanga Z., Kra K., Yao G.L. & Adama C. (2015). Antibacterial activity of ethanolic and aqueous extracts of four medicinal plants *in vitro* growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Drug on the Delivery & Therapeutic*, 3 : 113-116.
- Kokou E. A. Abdou. & Jeoffray D. (2019). Production et transformation de la patate douce collection pro-agro, Amazon, France, 48 p.
- Konan N.Y. (2015). Evaluation de la production et caractérisation biochimique et sensorielle de la sève d'inflorescences de quatre cultivars du cocotier (*Cocos nucifera L*) en Côte d'Ivoire. Thèse unique de Doctorat en Biochimie, UFR Biosciences, Université Félix Houphouet Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 154 p.
- Konan Y., Mamidou W. K. & Kagoyire K. (2015). Contribution des légumes feuilles à la Nutrition des Populations en Zones Urbaines de la Côte D'ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 130 (4) : 338-351.
- Kooltheat N., Sranujit R. P., Chumark P., Potup P., Laytragoon-Lewin N. & Usuwanthim K. (2014). An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera Lam.* inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke. *Nutrients*, 6(2): 697-710.
- Kouadio P.A., Attioua B.K., Yao R. A., Kasse M.N., Yeboue H.K., Foua A.Z.B. & Amoikon E.K. (2020). Effet de la Consommation de l'Amande de Cacao sur la Croissance et les Valeurs Moyennes des Métabolites Sériques Chez le Rat. *European Scientific Journal*, 16 (9) :1857 – 7881.
- Kouakou A. G. (2016). Production, caractérisation et utilisation des extraits foliaires de taro (*colocassia exculenta*) et de patate douce (*jpomea batatas*) dans l'enrichissement de la farine de complement. Mémoire de Master en Sciences et Technologies des Aliments option : Nutrition et Sécurité Alimentaire à l'UFR Sciences et Technologies des Aliments Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 50 p.

- Kouakou A. Y. F., Kamagaté A. & Yapo A. P. (2016). Complications du Diabète en Côte d'Ivoire chez les patients diagnostiqués tardivement. *European Scientific Journal*, 12 (27) : 250-262.
- Kouakou A.Y.F. (2015). Diabète en Côte d'Ivoire, de la prévalence de l'obésité aux complications : cas de l'UNA et du CHU de Yopougon. Mémoire de Master de Botanique et Phytothérapie, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 49 p.
- Kouakou D. K. b. R., Piba S. C., Yao K., Koné M. W., Bakayoko A., Tra Bi F. H. (2020). Evaluation des connaissances des populations de la région de N'zi sur l'utilisation des plantes alimentaires dans le traitement du diabète de type 2, de l'hypertension artérielle et de l'obésité (Centre-Est de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 16 (15) : 262-280.
- Kouakou V. (2019). Importance des fragments de forêt dans la conservation des primates non humains en Côte : cas de la forêt sacrée et des forêts villageoises à Ggétitapéa dans la région du Haut Sassandra. Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire).
- Kouassi F. X., Koman C. E., Kra A.N.S., Soumahoro M., Sowagnon T. Y. C. & N'dohi R. (2018). Epidemiological Features of Diabetic Retinopathy in Abidjan (Côte d'Ivoire) : A Study about 448 Patients. *Open Journal of Ophthalmology*, 8 : 140-149.
- Kouassi K., Adouko A., Gnahé D., Gbogouri G., Kouakou B. & Gnakri D. (2015). Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(2) : 944-953.
- Koukougnon W.G. (2020). Résilience des établissements hôteliers de Daloa à l'inconstance de la desserte en eau potable (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue espace géographique et société Marocaine*. (33) :289-309.
- Krief S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat en Ecologie et Chimie des Substances Naturelles. Museum national d'histoire naturelle-MNHN, Paris, Français, 348p.
- Kularate K. & Fretas C. (2013). Epiphytie lichens as biomonitors of airborne heavy metal pollution. *Environmental and experimental botany*, 88 : 24-32.

- Kumari D. (2010). Hypoglycemic effect of *Moringa oleifera* and *Azadirachta indica* in type-2 diabetes. *Bioscan*, 5 : 211-214.
- Lagrange M. (2010) Microangiopathies thrombotiques, une urgence diagnostique. *Option Bio*, 21 (446) : 16-17.
- Laleye O. A. F., Ahissou H., Olounlade A. P., Azando E. V. B. & Laleye A. (2015). Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise : *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam Lam (Moringaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 : 2682-2700.
- Lamdjadani A. K. & Bouazza A. (2017). Étude épidémiologique sur les facteurs de risque associés au diabète de type 2. Mémoire de Master en Biologie, Département de Biologie, Université Mostaganem, Algérie, 131 p.
- Laughton M. J., Evans P. J., Moroney M. A., Hout J. R. & Halliwell B. (1991). Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. Relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Biochemical Pharmacology*, 42 (9) : 1673-1681.
- Laura C. (2022). Diabète de type 2 et prise en charge nutritionnelle : Quels conseils à l'officine ? Thèse de Doctorat en Médecine, Faculté de Médecine, Université de Rennes 1, (Rennes, France), 119 p.
- Lebot V. (2009) Tropical Root and Tuber Crops. CAB International. 413 p.
- Lebot V., Champagne A., Malapa R. & Shiley D. (2009). NIR Determination of Major Constituents in Tropical Root and Tuber Crop Flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (22) : 10539–10547.
- Ligban R., Gone L.D., Saly M.B & Biemi J. (2009). Processus hydrogéo-chimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa (Centre- Ouest de la Côte d'Ivoire) : *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(1): 38-47.
- Lokombé-Léké A. & Mullié C. (2004). Nutrition du nourrisson et diversification alimentaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 39(5) : 349-359
- Low J., Lynam J., Lemaga B., Crissman C., Barker I., Thiele G., Namanda S., Wheatley C. & Andrade M. (2009). La Patate Douce en Afrique subsaharienne, Springer, 359-390.
- Ly J., Samkol P. & Preston T.R. (2001). Nutritional evaluation of tropical leaves for pigs: Pepsin/pancreatin digestibility of thirteen plant species. *Livestock Research for Rural Development*, 13(4) : 1-10

- Macheix J.J., Fleuriet A. & Billot J. (1990). Fruit Phenolics. CRC Press, Boca Raton, 378 p.
- Mahan M.R. (2017). Contribution à la valorisation du rônier (*Borassus aethiopum Mart.*) en Côte d'Ivoire : Enrichissement de la farine de jeunes pousses par les feuilles de *Moringa oleifera Lam.* et les graines de Niébé (*Vigna unguiculata L. Walp.*). Thèse de Doctorat en Biochimie et Sciences des Aliments, UFR Biosciences. Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, 150 p.
- Mahmood, K.T., Mugal, T. & Haq, I.U. (2010). *Moringa oleifera* : A natural gift-a review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2, 775-781.
- Makkar H.P.S. & Becker K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera Lam* tree. *Journal of Agricultural Science*, 128 (3) : 311-322.
- Malaisse W. (2014). Insulin Secretion Functional Biochemical Aspects, Mario Telo, Bruxelles, (Bruxelles, Belgique) : 95-99.
- Mamy D., Diallo A.O. S., Sylla M. K., Sangare A. & Sidime Y. (2020). Fortification de la farine infantile de colocasia esculenta Lam avec la feuille de *Moringa oleifera Lam* a l'institut de nutrition et de sante de l'enfant (INSE) – Conakry (République de Guinée). *Cahers. vétérinaires. Semestriel Scientifique*, 5 15-524
- Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. & Jiménez L. (2004). Polyphenols : food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5) : 727-747.
- Manh L., Nguyen N. & Ngoi T. (2005). Introduction and evaluation of *Moringa oleifera* for biomass production and feed for goats in the Mekong delta. *Livestock Research for Rural Development* 17, 9.
- Maniga W. (2015). Caractérisation physique des fruits et paramètres biochimiques, physico-fonctionnels des farines et amidons de neuf (9) cultivars locaux de banane plantain (*Musa spp.*) de Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat en Biochimie et Technologie des Aliments, UFR Sciences et Technologie des Aliments, Université Nangui Abrogoua Abidjan, Côte d'Ivoire, 185 p.
- Marchetti P., Del Prato S., Lupi R. & Del Guerra S. (2006). The pancreatic beta-cell in human Type 2 diabetes. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 16(1) : 3-6.
- Mariko M. (2012). Suivi des patients diabétiques en ambulatoire dans le service de Médecine interne CHU point G, Thèse de Médecine. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université de Bamako, (Bamako, Mali), 90 p.

- Martin E. & Feldmann G. (1983). Histopathologie du foie et des voies biliaires de l'adulte et de l'enfant. Masson, 357 p.
- Mathieu-Daudé C., Barrot L. & Chevallier P. (2001). Produits végétaux riches en carotènes : fiches descriptives et pratiques à l'usage des pays sahéliens. IRD/OMS, 40 p.
- Maurier C. (2017). Description de la population diabétique en situation de précarité consultant à la PASS du CHU de Toulouse : évaluation des complications du diabète. Thèse de Doctorat en Médecine, Faculté de Médecine, Université Toulouse III Paul SABATIER, France, 49 p.
- Maurizi-Balzan J. & Zaoui, P. (2003). Insuffisance rénale chronique, Néphrologie, Corpus médical—Faculté de médecine de Grenoble. Ellipses Ed, 253 : 1-6.
- Mawouma S. & Mbofung C. M. (2014). Usages alimentaires de *Moringa oleifera Lam* dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 : 847-1852.
- Mc Cormicck D.B (1989) Two interconnected B vitamins : riboflavin and pyridoxine. *Physiological reviews*, 69 : 1170-1198.
- Medoua N.& Gabriel J.M. (2005). Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) *pax* : Étude du durcissement post-récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine. Thèse de Doctorat en Sciences Alimentaires et Nutrition, Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Université de Ngaoundéré, (Ngaoundéré, Cameroon), 229 p.
- Mehta L.K., Balaraman R., Amin A.H., Bafna P.A.& Gulati O.D. (2003). Effect of fruits of *Moringa oleifera Lam* on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. *Journal Ethnopharmacologie*, 86 : 191-195.
- Melesse A., Steingass H., Boguhn J., Schollenberger M. & Rodehutschord M. (2012). Effects of elevation and season on nutrient composition of leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera Lam*. *Agroforestry systems*, 86(3) : 505-518.
- 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.
- MEPD (2023). Ministère de l'Economie, du Plan et de Développement, portail d'information et de promotion de l'économie de Côte d'Ivoire. Consulté le 15 Mars 2022. <https://www.economie-ivoirienne.ci/pole-competitif/region-du-haut-sassandra.html>

- Mohn A., Kavan C., Bourcelot E., Zimmermann C. & Penfornis A. (2012). Insulinothérapie fonctionnelle : un modèle d'approche éducative pour les patients ayant un diabète de type 1. *Médecine des maladies Métaboliques*, 6 : 469-476.
- Monnier L. (2010). Diabétologie, 3<sup>ème</sup> édition ELSEVIER-MASSON 408 p.
- Morton J.F. (1991). The Horseradish Tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) -A Boon to Arid Lands. *Economic Botany* 45 : 318-333.
- Mosca A., Lapolla A. & Gillery P. (2013). Glycemic control in the clinical management of diabetic patients. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 51(4) :753-766.
- Mouquet-Rivier C. (2006). L'alimentation de complément de jeunes enfants au Burkina Faso. 27 Avril 2006, journée portes ouvertes du CIRD, centre IRD de Ouagadougou :1-59.
- Moussa M.A. (1999). Biological and physiological studies on the effect of the gramoxon and stomp herbicides on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Ph.D. Thesis of Zoology, Faculty of Science, Cairo University, (Caire, Egypte), 200 p.
- Moussa N., Wade S., Dossou N., Amadou T. & Rokhaya D. (2007). Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera* Lam, étude de la biodisponibilité du fer, effet d'enrichissement de divers plats traditionnels Sénégalais avec la poudre des feuilles. *African journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 7(3) :1-17.
- Moussavou M.C.F. (2010). Etude des mécanismes d'accumulation du cadmium chez *Arabidopsis thaliana* (écotype Wassilewskija) et chez un mélèze hybride (*Larix eurolepis*) par des approches moléculaire et développementale. Université de Limoges. Sciences pour l'Environnement / Biologie - Science – Santé. En Biologie - Science - Santé Spécialité : Biologie de l'environnement. 222 p.
- Mpupu L. B., Musadila L. M. (2012). Guide pratique et scientifique pour l'élevage des poules pondeuses et des poulets de chair. *Harmattan*. : 978-2- 296-55716-1.
- Mukinda J.T. & Syce J.A. (2007). Acute and chronic toxicity of the aqueous extract of *Artemisia afra* in rodents. *Journal Ehtnopharmacology*, 112(1) : 138-144.
- Müller D. (2016). Conséquences traductionnelles de la perte de 4E-BP1 dans l'adénocarcinome pancréatique, Thèse de Doctorat en Cancérologie., Ecole Doctorale en Biologie Santé et Biotechnologie, Université Paul Sabatier Toulouse 3, (Toulouse, France), 222 p.
- Murro J., Muhikambele V. & Sarwatt S. (2003). *Moringa oleifera* leaf meal can replace cottonseed cake in the concentrate mix fed with Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay for growing sheep. *Livestock Research for Rural Development* 15,11.

- Mwepu W. Y. J. B. (2019). Fréquence du diabète sucré du 01 janvier au 31 décembre 2018 cas des cliniques universitaires de Lubumbashi. Thèse de Doctorat en Médecine, Faculté de Médecine, Département de Santé Publique, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo (Lubumbashi, République Démocratique du Congo), 76 p.
- Narayana R., Reddy S., Chaluvadi M. & Krishna D. (2001). Bioflavonoids classification, Pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian Journal of Pharmacology*, 33 : 2-16.
- Navarra C. (2017). Le calcium à travers l'alimentation conseils à l'officine. Thèse de Doctorat en Pharmacie, UFR des Sciences Pharmaceutiques, Université de Bordeaux (Bordeaux, France), 177 p.
- Naziroglu N. & Butterworth P.J. (2005). Effets protecteurs d'un exercice modéré avec des vitamines C et E alimentaires sur le mécanisme de défense antioxydante du sang chez des rats atteints de diabète induit par la streptozotocine. *Journal Applied Physiology*, 30 (2) : 172-185.
- Ndangui C. B. (2015) Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoea batatas Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de Doctorat en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires, Université de Lorraine (Lorraine, France) 134 p
- Ndangui C.B. (2018). Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoea batatas. Lam*) : optimisation de la technologie de panification, Université de Lorraine, (Lorraine, France), 143 p.
- Ndiaye A. (2010). Application de la SPIR au contrôle de la qualité de la patate douce (*Ipomoea batatas*) au Vanouatou. Mémoire de stage de Mastère, Sciences et Technologie, Université de Bordeaux, Bordeaux, France, 55p
- Ndong M., Wade S., Dossou N., Guiro A.T. & Gning R.D. (2007). Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera Lam*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 7(3) : 1-17.
- Negrato C.A. & Gomes M.B. (2013). Historical facts of screening and diagnosing diabetes in pregnancy. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 5(22) : 1-8.
- NEPA (2006). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2nd), Fórmula Editora, Campinas, 113 p.

- Nijjima A. (1989). Nervous mechanisms in the regulation of blood sugar. *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie*, 97 : 37-49.
- Njinkoue J.M., Manz koule J.C., Tchoumboungang F., Milong melong C.S., Tchintchui N.C, Fowe C.R., Schweigert F.J. & Gouado I. (2017). Evaluation des effets hypolipémiants de l'huile extraite du poisson *Pseudotolithus senegalensis* chez des rattes ayant subi une dyslipidémie. *Internationale Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6) : 2952-2961.
- Nortier J., Pozdzik A., Roumeguere T. & Vanherweghem J.L. (2015). Néphropathie aux acides aristolochiques (« néphropathie aux herbes chinoises »). *Néphrologie & Thérapeutique*, 820 : 1-15.
- O. M. S. (2016). Rapport Mondial sur le diabète. Résumé d'orientation. 4 p
- OCDE (2008). Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. In étude toxicité orale à dose répétée pendant 28 jours sur les rongeurs. OCDE 407, 14 p.
- Odhav B., Beekrum S., Akula U. & Baijnath H. (2007). Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 : 430-435.
- Okigbo R.N., Omodamiro O.D. (2006), Antimicrobial effect of leaf extract of *Pigeon pea* (*Cajanus cajan* (L) Mill sp) on some human pathogen. *Journal of Herbs, spices & Medicinal Plants*, 12 : 117-27.
- Olatoye K., Olusanya O. & Olaniran A. (2021). The nutritional characteristics and acceptability of baobab (*adansonia digitata* L) pulp as nutrient concentrate substitute in custard powder. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15 : 121-130
- Olson H.G., Betton D., Robinson K., Thomas A., Monro G., Kolaja P., Lilly J., Sanders G., Sipes W., Bracken M., Dorato K., Van D. P., Smith B. & Heller A. (2000). Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regular Toxicology Pharmacology*, 32(1) : 56-67.
- Olson M.E. ( 2001). Wood and bark anatomy in *Moringa* (*Moringaceae*). *Haseltonia*, 8: 85-121.
- OMS (2002). Rapport sur la santé dans le monde, Réduire les risques et promouvoir une vie saine. Genève, 3 p.
- OMS (2016). Diabète Burkina Faso 2016 profil du pays, Burkina Faso, 1 p.
- OMS (2020). L'Organisation mondiale de la Santé encourage les pays de la Région africaine à promouvoir des médicaments traditionnels sûrs et efficaces. 8ème Semaine Nationale

- des Médecines Traditionnelle et Alternative à Ouagadougou, Burkina Faso, du 07 au 13 septembre 2020 1 p
- OMS (2023). Le diabète, un tueur silencieux en Afrique, Fiche de synthèse analytique, région Africaine, 9 p
- OMS/FAO (2004), Vitamin and mineral requirements in human nutrition, 2nd edition. Geneve, O M S, 362 p.
- Onsiyor E.J., Akaffou N.A., Zahoui O.S. & Traore F. (2019) : Effets antidiabétiques de l'extrait aqueux d'*Ageratum conyzoides* (Asteraceae) chez les rats rendus diabétiques par pancréatectomie partielle et évaluation de leurs paramètres hématologiques. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (3) :1621-1628.
- Onwueme I.C. (1978). The tropical tuber crops. Yam, Cassava, Sweet potato and Cocoyams. Chichester, Royaume-Uni, Wiley, 234 p.
- OOAS (2013). La pharmacopée des plantes médicinales de l'Afrique de l'Ouest, 2013 ; 268 p
- Ooi C.P. & Loke S.C. (2013). La patate douce dans le traitement du diabète de type 2. *Cochrane database of systematic reviews*, 9 : 1-4.
- Orgogozo J.M., Dartigues J.F., Lafont S., Letenneur L. & Commenges D. (1997). Wine consumption and dementia in the elderly : A prospective community study in the Bordeaux area. *Revue Neurologique*, 153 :185-192.
- Ouaouich A., Osakwe A. & Chimi H. (2005). Guide du constructeur du séchoir hybride. Cas de Boeuel-Taounate-Maroc. Organisation des Nations unies pour le Développement Industriel, 26 p.
- Ouédraogo N. (2010). Valorisation des déchets de tubercule (patate douce et Igname) par la production de protéine d'intérêt. Mémoire de DEA en Technologie Alimentaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 55 p.
- Overbeck-Rezaeiana K. & Beat H. (2014). Transaminases : quand les doser – comment les interpréter. *Forum Med Suisse*, 14(21) :422–425.
- Owori C., Berga L., Mwanga R.O.M., Namutebi A. & Kapinga R. (2007) : Sweet potato recipe book : Sweet potato processed Products from Eastern and Central Africa. Kampala-Uganda, 93 p.
- Paiko Y., Dauda B., Salau R & Jacob J. (2012). Preliminary data on the nutritional potentials of the larvae of edible dung beetle consumed in Paikoro Local Government Area of Niger state, Nigeria. *Continental Journal of Food Science and Technology*, 6(2) : 38-42.

- Park C.Y. & Weaver C. M. (2012). Review Vitamin D Interactions with Soy Isoflavones on Boneafter Menopause. *A Review Nutrients*, 4 : 1610-1621.
- Pierre D., Etienne C., Nicolas M., Krzesinski J- M., Christophe M., Cristol J-P. & Laurence P. (2010). Créatinine d’hier à aujourd’hui. *Annale de Biologie Clinique*, 68 (5) : 531- 543.
- Pongracz G. Weiser H. & Matzinger D. (1995). Tocopherols - antioxydants. *Fat Sciences Technologies*, 97 : 90-104
- Ponka R., Nankap E.L.T., Tambe S.T. & Fokou E. (2016). Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16(2) :280-292.
- Popovici C., Saykova I. & Tytkowski B. (2009). Evaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel*, 4 : 25-39.
- Prati D., Taioli E., Zanella A., Torre E. D., Butelli S., Del-Vecchio E., Vianello L., Zanuso F., Mozzi F., Milani S., Conte Dario., Colombo Massimo. & Girolamo S. (2002). Updated definitions of healthy ranges for serum alanine aminotransferase levels. *Annals of Internal Medicine*, 137 :1-9.
- Pratik K. C., Vinodini N.A., Ranjith S., Rakshatha R., Anwar A. & Sheila R. P. (2013). Effect of *Moringa oleifera* Lam leaf extract on cadmium induced renal toxicity in adult Wistar Albino rats. *International Journal of Advanced Research*, 1(5) : 162-165.
- Pratt D.S. & Kaplan M.M. (2000). Evaluation of abnormal liver-enzyme results in asymptomatic patients. *New England Journal of Medicine*, 342 : 1266-1271.
- Prentki M. & Nolan C.J. (2006). Islet beta cell failure in type 2 diabetes. *Journal of Clinical Investigation*, 116(7) : 1802-1812.
- Price M. L. (2007). The *Moringa* tree. ECHO technical note, 17391 : 1-19.
- Prisacaru A. E., Apostol L. C. & Ropciuc S. (2017). Estimation of heavy metal levels in green leafy vegetables purchased from suceava. *Journal of Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University of Suceava, Romania Volume XVI*, pp 234 – 238.
- Rafiu A.A. & Luka C.D (2018). Effects of Aqueous Extract of *Ipomoea batatas* Leaf on Blood Glucose, Kidney Functions And Hematological Parameters of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats”, *Journal of Research in Diabetes & Metabolism* ; 4 (1) : 4-9.
- Ramasamy A., Balasundaram J., Sundararaman J., Rajappan M. & Raju S. (2009). Effect of fruits of *Passiflora foetida* Linn. CC14 induced hepatic injury in rats. *Journal Pharmacology Research*, 2(3) : 413-415.

- Randa A. H., Dawlat M. A., Nariman A. R., Hatem M.E. & Dessouky M.I. (2012). Clinicopathological, histopathological and immunological studies on animals exposed to lead and cadmium under experimental conditions. *New York Science Journal*, 5(12) :120-136.
- Randrianarisoa M. T. (2005). Formation sur la patate douce. FAO/UE, 09 p.
- Reddy N.R., Sathe, S.K. & SalunkhE, D.K. (1982). Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research* 28 : 1-92.
- Reyes-Sanchez N., Spordnly E. & Ledin I. (2006). Effects of feeding different levels of foliage from *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livestock. Sciences.* 101, 24–31.
- Richter N., Siddhuraju P. & Becker K. (2003). Evaluation of nutritional quality of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves as an alternative protein source for *Nile tilapia. Aquaculture* 217, 599-611.
- Rodier M. (2008). Définition et classification du diabète. *Médecine Nucléaire – Imagerie fonctionnelle et métabolique*, 25(2) : 5-18.
- Rodriguez-Amaya D.B. (2001). A Guid to carotenoid Analysis in Foods.ILSI Human Nutrition Institute. One Thomas Circle, NW, Washington DC,20005-5802, 64 p.
- Roloff A., Weisgerber H., Lang U. & Stimm B. (2009). *Moringa oleifera Lam Lam.*, 1785 : Enzyklopädie der Holzgewächse – 40. Erg.Lfg. 6/05. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN : 978-3-527-32141-4.
- Rosero A., Sierra C., Pastrana I., Granda L., Pérez J., Martínez R., Morelo J , Espitia L., Araujo H., & Paula C. D. (2020) Les facteurs génotypiques et environnementaux influencent la composition immédiate et les attributs de qualité de la patate douce (*Ipomoea batatas L.*). *Agriculture et sécurité alimentaire* 9 (14) :1-17.
- Rozis J.F. (1995). Sécher les produits alimentaires. Techniques, procédés, équipements. Collection le point sur. Editions GRET, CTA., GERES.FAO. Paris, France, 344 p.
- Ruiz F.S. (1984). Étude des variables impliquées dans le processus d'obtention de farine de patate douce pré-gélatinisée par déshydratation à l'aide de rouleaux chauffés (Double drum dryer). Thèse de Maîtrise de Technologie Alimentaire, Université d'État de Campinas, Brésil 106 p.
- Saha P.R., Weaver C.M. & Mason A.C. (1994). Mineral bioavailability in rats from intrinsically labeled whole wheat flour of various phytate levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42 : 253 :1-5.

- Sahoré D.A. (2010). Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des tubercules et des amidons d'ignames (*Dioscorea*). Cas de quelques espèces d'igname spontanée. Éditions Publibook, Paris, France, 151p.
- Saini R. K., Shetty N. P., Prakash S. M. & Giridhar P. (2014). Effect of Dehydration Methods on Retention of Carotenoids, Tocopherols, Ascorbic Acid and Antioxidant Activity in *Moringa Oleifera* Leaves and Preparation of a RTE Product. *Journal of Food Science and Technology*, 51, (9), 2176-2182.
- Sammy G.M. (1970). Studies in composite flours. I. The use of sweet potato flour in bread and pastry making. *Tropical Agriculture*, (47) 115- 125.
- Sana M. (2022). Epidémiologie du diabète sucré en Tunisie. Etude Hammam Sousse Sahloul Heart Study (HSHS 2) Epidemiology of diabetes mellitus in Tunisia. HSHS 2 study (Hammam Sousse Sahloul Heart Study). *La Tunisie Medicale*, 100 (3) : 229-240
- Sánchez-Machado D. I., López-Cervantes J., Lopez-Hernandez J., Paseiro-Losada P., & Simal-Lozano J. (2003). High-performance liquid chromatographic analysis of amino acids in edible seaweeds after derivatization with phenyl isothiocyanate. *Chromatographia*, 58 :159-163.
- Sanogo M. (1994). La production artisanale de farines infantiles. Expériences et procédés, Editions du GRET, Paris, France, 79 p.
- Sanoussi A.F., Dansi A., Ahissou H., Adebawale A., Sanni LO., Orobiji A., Dansi M., Azokpota P. & Sanni A. (2016). Possibilities of sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) value chain upgrading as revealed by physico-chemical composition of ten elites landraces of Bénin. *African Journal of Biotechnology*, 15 (13) : 481- 489.
- Saris N., Mervaala E., Karppanen H., Khawaja J. & Lewenstam A. (2000). Magnésium : an update on physiological, clinical, and analytical aspects. *Clinica Chimica Acta*, 294 : 1-26.
- Sarkar S., Pranava M.& Marita R. (1996). Demonstration of the hypoglycemic action of *Momordica charantia* in a validated animal model of diabetes, *Pharmacological Research*, 33(1) : 1- 4.
- Sarra H. & Haoua N. (2018). Intérêt de l'Hémogramme en pré-don chez les donneurs de sang total du CTS du CHUTO. Thèse de doctorat en pharmacie, Université Mouloud Mammerie, Algerie 75p

- Sarwatt S., Milang'ha M., Lekule F. & Madala N. (2004). *Moringa oleifera* and cottonseed cake as supplements for smallholders dairy cows fed Napier grass. *Livestock Research for Rural Development* 16 (6) : 38.
- Scheen A. J. & Luyckx F. H. (2010). L'hyperglycémie provoquée par voie orale (HGPO) revisitée : 1<sup>re</sup> partie : Tolérance au glucose, diabète gestationnel et hypoglycémie réactive. *Médecine des Maladies Métaboliques* 4 : 569-574.
- Scheen A. J. (2015). Antidiabétiques oraux dans le traitement du diabète de type 2 : perspectives historiques et médico-économique. *Médecine des maladies Métaboliques*, 9 :186-197.
- Scott G., Ferguson P.I. & Herrera J.E (1991). Product Development for Root and Tuber Crops. Vol. III Africa. Proceedings on the workshop on Processing, Marketing, and Utilization of roots and Tuber Crops in Africa, held October 26 November 2, at the IITA, Ibadan, Nigeria, *International Potato Center*, Lima, Peru, 170 p.
- Serge W. & Pierre M. (2004). *Toute la Biochimie*. Edition DUNOD Paris, France, 34 p.
- Shah K., Desilva S. & Abbruscato T. (2012). The role of glucose transporters in brain disease : diabetes and Alzheimer's disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 12629-12655.
- Shajeela P.S., Mohan V.R., Jesudas L.L. & Soris P.T. (2011), Nutritional and antinutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea spp.*), *Tropical and Subtropical Agroecosystems. Journal*, 14 : 723-730.
- Sharma U. Das S., Deb S., Sahu R. K. Fattepur S. A. (2020) Comparative Antidiabetic Activity of the Three Plants Found in Terai and Duars Region of West Bengal, India. *Biomedical Pharmacologie Journal*. 13(2) 907-913.
- Sheela K., Kamal N. G., Vijayalakshmi D., Geeta M. & Roopa B. P. (2004). Proximate Composition of Underutilized Green Leafy Vegetables in Southern Karnataka. *Journal of Human Ecology*, 15 (3) : 227-229.
- Sheila R. P. (2013). Effect of *Moringa oleifera Lam* leaf extract on cadmium induced renal toxicity in adult Wistar Albino rats. *International Journal of Advanced Research* ; 1(5) : 162-165.
- Shibib B.A., Khan L.A. & Rahman R. (1993). Hypoglycemic activity of *Coccinia indica* and *Momordica charantia* in diabetic rats : depression of the hepatic gluconeogenic enzymes glucose-6-phosphatase and fructose-1,6 bisphosphatase and elevation of both liver and red cell shunt enzyme glucose-6-phosphate dehydrogenase. *Biochemical. Journal*. 292 : 267-270.

- Siddhuraju P., & Becker K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of Drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2144-2155.
- Sidibé A., Kamsu K.T., Diarra S. & Kwa M. (2020). Etude des caractéristiques agromorphologiques de quelques hybrides de bananiers (*Musa sp.*) au CARBAP de Njombé, Cameroun. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 46 (1) : 8129-8140.
- Siedogo (2009) : Essai de formulation et de production de biscuits à base de tubercules : manioc et patate douce à chair orange, Mémoire de Licence professionnelle en Genie Biologique option : Agro-Alimentaire, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso), 64 p.
- Singh B. N., Singh B. R., Singh R. L., Prakash D., Dhakarey R., Upadhyay G. & Singh H. B. (2009). Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera* Lam. *Food and Chemical Toxicology*, 47 :1109-1116.
- Singleton V. L., Orthofer R. & Lamuela-Raventos R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299 :152-178.
- Sirwal I.A., Bandy K.A., Reshi A.R., Bhat M.A. & Wani M.M. (2004). Estimation of Glomerular Filtration Rate (GFR). *JK Science*, 6 : 121–123.
- Slingerland A. (2006). Monogenic diabetes in children and young adults : Challenges for researcher, clinician and patient. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 7 : 171–185.
- Smilek D.E., Ehlers M.R. & Nepom G.T. (2014). Restoring the balance : immunotherapeutic combinations for autoimmune disease. *Disease Models & Mechanisms*, 7 : 503-513.
- Soares K.T., Melo A.S. & Matias E.C. (2002). A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* Lam.). Documento 41, Emepa-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba SA). *João Pessoa, Brazil*, 26 p.
- Solomo E., Van D. P., Termote C., Tchatchambe W.B., Mpiana P.T., Ngabu J. C., Meulenaer B. & Dhed D. (2016). Nutritional and toxic substances from fruits of three wild food plants consumed in the province of Tshopo (D. R Congo). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 14 (1) : 56–64,

- Soro S. (2020). Valorisation nutritionnelle et technologique de l'igname sauvage *Dioscorea praehensilis cv* (kokoassé) : situation socio-alimentaire en milieu rural dans la région du Lôh-Djiboua (Divo), formulations et applications technologiques potentielles Thèse de Doctorat en Biochimie et Technologie alimentaire, UFR Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 234 p.
- Sosulski F., Krygier K. & Hogge L. (1982). Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ; 30 :337–40.
- Souci S.W., Fachmann W. & Kraut H. (1995). Composition des aliments. Répertoire général des aliments (REGAL). Aprifel (Agence fruits et légumes frais), www.aprifel.com, consulté le 13 novembre 2022.
- Spinas G.A. & Lehmann R. (2001). Diabète sucré : Diagnostic, classification et pathogénèse. *Curriculum Forum Medical Suisse*, (20) : 519-525.
- Sreelatha S. & Padma P.R. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 303-311.
- Stanley M. A. Beck J. G. & Swann A. C. (2003). Antioxidants and the free radical theory of degenerative Disease. *Journal consulting and clinic psychology*, 71(2). 309p.
- Stevens L.A., Coresh J., Greene T. & Levey A.S. (2006). Assessing kidney function-measured and estimated glomerular filtration rate. *New England Journal of Medicine*, 354 : 2473-2483.
- Stumvoll M., Goldstein B.J. & van Haeften T.W. (2005). Type 2 diabetes : principles of pathogenesis and therapy. *Lancet*, 365(9467) : 1333-1346.
- Sula E., Aliko V., Marku E. & Nuro-Faggio A. (2020). Evaluation of kidney histopathological alterations in Crucian Carp, *Carassius carassius*, from a pesticide and PCB-contaminated freshwater ecosystem, using light microscopy and organ index mathematical model. *International Journal of Aquatic Biology*, 8(3): 154-165
- Svensen B., Larsen, O., Gabe, M. B. N., Christiansen, C. B., Rosenkilde, M. M., Drucker, D. J. & Holst J. J. (2018). Insulin secretion depends on intra-islet glucagon signaling. *Cell reports*, 25 :1127-1134.
- Tan K. & Pillon F. (2009). Les incrétines, nouvelle stratégie pour traiter le diabète de type 2. Pratique thérapeutique. *Actualités pharmaceutiques*, 481 : 19-82.

- Taussky H.H. & Shorr E. (1953). A micro colorimetric method of determination of inorganic phosphorus. *Journal of Biology and Chemistry*, 202 :675-875.
- Tchoko V. J. Z., Bouaffou K. G. M., Kouame K. G & Konan B. A. (2011). Étude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 80 : 748 - 758
- Terjung R.L., Clarkson P., Eichner E.R., Greenhaff P.L., Hespel P.J., Israel G.R., Kraemer W.J., Meyer R.A., Spriet L.L., Tarnopolsky M.A., Wagenmakers A.J.M. & Williams M.H. (2000). American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medecine and Science in Sports and Exercise*, 32 : 706-717.
- Thapa B.R. & Anuj W. (2007). Liver Function Tests and their Interpretation. *Indian Journal of Pediatrics*, 74 : 663-671.
- Thebud R. & Santarius K.A. (1982). Effects of high-temperature stress on various bio-membranes of leaf cells *in situ* and *in vitro*. *Plant Physiology*, (70), 200 - 205.
- Thomas D. S. & Atwell W. A. (1999). Starch Structure. In : Starches. Critical guides for the food industry. (Series Ed.), Eagan Press Handbook series. St. Paul, Minnesota, USA. pp 25-30.
- Tielmans A., Laloi-michelin M., Coupaye M., Virally M., Meas T. & Guillausseau P.J. (2007). Traitement médicamenteux du diabète de type 2 (première partie). *La Presse Médicale*, 36 : 269-278.
- Traoré D., Sow D. S., Konaté M., Sidibé O., Mariko M., Sy D., Traoré B., Dao K., Koné A., Doumbia N., Ouologuem N., Diallo Y L., Bah M., Camara B. D., Sawadogo N., Dembélé I. A., Barry B S., Cissoko M., Saliou M., Fofana Y., Malle M., Togo M., Traoré A., Tolo N. & Sidibé A. T. (2019). Aspects cliniques et paracliniques des amputations du pied diabétique au Mali. *Health Sciences and Disease*, 20 (5) : 39-43.
- Traoré F D., Diomandé M., Gbogbo M. (2023). Effets de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*) enrichie en poudre de feuilles de *Moringa* (*Moringa oleifera Lam*) sur les paramètres biochimiques des rats albinos (*Rattus norvegicus*) dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 17, 2, I : 21-30.
- Trèche S. (1989). Potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea spp.*) cultivées au Cameroun. Vol. I : texte. Vol. II : annexes. Thèse, Editions de l'ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris, 595 p.

- Tsinalis D. & Binet I. (2006). Appréciation de la fonction rénale : créatininémie, urée et filtration glomérulaire. In Forum Médecine, Suisse : 414-419.
- Tumwegamire S., Mwanga R.O.M., Andrade M., Low J.W., Ssemakula G.N., Laurie S., Chipungu P.F., Ndirigue J., Agili S., Karanja L., Chiona M., Njoku J.C., Mtunda K., Ricardo J., Adofo K., Carey E. & Grüneberg W.J. (2014). Orange-fleshed sweetpotato for Africa. Catalogue 2014, Second Edition, Lima, Peru : International Potato Center (CIP), 74 p.
- Tuomi T. (2005). Type 1 and type 2 diabetes : what do they have in common ? *Diabetes*, 54 : 40- 45.
- UKPDS (1995). United Kingdom Prospective Diabetes Study 16. Overview of 6 years' therapy of type II diabetes : a progressive disease. *Diabetes*, 44 : 1249-1258.
- UKPDS (1998). Intensive blood glucose control with sulfonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33). *Lancet*, 325 : 837-853.
- Van Vleet T. R. & Schnellmann R. G (2003). Toxic Nephropathy: *Seminars in Nephrology Environmental Chemicals* 23 (5) 500-508.
- Vaughan J. P. & Morrow R.H. (1991). Manuel d'épidémiologie pour la gestion de la santé au niveau du district. Programme special PNUD/Banque mondiale/OMS de recherche et de formation concernant les maladies tropicales, 195 p.
- Vazquez G., Duval S., Jacobs D.R.J. & Silventoinen K. (2007). Comparison of body mass index, waist circumference, and waist/hip ratio in predicting incident diabetes : a meta-analysis. *Epidemiologic Reviews*, 29 : 115-128.
- Velanovsky A. (2003). Modèles expérimentaux d'insuffisance rénale chez le chien. Thèse de Doctorat en Sciences Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Université Paul-Sabatier de Toulouse, (Toulouse, France), 80 p.
- Verma A.R., Vijayakumar M., Mathela C.S. & Rao C.V. (2009). *In vitro* and *In vivo* antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* Lam leaves. *Food and Chemical Toxicology*, 47 : 2196–2201.
- Vongsak B., Sithisarn P., Mangmool S., Thongpraditchote S., Wongkrajang Y., & Gritsanapan, W. (2013). Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products, journal homepage* 44, 566-571.

- Vyas S., Collin S., Bertin E., Davys J.G & Mathur B. (2009). Leaf concentrate as an alternative to iron and folic acid supplements for anaemic adolescent girls : a randomised controlled trial in India. *Public Health Nutrition*, 13(3) : 418–423
- Wagner A. (2000). Le rôle du laboratoire dans l'exploration du métabolisme du fer. *In : Revue de l'ACOMEN 6* : 23–27
- Weaver C. M. & Kannan S. T. (2002). Phytate and mineral bioavailability. *In : Reddy NR Sathe SK, eds. Food phytates. Boca Raton, F L : CRC Press* : 211-224.
- Weinman S. & Méhul P. (2004). *Toute la Biochimie*, Dunod, Paris, 34 p.
- Wellen K.E. & Hotamisligil G.S., (2005). Inflammation, stress, and diabetes. *Journal of Clinical Investigation*, 115 (5) : 1111-1119.
- Wherrett D. K., Ho J., Huot C., Legault L., Nakhla M. & Rosolowsky E. (2018). Type 1 Diabetes in Children and Adolescents. *Canadian journal of diabetes*, 42 (1) :234-246.
- Wild S., Roglic G., Green A., Sicree R. & King H. (2004). Global prevalence of diabetes : estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, 27 : 1047-53.
- Woolfe J. 1992. Sweet potato: An untapped food resource. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 214 p.
- Yao N. B., Kpata-K. N. E., Guetandé K.L. & Tano K. (2020). Caractérisation de quelques légumes-feuilles les plus consommés dans la ville de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 16 (36) : 257-284.
- Yayé Y.G. (2013). Evaluation et essais d'optimisation de l'activité antifongique des extraits de *Terminalia mantaly* H. Perrier, sur la croissance *in vitro* de *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* et *Trichophyton mentagrophytes*. Thèse de Doctorat en Pharmacologie des Substances Naturelles option : Biochimie et Microbiologie, Université Félix-Houphouët Boigny, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 157 p.
- Yesudass T. (2015). Erythrocyte Indices of Nitrite Toxicity in Mean Cell Hemoglobin (MCH) and Mean Cell Hemoglobin Concentration (MCHC) to Freshwater Fish *Cirrhinus mrigala*. *International Journal of Science and Research* ; 1(3) : 1547- 1550.
- You W. & Henneberg M. (2016). Type 1 diabetes prevalence increasing globally and regionally : the role of natural selection and life expectancy at birth. *British Medical Journal Open Diabetes Research & Care*, 4 : 1-7.

- Zannou-Tchoko V. J. (2005). Stratégies d'amélioration de bouillies de farines infantiles de haute densité énergétique à base de manioc et de soja par incorporation de farine de maïs germe. Thèse de Doctorat en Nutrition et Pharmacologie, Université de Cocody-Abidjan. UFR Biosciences, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 125 p.
- Zannou-Tchoko V. J., Ahi-Bitty L. B., Kouame K., Bouaffou Kouamé G. M. & Dally T., (2011). Utilisation de la farine de maïs germé source d'alpha-amylases pour augmenter la densité énergétique de bouillies de sevrage à base de manioc et de son dérivé, l'attiéké. *Journal of Applied Biosciences* 37 : 2477-2484.
- Zarkadas C.G., Yu, Z. & Burrows V.D. (1995). Protein quality of three new Canadian-developed naked oat cultivars using amino acid compositional data. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43 : 415-421.
- Zielinski H. & Kozłowska H. (2000). Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 : 2008–2016.

## **Publications (0 4) issues de la thèse**

**Publication 1** : Traoré Fakana Drissa, Diomandé Massé, Soro Songuimondenin, Traoré Koba Fatou, Grah Avit Maxwell Beugre (2023). Effet du mode de séchage de trois variétés de patate douce sur leurs potentiels nutritionnels, valeurs énergétiques et compositions phytochimiques (Daloa, Côte d'Ivoire). *International Journal of Scientific and Engineering Research* Volume 14, Issue 1, January-2023 ISSN 2229-5518

**Publication 2** : Traoré Fakana Drissa, Diomandé Massé, Gbogbo Moussa (2023) Effets de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*) enrichie en poudre de feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) sur les paramètres biochimiques des rats albinos (*Rattus norvegicus*) dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* Volume 17, Issue 2 Ser. I (February 2023) PP 21-30.

DOI: 10.9790/2402-1702012130

**Publication 3** : *Fakana Drissa Traore, Massé Diomande, Koba Fatou Traore, Kan Benjamin Kouame, and Songuimondenin Soro (2023)*. Caractérisation minérale, vitaminique et facteurs antinutritionnels de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve (Daloa, Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 1 Mar. 2023, pp. 68-79.

<http://www.ijias.issr-journals.org/>

**Publication 4** Traore Fakana Drissa , Diomande Masse and Gbogbo Moussa (2023) . Effects of sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour enriched with moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder on erythrocyte and leukocyte haematological parameters and liver and kidney histology of albino rats (*Rattus norvegicus*) in the Haut-Sassandra region Côte d'Ivoire. *GSC*

*Biological and Pharmaceutical Sciences*, 2023, 22(02), 099–110. Article

DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.22.2.0070>

**Publication 1** : Traoré Fakana Drissa, Diomandé Massé, Soro Songuimondenin, Traoré Koba Fatou, Grah Avit Maxwell Beugre (2023). Effet du mode de séchage de trois variétés de patate douce sur leurs potentiels nutritionnels, valeurs énergétiques et compositions phytochimiques (Daloa, Côte d'Ivoire). International Journal of Scientific and Engineering Research Volume 14, Issue 1, January-2023 ISSN 2229-5518

# Effet du mode de séchage de trois variétés de patate douce sur leurs potentiels nutritionnels, valeurs énergétiques et compositions phytochimiques (Daloa, Côte d'Ivoire)

Traoré Fakana Drissa<sup>1</sup>, Diomandé Massé<sup>1\*</sup>, Soro Songuimondenin<sup>2</sup>, Traoré Koba Fatou<sup>1</sup>, Grah Avit Maxwell Beugre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biochemistry-Microbiology, Agrovalorisation Laboratory, Jean Lorougnon Guédé University of Daloa, BP 150 Daloa - Ivory Coast.

<sup>2</sup>Departement of Food Sciences and Technology, Biocatalysis and Bioprocesses Laboratory, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Ivory Coast

\*Corresponding Author:  
[masse635@gmail.com](mailto:masse635@gmail.com)

**Résumé** : L'objectif de ce travail est de valoriser la patate douce (*Ipomoea batatas L.*) sous forme de farines et de mettre en évidence les potentialités nutritionnelles et thérapeutiques de ces farines. L'étude concerne l'impact du mode de séchage sur les propriétés physicochimiques des farines issues de trois variétés de patates douces : peau blanche (BB), peau violette (VB) et la peau jaune (JO). Pour cela, les patates ont été nettoyées, découpées puis séchées au soleil pendant une semaine et à l'étuve à 45°C pendant deux jours. Les farines obtenues après broyage ont été caractérisées par des méthodes conventionnelles. Il résulte de cette étude que la teneur en composés biochimiques a été relativement élevée dans la farine de la variété BB séchée à l'étuve. Cette farine a été plus riche en glucides 92220,00±0,03 mg/100g, en polyphénol 79,15±0,19 mg/100g, en flavonoïdes 38,90±0,20 mg/100g mg/100g, en acide gallique 2,94±0,02 mg/100g en acide glutamique 64,80±0,02 mg/100g, en alanine 16,35±0,02 mg/100g, en lysine 42,93± mg/100g et en arginine 83,71±0,01 mg/100g. Par contre, la variété JO séchée à l'étuve à 45°C a été plus riche en protéine 6174,00±0,04 mg/100g, lipide 1212,30±0,03 mg/100g, sucre réducteur 2080,56±0,05 mg/100g et sucre totaux 4330,64±0,55 mg/100g, en fibre 7802,3±0,02 mg/100g, en cendre (1210,11± 0,02 mg/100g). De façon générale, les valeurs énergétiques ont varié de 323,67 ± 0,33 Kcal/100g à 351,50 ± 0,33 Kcal/100g. Les deux modes de séchage ont donné des valeurs énergétiques similaires. En somme les farines des trois variétés obtenues après séchage à l'étuve à 45°C ont montré les propriétés physicochimiques les plus intéressantes pour les formulations alimentaires.

**Mots clés** : patate douce, *Ipomoea batatas*, séchage solaire, étuve, composition physicochimique et phytochimique

## Effect of the drying mode of three varieties of sweet potato on their nutritional potential, energy values and phytochemical compositions (Daloa, Côte d'Ivoire)

**Abstract**: The objective of this work is to develop sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) in the form of flours and to highlight the nutritional and therapeutic potential of these flours. The study concerns the impact of the drying method on the physicochemical properties of flours from three varieties of sweet potatoes: white skin (BB), purple skin (VB) and yellow skin (JO). To do this, the potatoes were cleaned, cut up and then dried in the sun for a week and in an oven at 45°C for two days. The flours obtained after grinding were characterized by conventional methods. It results from this study that the content of biochemical compounds was relatively high in the flour of the BB variety dried in the oven. This flour was richer in carbohydrates 92220.00±0.03 mg/100g, in polyphenol 79.15±0.19 mg/100g, in flavonoids 38.90±0.20 mg/100g mg/100g, in acid gallic 2.94±0.02 mg/100g in glutamic acid 64.80±0.02 mg/100g, in alanine 16.35±0.02 mg/100g, in lysine 42.93± mg/100g and in arginine 83.71±0.01mg/100g. On the other hand, the JO variety dried in the oven at 45°C was richer in protein 6174.00±0.04 mg/100g, lipid 1212.30±0.03 mg/100g, reducing sugar 2080.56± 0.05 mg/100g and total sugar 4330.64±0.55 mg/100g, in fiber 7802.3±0.02 mg/100g, in ash (1210.11± 0.02 mg/100g). In general, the energy values varied from 323.67 ± 0.33 Kcal/100g to

351.50 ± 0.33 Kcal/100g. The two drying modes gave similar energy values. In short, the flours of the three varieties obtained after drying in an oven at 45°C showed the most interesting physicochemical properties for food formulations.

**Key words:** sweet potato, *Ipomoea batatas*, sun drying, oven, physicochemical and phytochemical composition

## 1 INTRODUCTION

La patate douce (*Ipomoea batatas*), composée d'environ 50 genres et 1000 espèces, est une plante économiquement importante de la famille des Convolvulaceae [1]. Elle fait partie des plantes à racines et tubercules les plus consommées dans le monde en général et en Afrique subsaharienne en particulier, où une utilisation domestique et industrielle en est faite. La production mondiale annuelle des tubercules de patate douce est estimée à plus de 104 millions de tonnes [2]. Du point de vue nutritionnel, les tubercules de patate douce constituent une bonne source de vitamine A et C, de fer, de calcium et d'acides aminés [3]. Sa valeur nutritionnelle dépasse ainsi de loin celles de l'igname, du manioc et du taro [4]. Outre la consommation humaine, ses tubercules et ses feuilles sont également utilisées pour l'alimentation animale [5].

La patate douce présente des capacités agronomiques intéressantes telles que : une bonne productivité, un cycle de production relativement court, une large adaptation climatique et édaphique de la plupart des variétés. La patate douce devient de plus en plus une culture économique importante en raison de son potentiel de lutte contre la pauvreté, de réduction de la cécité (en utilisant des variétés à chair orange) et d'amélioration de l'état nutritionnel des populations rurales de manière peu coûteuse et durable [6]. La Côte d'Ivoire avait une production de 47914 tonnes en 2013 [7].

En Côte d'Ivoire, Il existe une grande diversité de variétés de patate douce. En 2013, la

production y est estimée à 47914 tonnes. La patate douce est très peu cultivée mais reste toutefois une culture de rente et un aliment important dans certaines régions [8]. Les variétés cultivées dans les régions de Côte d'Ivoire sont surtout les variétés à chair blanche. Pourtant les variétés à chair orange et jaune sont plus riches en bêta carotène (provitamine A) bio-disponibles, un atout important pour l'amélioration de l'état nutritionnel de la population en particulier les nourrissons et les jeunes enfants.

Cependant malgré son importance du point de vue nutritionnel, très peu d'étude sont menées sur les patates douces en Côte d'Ivoire, C'est dans cette optique que s'initie la présente étude intitulée « Effet du mode de séchage de trois variétés de patate douce sur leurs potentiels nutritionnels, valeurs énergétiques et compositions phytochimiques (Daloa, Côte d'Ivoire) ».

Elle a pour objectif général de déterminer les propriétés biochimiques des patates douces cultivées dans la ville de Daloa. Il s'agira plus spécifiquement de :

- Déterminer l'impact du mode de séchage des tubercules de patate sur leurs caractéristiques physico-chimiques et leurs valeurs énergétiques ;
- Evaluer l'effet du mode de séchage des tubercules de patate sur leurs compositions phytochimiques.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Matériel biologique

Le matériel biologique qui a été utilisé dans cette étude était constitué de trois variétés de patate douce (*Ipomoea batatas* L.) provenant de deux marchés (marché d'Orly et du grand marché) de la ville de Daloa. Les variétés qui ont été identifiées sur les marchés sont les suivantes, La variété à peau jaune et chair jaune (JO) ; la variété

à peau violette et chair blanche (VB) et, la variété à peau blanche et chair blanche (BB). Ces tubercules sont classés par variété et transportés dans des cartons jusqu'au laboratoire de l'Université Jean Lorougnon Guede Daloa, Côte d'Ivoire (**Fig. 1**).



Fig.1. Variétés de patate douces étudiées

## 2.2 Méthodes

### 2.2.1 Production de farine de patate douce

Les tubercules (4kg) lavés à l'eau de robinet et épluchés, ont été découpés en tranches à l'aide d'un couteau en acier inoxydable. Une partie des tranches de tubercules a été séchée à l'étuve à 45°C pendant 48h et la seconde partie a été séchée au soleil pendant une semaine. Après séchage, les tranches (3mm à 6mm) de tubercules ont été broyées à l'aide d'un mixeur puis tamisées à l'aide d'un tamis de maille 300 µm. Les différentes farines ainsi obtenues ont été conditionnées dans des sachets en polyéthylène pour empêcher des échanges d'humidité et stockée au laboratoire d'agro valorisation pour la détermination des paramètres physico-chimiques (Fig. 2).

### 2.2.2 Caractérisation physico-chimique des farines de patate douce

Les protéines brutes ont été déterminées à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl [9]. La détermination de la teneur en lipides de l'échantillon a été réalisée par extraction au Soxhlet [9]. Les sucres totaux ont été déterminés selon la méthode décrite par Dubois et al. (1956) [10]. Les sucres réducteurs ont été dosés selon la méthode de Bernfeld (1955) [11] utilisant l'acide 3,5 dinitrosalicylique (DNS). La teneur en cendres et fibres des farines a été déterminée par incinération des échantillons de farines à une température de 550 °C ± 15°C dans un four à moufle pendant 12 heures pour les cendres et 2 heures pour les fibres selon la méthode [9]. La teneur en glucides totaux a été calculée selon la formule décrite par [12] dont l'expression mathématique est la suivante:

$$\text{Glucides (\% MS)} = 100 - [\text{protéines (\% MS)} + \text{lipides (\% MS)} + \text{fibres (\% MS)} + \text{cendres (\% MS)}]$$

### 2.2.3 Caractérisation phytochimique des farines de patate douce

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par spectrophotométrie selon la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999) [13]. Les extraits phénoliques ont été analysés à l'aide d'une unité de HPLC analytique (Shimadzu Corporation, Japon) équipée d'une pompe binaire (LC-6A) couplée à un détecteur UV-VIS (SPD-6A). La teneur en flavonoïdes a été évaluée selon la méthode décrite par [14]. Après avoir préparés les échantillons, la lecture de leurs absorbances est effectuée au spectrophotomètre à 415 nm contre le blanc. La teneur en caroténoïdes a été évaluée selon la méthode décrite par Rodriguez-Amaya (2001) [15]. Après avoir préparés les échantillons, la lecture de l'absorbance de la phase éthérée est réalisée au spectrophotomètre à 450 nm contre l'éther de pétrole.

### 2.2.4 Caractérisation des acides aminés des farines de patate douce

L'extraction des acides aminés totaux a été réalisée selon la méthode légèrement modifiée de [16]. La composition en acides aminés de chaque échantillon a été déterminée en utilisant un chromatographe liquide à haute performance (HPLC) équipé d'une colonne PTC RP-18 (2,1 mm x 22 cm), d'un détecteur UV (Shimadzu SPD-6A UV Spectrophotometric detector) et d'un intégrateur (Shimadzu C-R 6A Chromatopac).

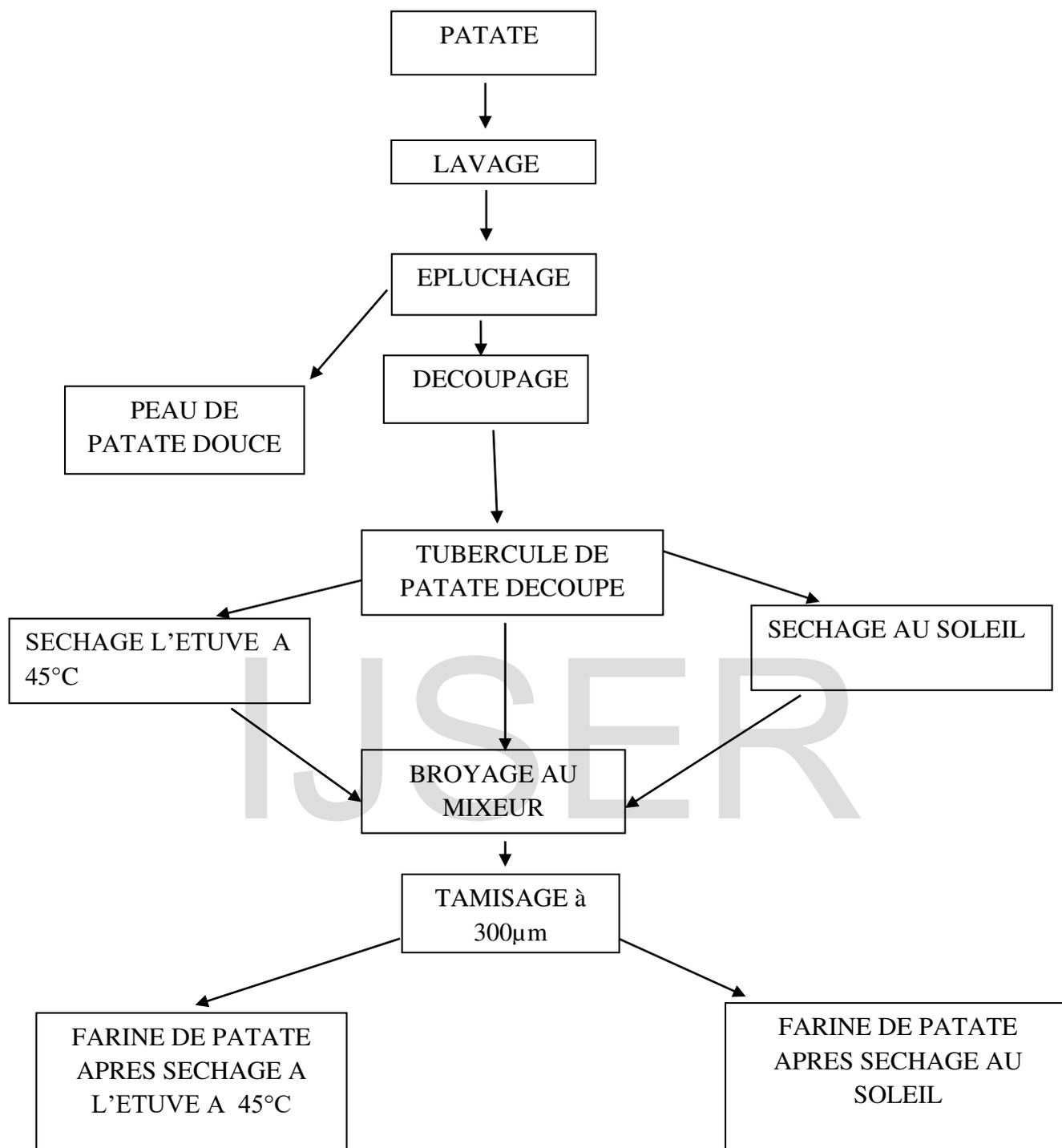


Fig. 2. Diagramme de fabrication de la farine de patate douce

### 2.2.5 Calcul de la valeur énergétique

La valeur énergétique (VE) est calculée en multipliant les valeurs moyennes des glucides, lipides et protéines par des coefficients spécifiques de 3,57 ; 8,37 et 2,44 respectivement [17]. Elle est exprimée en kilocalorie (kcal) selon la formule suivante : Valeur énergétique (kcal/100g MS) = 2,44 x protéines (% MS) + 8,37 x lipides (% MS) + 3,57 x glucides (% MS).

### 2.2.6 Analyse statistique

Toutes les mesures ont été effectuées en triple et les moyennes des données ont été analysées statistiquement en utilisant le logiciel XLSTAT 2014.5.03. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes. Les différences ont été considérées significatives pour les valeurs de  $p \leq 0,05$ . Pour séparer les différentes moyennes des échantillons, des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été réalisés.

### 3 RESULTATS

#### 3.1 Composition physicochimiques des farines de trois variétés de patate douce séchées au soleil et à l'étuve

Le tableau I présente les paramètres physico-chimiques des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

Au niveau du séchage au soleil, les teneurs en protéines les plus élevées ont été obtenues avec la farine issue de la variété VB. Ses teneurs ont varié de 3074,50±0,01 mg/100g à 5620,00±0,31 mg/100g. De même cette variété VB a permis d'obtenir les plus grandes valeurs du taux de protéines avec les farines issues du séchage à l'étuve la farine obtenue par le séchage à l'étuve. Les teneurs de celle-ci ont varié de 5972,30±0,03 mg/100g à 7080,30± 0,01 mg/100g. Le séchage à l'étuve a donné les meilleurs teneurs en protéines comparativement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en protéines ont varié de 3074,50± 0,01 mg/100g à 7080,30±0,01 mg/100g.

La farine obtenue par le séchage au soleil des tubercules a révélé que la valeur élevée de lipides ont été obtenues au niveau de la variété VB. Les teneurs de celle-ci ont varié de 404,00±0,01 mg/100g à 1080,10±0,7 mg/100g. De même, celle obtenue par le séchage à l'étuve a montré que la valeur élevée de lipides est obtenue pour la variété VB. Cette variété a donné une variation de teneurs de 562,10±0,02 mg/100g à 1721,10± 0,07 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en lipides par rapport au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en lipides ont varié de 404,00± 0,01 mg/100g à 1721,10± 0,07 mg/100g.

La farine obtenue par le séchage au soleil des tubercules a donné la valeur élevée en sucre réducteur pour la variété JO. Les teneurs en sucres réducteurs ont varié de 670,21±0,03 mg/100g à 1190,30±0,11 mg/100g. La farine obtenue par le séchage au soleil des tubercules a également donné les plus fortes valeurs de taux de sucres réducteurs pour la variété JO. Les teneurs ont varié de 860,43±0,03 mg/100g à 2080,56± 0,05 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en sucre réducteur contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en sucre réducteur ont varié de 670,21± 0,03 mg/100g à 2080,56± 0,05 mg/100g.

La farine obtenue par le séchage au soleil des tubercules a révélé que le taux élevé en sucre totaux est obtenue pour la variété JO. Ses taux

ont varié de 1430,32±0,03 mg/100g à 3580,40±0,06 mg/100g. Au niveau de la farine obtenue par le séchage à l'étuve des tubercules, la valeur élevée en sucre totaux a été obtenue pour la variété JO. Ses valeurs ont varié ainsi de 1930,03±0,03 mg/100g à 4330,64± 0,06 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en sucre totaux contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en sucre totaux ont varié de 1430,32± 0,03 mg/100g à 4330,64± 0,55 mg/100g.

La farine obtenue par le séchage au soleil des tubercules a révélé que la teneur élevée en fibres est obtenue pour la variété JO. Ses teneurs ont varié de 1002,0±0,1 mg/100g à 6904,0±0,1 mg/100g. Quant aux farines obtenues par séchage des tubercules à l'étuve, la variété JO s'est révélé être celle donnant la valeur la élevée en fibres. Ses teneurs ont varié de 1201,2±0,01 mg/100g à 1802,3± 0,02 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs taux en fibres comparativement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en fibres ont varié de 1002,0 ± 0,01 mg/100g à 7802,3 ± 0,02 mg/100g).

Les résultats ont révélé que le taux de cendre le plus élevé a été obtenue pour la variété JO séchée au soleil. Ses teneurs ont varié de 390,01±0,01 mg/100g à 1180,34±0,2 mg/100g. De même, les résultats ont montré que la variété JO séchée à l'étuve s'est révélé être le plus riche. Ses teneurs ont varié de 410,60±0,03 mg/100g à 1210,11± 0,02 mg/100g. Le séchage des tubercules à l'étuve a donné les meilleurs teneurs en cendre par rapport au séchage solaire. De façon générale les teneurs en cendre ont varié de de 390,43± 0,01 mg/100g à 1210,11± 0,02 mg/100g.

Les résultats ont révélé que la variété BB séchés au soleil a une teneur élevée en glucides. Ses teneurs ont varié de 88390,00±0,17 mg/100g à 92220,00±0,15 mg/100g. La variété BB séchée à l'étuve à 45°C a également donné un taux élevé en glucides et ses teneurs ont varié de 83610,00±0,05 mg/100g à 91360,00± 0,03 mg/100g. Le séchage des tubercules au soleil a donné les meilleurs teneurs en glucides comparativement au séchage à l'étuve à 45°C. De façon générale les teneurs en glucides ont varié de 83610,00± 0,05 mg/100g à 92220,00± 0,15 mg/100g. On pourra retenir des deux modes de séchage, que toutes les variétés de patate sont très riches en

macromolécules. Néanmoins la variété jaune (JO) est la plus riche en sucres réducteurs, sucres totaux et en fibre quelque soit le mode de séchage. Aussi en glucide lorsque la variété BB est séchée au soleil contrairement à son séchage à l'étuve à 45°C qui est plus riche en glucide. Quant à la variété VB, elle est la plus riche en protéines, en lipides et fournit plus d'énergie quelque soit le mode de séchage. Le séchage à l'étuve à 45°C conserve mieux la richesse en macromolécules (Tableau I).

IJSER

**TABLEAU 1**  
**COMPOSITION PHYSICOCHIMIQUES DES FARINES DE TROIS VARIETES**

Farine de patate douce	Protéines (mg/100g de MS)	Lipides (mg/100g de MS)	Sucres réducteurs (mg/100g de MS)	Sucres totaux (mg/100g de MS)	Fibres (mg/100g de MS)	Cendres (mg/100g de MS)	Glucides (mg/100g de MS)
<b>BB</b> <sub>soleil</sub>	5620,00 <sup>d</sup> ± 0,01	404,0 <sup>f</sup> ± 0,01	830,11 <sup>de</sup> ± 0,03	2080,00 <sup>d</sup> ± 0,02	1200,0 <sup>cd</sup> ± 0,01	560,05 <sup>c</sup> ± 0,02	92220,00 <sup>a</sup> ± 0,1
<b>VB</b> <sub>soleil</sub>	6120,30 <sup>b</sup> ± 0,12	1080,1 <sup>c</sup> ± 0,04	670,21 <sup>f</sup> ± 0,03	1430,32 <sup>e</sup> ± 0,03	1002,0 <sup>e</sup> ± 0,01	390,01 <sup>e</sup> ± 0,01	91410,00 <sup>a</sup> ± 0,17
<b>JO</b> <sub>soleil</sub>	3074,50 <sup>e</sup> ± 0,09	460,4 <sup>ef</sup> ± 0,07	1190,30 <sup>b</sup> ± 0,11	3580,40 <sup>b</sup> ± 0,06	6904,0 <sup>b</sup> ± 0,01	1180,34 <sup>a</sup> ± 0,02	88390,00 <sup>b</sup> ± 0,15
<b>BB</b> <sub>45°C</sub>	5972,30 <sup>c</sup> ± 0,03	562,1 <sup>d</sup> ± 0,02	1060,23 <sup>c</sup> ± 0,05	2990,12 <sup>c</sup> ± 0,10	1300,0 <sup>cd</sup> ± 0,01	810,23 <sup>b</sup> ± 0,03	91360,00 <sup>a</sup> ± 0,03
<b>VB</b> <sub>45°C</sub>	7080,30 <sup>a</sup> ± 0,01	1721,1 <sup>a</sup> ± 0,07	860,43 <sup>d</sup> ± 0,03	1930,03 <sup>d</sup> ± 0,03	1201,2 <sup>cde</sup> ± 0,01	410,60 <sup>de</sup> ± 0,01	89590,00 <sup>b</sup> ± 0,09
<b>JO</b> <sub>45°C</sub>	6174,00 <sup>b</sup> ± 0,04	1212,3 <sup>b</sup> ± 0,03	2080,56 <sup>a</sup> ± 0,05	4330,64 <sup>a</sup> ± 0,55	7802,3 <sup>a</sup> ± 0,02	1210,11 <sup>a</sup> ± 0,02	83610,00 <sup>c</sup> ± 0,05

**DE PATATES DOUCES SECHÉES AU SOLEIL ET A L'ÉTUVE (MG/100G DE MS)**

*a, b, c, d, e et f : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p < 0.05) ; BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil ; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil ; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil ; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C ; MS = matière sèche.*

### **3.2 Composition phytochimique des différentes variétés de farine de patate douce**

Le tableau 2 présente la composition phytochimique des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

La plus grande teneur en tanins a été obtenue pour la variété BB séchée au soleil. Ses teneurs ont varié de  $0,11 \pm 0,2$  mg/100g à  $0,18 \pm 0,3$  mg/100g. Par contre la plus grande valeur en tanins est obtenue pour la variété JO séchée à l'étuve à 45°C avec des teneurs qui ont varié de  $0,21 \pm 0,03$  mg/100g à  $0,28 \pm 0,01$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en tanins contrairement au séchage solaire. De façon générale les teneurs en tanins ont varié de  $0,11 \pm 0,01$  mg/100g à  $0,28 \pm 0,02$  mg/100g. Les trois variétés (BB, VB et JO) de patate douce ont été séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

Le taux élevé en acide gallique est obtenu pour la variété BB séché au soleil. Ses teneurs ont varié de  $1,00 \pm 0,00$  mg/100g à  $1,05 \pm 0,02$  mg/100g avec le meilleur taux obtenu avec le séchage à l'étuve à 45°C. Ses teneurs ont varié de  $1,02 \pm 0,02$  mg/100g à  $2,94 \pm 0,01$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en acide gallique comparativement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en acide gallique ont varié de  $1,00 \pm 0,00$  mg/100g à  $2,94 \pm 0,03$  mg/100g.

Le plus grand taux en Polyphénols ont été obtenus pour la variété BB séchée au soleil et à l'étuve à 45°C avec des valeurs variant respectivement de  $40,88 \pm 0,12$  mg/100g à  $67,91 \pm 0,09$  mg/100g et de  $40,88 \pm 0,12$  mg/100g à  $67,91 \pm 0,09$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Polyphénols par rapport au séchage au soleil. De façon générale

les teneurs en Polyphénols ont varié de  $40,88 \pm 0,12$  mg/100g à  $79,15 \pm 0,19$  mg/100g. (Tableau II).

La teneur élevée en flavonoïdes a été obtenue pour la variété BB séchée au soleil et à l'étuve à 45°C avec des teneurs variant respectivement de  $24,05 \pm 0,04$  mg/100g à  $31,51 \pm 0,04$  mg/ et de  $28,01 \pm 0,20$  mg/100g à  $38,90 \pm 0,20$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en flavonoïdes contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en flavonoïdes ont varié de  $24,05 \pm 0,04$  mg/100g à  $38,90 \pm 0,20$  mg/100g.

La farine des tubercules a révélé que la teneur élevée en caroténoïde est obtenue pour la variété JO au soleil et à l'étuve à 45°C avec des teneurs variant respectivement de  $47,09 \pm 0,01$  mg/100g à  $100,95 \pm 0,18$  mg/100g et de  $50,10 \pm 0,20$  mg/100g à  $101,22 \pm 0,18$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Caroténoïde par rapport au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en Caroténoïde ont varié de  $47,09 \pm 0,01$  mg/100g à  $101,22 \pm 0,18$  mg/100g.

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce sont très riches en composés phénoliques et en anti oxydants. Néanmoins la BB est la plus riche en acide galliques, en polyphénols et en flavonoïdes quelques soit le mode de séchage et en tanins au séchage solaire. Tandis que la variété JO est plus riche en caroténoïdes quelques soit le mode de séchage et en tanins au séchage à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C conserve mieux le mieux en composés phénoliques et en anti oxydant (Tableau 2).

**TABLEAU 2**  
**COMPOSITION PHYTOCHIMIQUE DES DIFFERENTES VARIETES DE FARINE**  
**DE PATATES DOUCES (MG/100G DE MS)**

Farine de patate douce	Tanin (mg/100g de MS)	Acide gallique mg/100g de MS)	Polyphénols (mg/100g de MS)	Flavonoïdes (mg/100g de MS)	Caroténoïde (mg/100g de MS)
<b>BB</b> <sub>soleil</sub>	0,18 <sup>a</sup> ±0,01	1,05 <sup>a</sup> ±0,02	67,91 <sup>c</sup> ± 0,09	31,51 <sup>b</sup> ± 0,04	47,09 <sup>d</sup> ± 0,01
<b>VB</b> <sub>soleil</sub>	0,12 <sup>a</sup> ±0,02	1,00 <sup>a</sup> ±0,00	50,87 <sup>e</sup> ± 0,10	24,05 <sup>d</sup> ± 0,04	54,86 <sup>e</sup> ± 0,30
<b>JO</b> <sub>soleil</sub>	0,11 <sup>a</sup> ±0,02	1,03 <sup>a</sup> ±0,02	40,88 <sup>f</sup> ± 0,12	24,15 <sup>d</sup> ± 0,05	100,95 <sup>a</sup> ± 0,18
<b>BB</b> <sub>45°C</sub>	0,21 <sup>a</sup> ±0,03	2,94 <sup>a</sup> ±0,02	79,15 <sup>a</sup> ± 0,19	38,90 <sup>a</sup> ± 0,20	50,10 <sup>c</sup> ± 0,02
<b>VB</b> <sub>45°C</sub>	0,25 <sup>a</sup> ±0,02	1,02 <sup>a</sup> ±0,02	71,25 <sup>b</sup> ± 0,29	28,01 <sup>c</sup> ± 0,20	61,43 <sup>b</sup> ± 0,02
<b>JO</b> <sub>45°C</sub>	0,28 <sup>a</sup> ±0,01	1,67 <sup>a</sup> ±0,03	60,01 <sup>d</sup> ± 0,01	32,07 <sup>b</sup> ± 0,03	101,22 <sup>a</sup> ± 0,18

*a, b, c, d, e et f : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p < 0.05) ; BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil ; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil ; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil ; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C ; MS= matière sèche.*

### **3.3 Composition en acides aminés des différentes variétés de patate douce**

Le tableau 3 présente la composition en acides aminés des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

La teneur élevée en serine est obtenue pour la variété JO séchée au soleil et à l'étuve avec des variations respectives de 49,10±0,02 mg/100g à 60,11±0,01 mg/100g et de 51,43±0,01 mg/100g à 60,13± 0,02 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en serine contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en serine ont varié de 49,10± 0,02 mg/100g à 60,13± 0,00 mg/100g.

Le plus grand taux en Leucine est obtenu pour la variété JO séchée au soleil. Ses teneurs ont varié de 30,16±00 mg/100g à 31,60±0,06 mg/100g. Par contre la valeur élevée en Leucine est obtenue pour la variété VB séchée à l'étuve à 45°C et ses teneurs ont varié de 31,40±0,01 mg/100g à 33,10± 0,03 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Leucine contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en Leucine ont varié de 30,16± 0,11 mg/100g à 33,71±0,03 mg/100g.

Les tubercules séchés respectivement au soleil et à l'étuve à 45°C ont eu des taux de variations en acide glutamique respectifs de 38,10±01 mg/100g à 52,30±0,01 mg/100g et de 44,30±0,01 mg/100g à 64,80± 0,02 mg/100g avec les plus grands taux obtenus pour la variété BB. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en acide glutamique contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en acide glutamique ont varié de 38,10 ± 0,01 mg/100g à 64,80± 0,02 mg/100g. (Le tableau III)

La teneur élevée en alanine est obtenue pour la variété BB séchée au soleil. Ses teneurs ont varié de 10,04±00 mg/100g à 11,35±0,2 mg/100g. Par contre la plus grande valeur en alanine est obtenue pour la variété JO avec des teneurs qui ont varié de 10,23±0,05 mg/100g à 18,11± 0,02 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en alanine contrairement au séchage au soleil. De façon générale les teneurs en alanine ont varié de 10,04± 0,05 mg/100g à 18,11± 0,00 mg/100g.

La teneur en lysine la plus élevée a été obtenue pour la variété BB quelques soit le mode de séchage. Ses teneurs ont varié respectivement de 42,76±0,01 mg/100g à 58,00±0,01 mg/100g pour le séchage solaire et de 41,32±0,01 mg/100g à 42,93± 0,02 mg/100g pour le séchage à l'étuve à

45°C. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en lysine contrairement au séchage à l'étuve à 45°C. De façon générale les teneurs en lysine ont varié de 41,32± 0,01 mg/100g à 58,00± 0,01 mg/100g.

Le taux élevé en arginine a été obtenu pour la variété BB quelques soit le type de séchage avec des variations respectives de 80,16±0,01 mg/100g à 81,60±0,06 mg/100g pour la farine de séchage solaire et de 80,49±0,01 mg/100g à 83,71± 0,01 mg/100g pour le séchage à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en arginine contrairement au séchage à l'étuve à 45°C. De façon générale les teneurs en arginine ont varié de 80,16± 0,01 mg/100g à 83,71± 0,01 mg/100g.

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce sont très riches en acides aminés. Néanmoins la variété BB a été la plus riche en acide glutamique, en lysine et en arginine quelques soit le mode de séchage et riche en alanine après un séchage solaire. Quant à la variété JO, elle est plus riche en serine quelques soit le mode de séchage, en leucine après un séchage solaire et en alanine après un séchage à l'étuve à 45°C. Tandis que la variété VB est plus riche en leucine après un séchage à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a mieux conservé les acides aminés dans la farine de patate douce (Tableau 3).

### **3.4 Valeurs énergétiques des variétés de patate séchées au soleil et à l'étuve**

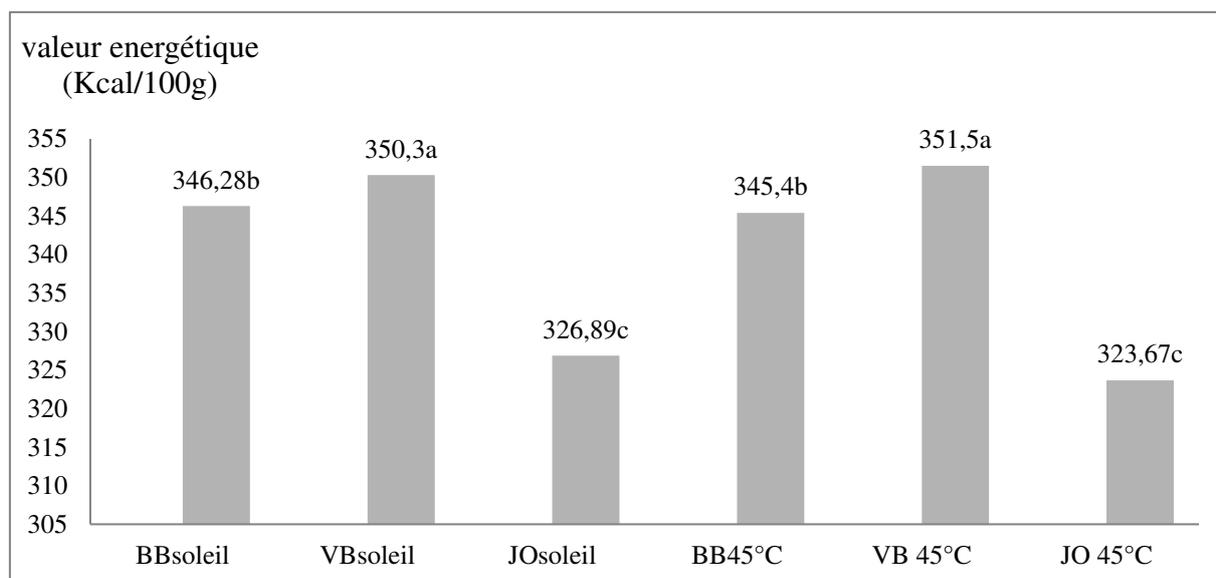
La figure 1 présente les valeurs énergétiques des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

La valeur énergétique des farines de tubercules séchées au soleil et à l'étuve à 45°C est plus élevée pour la variété VB avec des variations respectives de 326,89±0,31 Kcal à 350,30±0,14 Kcal et de 323,67±0,33 Kcal à 351,50± 0,33 Kcal. Les deux modes de séchage ont donné des valeurs énergétiques similaires. De façon générale les valeurs énergétiques ont varié de 323,67 ± 0,33 Kcal à 351,50 ± 0,33 Kcal (**Fig.2**).

**TABLEAU 3**  
**TENEURS EN QUELQUES ACIDES AMINES DES DIFFERENTES VARIETES DE PATATES DOUCES**

Farine de patate	Serine (mg/100g de MS)	Leucine (mg/100g de MS)	Acide glutamique (mg/100g de MS)	Alanine ( mg/100g de MS)	Lysine (mg/100g de MS)	Arginine ( mg/100g de MS)
<b>BB</b> <sub>soleil</sub>	50,06 <sup>b</sup> ± 0,01	30,49 <sup>a</sup> ± 0,00	52,30 <sup>b</sup> ± 0,01	11,35 <sup>b</sup> ± 0,02	58,00 <sup>a</sup> ± 0,01	81,60 <sup>b</sup> ± 0,00
<b>VB</b> <sub>soleil</sub>	49,10 <sup>b</sup> ± 0,02	30,16 <sup>a</sup> ± 0,01	38,10 <sup>d</sup> ± 0,01	10,04 <sup>b</sup> ± 0,00	47,10 <sup>b</sup> ± 0,01	80,16 <sup>c</sup> ± 0,01
<b>JO</b> <sub>soleil</sub>	60,11 <sup>a</sup> ± 0,00	31,60 <sup>a</sup> ± 0,06	51,40 <sup>b</sup> ± 0,02	11,08 <sup>b</sup> ± 0,02	42,76 <sup>c</sup> ± 0,01	81,40 <sup>b</sup> ± 0,06
<b>BB</b> <sub>45°C</sub>	51, 43 <sup>b</sup> ± 0,01	31,40 <sup>a</sup> ± 0,01	64,80 <sup>a</sup> ± 0,02	16,35 <sup>a</sup> ± 0,02	42,93 <sup>c</sup> ± 0,02	83,71 <sup>a</sup> ± 0,01
<b>VB</b> <sub>45°C</sub>	50,34 <sup>b</sup> ± 0,00	33,71 <sup>a</sup> ± 0,01	44,30 <sup>c</sup> ± 0,01	10,23 <sup>b</sup> ± 0,05	41,32 <sup>c</sup> ± 0,01	80,49 <sup>c</sup> ± 0,01
<b>JO</b> <sub>45°C</sub>	60,13 <sup>a</sup> ± 0,02	33,10 <sup>a</sup> ± 0,03	54,20 <sup>b</sup> ± 0,02	18,11 <sup>a</sup> ± 0,00	42,34 <sup>c</sup> ± 0,02	83,10 <sup>a</sup> ± 0,03

*a, b, c, d, e et f : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p < 0.05) ; BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil ; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil ; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil ; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C ; MS= matière sèche.*



a, b, c, d, e et f : moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0.05$ ); BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil ; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil ; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil ; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C ; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C ; MS= matière sèche.

Fig. 2. Valeur énergétiques des variétés de patate séchées au soleil et à l'étuve

## 4 DISCUSSION

### 4.1 Caractéristiques physicochimiques des patates douces

Les teneurs en protéines des différentes variétés de patates douces étudiées varient de  $3074,50 \pm 0,01$  mg/100g à  $7080,30 \pm 0,0$ . Ces teneurs sont inférieures aux teneurs en protéines (9130 mg/100g) de la farine d'igname des travaux de [18]. Ces teneurs sont dans le même ordre que celles présentées par [19] dans ses sur la farine de patate douce. En effet, les résultats présentés étaient respectivement de 5020 mg/100g et 6310 mg/100g de protéines. Cependant les valeurs obtenues sont supérieures à celles présentées par Ouédraogo [28] sur d'autres variétés de patate douce qui ont des teneurs variant de 1730 mg/100g de MS à 1960 mg/100g de MS). Cela pourrait être lié à la variété de patate utilisée et surtout à la transformation subie par les tubercules. En effet, selon les données de l'IITA [20], la transformation influence la composition nutritionnelle des produits (pertes de matières protéiques dans la peau des tubercules). Selon ces dites données, la pelure des tubercules contient beaucoup d'acides aminés. D'une manière générale, la teneur en protéines de la patate douce est nettement faible comparativement à celle d'autres tubercules telles que l'igname (*Dioscorea dumetorum* (Kunth) pax) qui a une

teneur de l'ordre de 9,6 % de matière sèche Medoua [14]. Cette teneur très faible en protéine de la patate douce souligne la nécessité de compléter les régimes à base de patate douce davantage d'aliments riches en protéines afin d'assurer les besoins nutritionnels d'un enfant en pleine croissance.

Les teneurs en lipides obtenu pour les farines des différentes variétés de patate douce ont varié de  $404,00 \pm 0,01$  mg/100g à  $1721,10 \pm 0,07$  mg/100g. La valeur la plus élevée est inférieure à la teneur en lipide (3250 mg/100g) de la farine d'igname *Dioscorea praehensilis* [18] et la valeur la plus faible corrobore le taux de lipide (400mg/100g) contenu dans la patate rouge [21]. La plus grande valeur est supérieure à la teneur en lipide (1300mg/100g) de de la farine de patate rouge [22]. La valeur minimale lipide ( $404,00 \pm 0,01$  mg/100g) est inférieur à celle obtenu par Siédogo [23] (1540mg/100g). Badila et al. [24] ont rapportés une teneur en lipides de la farine de patate douce de l'ordre de 900 mg/100g qui est inférieure à la valeur maximale. Notons que la différence est sans doute liée à la variété et aux conditions de productions des patates. La teneur en lipides de la farine de patate est fonction des cultivars [24].

Les teneurs en sucre réducteur ont varié de façon significative. Ce qui est en accord avec la

teneur en sucres réducteurs des farines de patate douce comprise entre 1200 et 2800 mg/100g issue des travaux de Ahmed *et al.* [25]. Cette valeur élevée des sucres réducteurs peut être due la complexation des sucres par le calcium [25].

Les teneurs en sucre totaux ont varié de façon significative de  $1430,32 \pm 0,03$  mg/100g à  $4330,64 \pm 0,55$  mg/100g. Pour les sucres totaux, la quantité minimale obtenue est inférieure à la teneur obtenue par Abubakar *et al.* [26] qui est de 25740 mg/100g sur une variété de patate douce cultivée à Kwara au Nigeria. Ces teneurs sont proches du taux des sucres totaux de 3810 mg/100g dans l'igname sauvage selon les travaux de Sahoré [27]. Ces teneurs sont aussi inférieures au taux des sucres totaux (6300mg/100g) dans la patate blanche [21]. Quant aux sucres réducteurs, nos variétés ont montré des teneurs variant de  $670,21 \pm 0,03$  mg/100g à  $2080,56 \pm 0,05$  mg/100g; ces résultats sont inférieurs à ceux de Ouédraogo [28] qui avait obtenu des teneurs de 5140 à 6,08 mg/100g dans deux autres variétés de patate douce. En effet selon Owori *et al.* [5] la composition chimique des tubercules varie selon les variétés, la région de culture et le type de sol. Parmi les 3 variétés qui ont fait l'objet de cette étude, la variété à chair jaune semble être la meilleure en termes de sucres totaux et de sucres réducteurs. En effet, cette variété de patate douce s'était révélée comme la bonne source de sucres.

Les teneurs en fibres ont varié de  $1002,0 \pm 0,01$  mg/100g à  $7802,3 \pm 0,02$  mg/100g). La variété blanche (BB) a montré une teneur en fibres ( $1300 \pm 0,01$ mg/100g) relativement faible par rapport à celle ( $7802,3 \pm 0,02$  mg/100g) de la variété (JO). Cette teneur élevée ( $7802,3 \pm 0,02$  mg/100g) a été supérieure à la teneur de fibres (7100mg/100g) de la farine de patate blanche [29]. La teneur en fibre de la variété (BB) a été similaire à la teneur en fibre (1300mg/100g) de la farine des tubercules de patate douce des travaux de Soares *et al.* (2002) [30]. Cette même teneur a été aussi inférieure à la valeur des fibres (3620 mg/100g) de farine d'autres tubercules d'igname sauvage [27]. Ces teneurs ont été aussi inférieures à la teneur en fibres de la variété (JO). Ces valeurs indiquent que les variétés de patates douces étudiées sont riches en fibres. En raison de sa richesse en fibres, la consommation de ces variétés de patate douce serait bénéfique surtout que les fibres réguleraient le transit intestinal et captent une partie des lipides et des glucides, ce qui permettrait de réguler en partie le taux de sucre sanguin et éviteraient l'excès de cholestérol

[31]. Elles exercent aussi un effet positif contre le surpoids et sur les maladies métaboliques grâce à leur haut degré de saturation [32]. En outre, les fibres facilitent l'hydratation de fèces [33].

Les teneurs en cendre des farines de patate varient d'une variété à l'autre ( $390,43 \pm 0,01$  mg/100g à  $1210,11 \pm 0,02$  mg/100g). La teneur la plus élevée ( $1210,11 \pm 0,02$  mg/100g) est proche de la teneur en cendre (1020 mg/100g) de la farine d'igname de l'étude de Soro [18] et inférieure à la teneur en cendres (5240 mg/100g) de la farine d'ignames des travaux de Sahoré [27]. Les taux de cendres obtenus au niveau des différentes farines sont très inférieurs aux résultats obtenus par Siédogo [23]. Les résultats de cet auteur étaient de l'ordre de 3330 mg/100g. Ces résultats sont également inférieurs à ceux rapportés par Banhoro [34] (3400 mg/100g). Cette différence pourrait provenir de la variété de patate utilisée. Les variétés n'ont pas les mêmes teneurs en sels minéraux [20]. Elle peut être également liée aux conditions agricoles de productions de la patate (type de sol et nature des fertilisants). La teneur en cendres rend compte de la quantité relative d'éléments minéraux dans la farine des tubercules car après calcination d'un produit alimentaire, toute la fraction organique disparaît. En générale l'ensemble des constituants chimiques sont conservés lorsqu'on fait le séchage à 45°C, ces résultats s'expliqueraient par les long temps de séchage au soleil (7jours), alors que le séchage à l'étuve a une durée de 2 jours.

La variété blanche a été riche en glucides ( $92510,00 \pm 0,03$  mg/100g). Cette teneur est supérieure à la teneur en glucide (89210 mg/100g) de la farine d'igname [18]. Aussi inférieure à celle des glucides (33500mg/100g) de la patate douce des études de Antonio (2011). Ces valeurs indiquent que les variétés de patate douce étudiées sont riches en glucides. La teneur en sucres et en amidon des tubercules est fortement dépendante de la variété [35]. En raison de sa forte teneur en glucides, la consommation de ces variétés de patate douce serait bénéfique surtout que les glucides fournissent l'essentiel de l'énergie dans l'organisme.

#### **4.2 Caractéristiques phytochimiques des patates douces**

La plus grande teneur ( $79,15 \pm 0,19$  mg/100g) en polyphénol a été inférieure à la teneur en polyphénol ( $316,17 \pm 0,47$  mg/100g) des cutivars (Banapka) de banane plantain des études de

Maniga [36]. Une bonne activité antioxydant des plantes pourrait dépendre de la nature des composés phénoliques qui s'y trouvent. Une alimentation à base de ces plantes, pourrait pourvoir aux besoins en polyphénols de l'organisme et renforcer la santé des populations. La variation des teneurs en phénols totaux pourrait être due à la différence des variétés utilisées, aux facteurs environnementaux qui ont un effet principal sur leur contenu, aux types de sol, à l'exposition au soleil, à la précipitation, aux facteurs agronomiques et la période de culture [37]. Egalement, à l'exposition à la lumière qui a un effet considérable sur la plupart des flavonoïdes. Le degré de maturité affecte considérablement les concentrations et les proportions des divers polyphénols [38]. Sosulski et al. [39] ont rapporté que le stockage peut également affecter le contenu des polyphénols qui s'oxydent facilement. Le stockage de la farine de blé a comme conséquence la perte marquée des acides phénoliques. Après 6 mois de stockage, les farines ont les mêmes acides phénoliques en termes qualitatifs, mais leurs concentrations étaient inférieures à 70% [40]. La valeur la plus élevée (38,90±0,20 mg/100g) en flavonoïdes est supérieure au taux de flavonoïdes (8,34±0,06 mg/100g) déterminé dans les graine de haricot par Mahan [41]. Cette valeur est aussi inférieure à celle obtenue (261,80±0,90 mg/100g) dans le cultivar (Banaboi) de banane [36]. La valeur élevée de caroténoïdes (101,22±0,18 mg/100g) est supérieure au taux de caroténoïdes (91,50±0,64 mg/100g) déterminés dans la pulpe de papaye à l'état vert par Koffi [42]. Selon cet auteur, la diminution du taux de caroténoïdes dans les fruits serait liée à l'exposition au soleil. Cependant nous pouvons aussi dire que la diminution du taux de caroténoïdes dans notre étude serait liée au soleil. La teneur élevée en acide gallique (2,94±0,02 mg/100g) est inférieure à la valeur d'acide gallique (111,43±0,25 mg/100g) dans le cultivar (Banaboi) de banane plantain des travaux de Maniga [36].

#### **4.3 Profil en acides aminés des patates douces**

La teneur élevée en acide glutamique (64,80±0,02 mg/100g) a été inférieure à la teneur en acide glutamique (318,3±0,9 mg/100g) dans le cultivar Banaboi de banane plantain des études de Maniga [36]. Cette valeur est supérieure à la teneur en acide glutamique (14,16±0,03mg/100g) dans les graines de papaye solo au stade vert des

travaux de Koffi [42]. Les teneurs élevées en lysine (42,93± mg/100g) et en arginine (83,71±0,01 mg/100g) ont été inférieures respectivement au taux de lysine (247,3±0,7 mg/100g) et d'arginine (219,7±0,7 mg/100g) dans le cultivar (Banaboi) de banane plantain des études de Maniga [36].

La valeur d'arginine (219,7±0,7 mg/100g) a été supérieure à la teneur de l'arginine (14,15±0,02 mg/100g) dans l'épicarpe de papaye solo à l'état vert [42].

#### **4.4 Valeur énergétique des patates douces**

La valeur énergétique a varié de 323,67 ± 0,33 Kcal à 351,50 ± 0,33 Kcal. Ces valeurs ont été inférieures à la valeur énergétique (425,76 Kcal) dans la farine d'igname sauvage des travaux de Soro [18]. La valeur énergétique de la farine de patate douce est largement tributaire de la composition chimique des tubercules qui est aussi liée à la période de la récolte.

## **5 CONCLUSION**

Ce travail a été entrepris dans le but de caractériser la farine de trois différentes variétés (BB, VB et JO) de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

A l'issue de cette étude, il ressort que la farine de la variété BB est plus riche en glucides (92220,00±0,03 mg/100g), en polyphénol (79,15±0,19 mg/100g), en flavonoïdes (38,90±0,20 mg/100g mg/100g), en acide gallique (2,94±0,02 mg/100g), en acide glutamique (64,80±0,02 mg/100g), en alanine (16,35±0,02 mg/100g), en lysine (42,93± mg/100g) et en arginine (83,71±0,01 mg/100g).

En revanche, La farine de la variété JO est plus riche en protéine (6174,00±0,04 mg/100g), lipide (1212,30±0,03 mg/100g), sucre réducteur (2080,56±0,05 mg/100g) et sucre totaux (4330,64±0,55 mg/100g), en fibre (7802,3±0,02 mg/100g), en cendre (1210,11± 0,02 mg/100g), en tanin (0,28±0,01 mg/100g) et en caroténoïdes (101,22±0,18 mg/100g).

Les farines des variétés BB et JO possèdent les propriétés physicochimiques les plus intéressantes pour la formulation alimentaire. Le séchage à l'étuve à 45°C est le mode de séchage qui conserve le mieux les composés biochimiques.

## **REFERENCES**

- [1]. Scott, G. J. et Ewell, P. E. (1992). Sweet potato in African food systems. In: Scott G., Ferguson P.I,

- and Herrera J.E (eds). Product Development for Root and Tuber Crops. Vol. III Africa. Proceedings on the workshop on Processing, Marketing, and Utilization of roots and Tuber Crops in Africa, held October 26 November 2, 1991 at the IITA, Ibadan, Nigeria, International Potato Center, Lima, Peru 170p.
- [2]. FAO, 2013.- La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture :mettre les systèmes alimentaires au service d'une meilleure nutrition .ISSN 0251-1460, 114p.
- [3]. Sanoussi A. F., Adjatin A., Dansi A., Adebowale A. , Sanni L.O. and Sanni A. (2016) : Mineral Composition of Ten Elites Sweet Potato (*Ipomoea Batatas* [L.] Lam.) Landraces of Benin Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 5(1): 103-115
- [4]. Onwueme, I. C. (1978). The tropical tuber crops. Yam, Cassava, Sweet potato and Cocoyams. Chichester, Royaume-Uni, Wiley, 234p.
- [5]. Owori C, Berga L, Mwangi R.O.M, Namutebi A Et Kapinga R. (2007): SWEET POTATO RECIPE BOOK: Sweet potato processed Products from Eastern and Central Africa. Kampala-Uganda, 93 p.
- [6]. Brobbrey, A. (2015). Growth, yield and quality factors of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (l) lam) as affected by seedbed type and fertilizer application and utilization of root and tuber crops in africa. Master of philosophy in agronomy department of crop and soil sciences Kwame Nkrumah University of Science and Technology (Kumasi), 95p.
- [7]. FAOSTAT (2018). <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>, consulté le 23 mai 2018.
- [8]. Dibi, K. E. B., Essis, B., N'Zué, B., Kouakou, A. M. et Zohouri, G. P. (2016). Appui à la promotion de la patate douce à chair orange en Côte d'Ivoire. Rapport final avenant du Projet / Agriculture familiale pour la nutrition et l'équité de genre (CHANGE). CNRA Bouaké. Janvier 2016, 16p.
- [9]. AOAC (1990). Méthodes officielles d'analyse. 15ème édition. Association des chimistes analytiques officiels, Washington, DC, Etats-Unis, pp. 200-210.
- [10]. Dubois, MKA., Gilli, YK., Hamilton, PA. (1956). Colometric method for determination of sugars and related substance. Anal and chem: 28, 350-356
- [11]. Bernfeld P. (1955) Alpha and beta amylases. In, Methods in Enzymology, Colowick S.P. and Kaplan N., eds. Academic Press, New York, pp 149-158.
- [12]. 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(2) :166-168.
- [13]. Singleton V. L., Orthofer R. et Lamuela-Raventos R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152-178.
- [14]. Medoua N., G.J., M., 2005. Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) Pax : Étude du durcissement post-récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine. Thèse de Doctorat. 254p.
- [15]. Rodriguez-Amaya D.B. (2001) A Guide to carotenoid Analysis in Foods. ILSI Human Nutrition Institute. One Thomas Circle, NW, Washington DC, 20005-5802, 64
- [16]. Basha S.M.M., Cherry J.P., Young C.T. (1976). Changes in free amino acids, carbohydrates and proteins of maturity seeds from various peas (*Arachis hypogaea*) cultivars. Cereal Chemistry 53 : (583-597)
- [17]. FAO, 2002b. Food energy methods. of analysis and conversion factors. FAO Ed, Rome, Italie, 97p
- [18]. Soro Songuimondenin (2020). Valorisation nutritionnelle et technologique de l'igname sauvage *Dioscorea praehensilis* cv «kokoassé»: situation socio-alimentaire en milieu rural dans la région du Loh-Djiboua (Divo), formulations et applications technologiques potentielles Thèse de Doctorat en Sciences et Technologies des Aliments de l'Université Nangui Abrogoua Spécialité: Biochimie et Technologies des Aliments 234p.
- [19]. Kabore E. (2009) : Essais de formulation et production de biscuits à base de patate douce à chair orange, (Mémoire de Licence). Université Polytechnique de Bobodioulasso, 45 p
- [20]. IITA (1982): Tuber and Root Crops Production Manual: Series n°9. 244 p
- [21]. Sammy, G.M. (1970). Studies in composite flours. I. The use of sweet potato flour in bread and pastry making. Tropical Agriculture (Trinidad) (47) 115-125.
- [22]. Gurkin, U. (1988). The Effect of storage conditions on selected quality attributes of Sweetpotato flour. Thesis of the University of Tennessee, Knoxville.
- [23]. Siedogo (2009) : Essai de formulation et de production de biscuits à base de tubercules : manioc et patate douce à chair orange, Mémoire de Licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 64 p
- [24]. Badila C, Diatwa M, Ellaly G. et Nguyen D. (2009) : Mise au point d'un procédé de fabrication des farines de banane plantain et de tubercules de patate douce : Elaboration des caractéristiques chimiques des farines. Université Marien Ngouabi. Brazzaville, 63p
- [25]. Ahmed, M., Akter, M.S., Lee, J.C. & Eun, J.B. (2010). Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. LWT - Food Science and Technology, (43), 1307-1312.
- [26]. Abubakar HN, Olayiwola IO, Sanni SA, Idowu M. (2010). Chemical composition of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) dishes as consumed in kwara state, Nigeria. Int. Food. Res. J., 17(1): 411-416.
- [27]. Sahoré, D.A., (2010). Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des tubercules et des amidons d'ignames (*Dioscorea*). Cas de quelques espèces d'igname spontanée. Éditions Publibook. PARIS, France: 151p.
- [28]. Ouédraogo N. (2010). Valorisation des déchets de tubercule (patate douce et Igame) par la production de protéine d'intérêt. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, p.55.
- [29]. Antarlina, S. (1990). In UPWARD proceedings of the inaugural planning workshop on the user's perspective with agricultural research and

- development Baguio City, Office Region VII, Philippines, 68 p.
- [31]. Soares K.T, Melo AS, Matias E.C. (2002). A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* Lam.). Documento 41, Emepa-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba SA), João Pessoa, Brazil, 26 pp
- [31]. Ponka R., Nankap E.L.T.; Tambe S.T. & Fokou E., 2016.-Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du Cameroun. *IJIAS*, 16(2) :280-292
- [32]. Henauer J. et Frei J., 2008 Alimentation riches en fibres : L'importance des fibres pour les personnes souffrantes de paralysie, paraplegiker Zentrum Uniklinik Balgrist traduction française AG et CBA, 3 :1-9.
- [33]. AFSSA, 2002 Les fibres alimentaires : définition de méthodes de dosage, allégations nutritionnelles. Rapport du comité des experts spéciaux, Nutrition humaine, 62p.
- [34] Banhero O. (2011) : Valorisation des produits locaux : Formulation et production de biscuit à base de pulpe de baobab (*Adansonia digitata*), Mémoire de Licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 58 p
- [35]. Nepa (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentos). (2006). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2nd Edn), Fórmula Editora, Campinas, 113 pp.
- [37]. Ruiz FS. (1984). Estudo das variáveis envolvidas no processo d'obtenção de farinhas pré-gelatinizadas de batata doce, por desidratação com rolos aquecidos (Double drum-dryer). MSc thesis, Campinas State University, 106 pp.
- [38]. Macheix J-J, Fleuriet A, Billot J. (1990). Fruit phenolics. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [39] Sosulski F., Krygier K. et Hogge L. (1982) Acides phénoliques liés libres, estérifiés et insolubles. Composition des acides phénoliques dans les farines de céréales et de pomme de terre. *Journal de chimie agricole et alimentaire*, 30, 337-340.
- [40]. Manach Claudine, Scalbert Augustin, Morand Christine, Rémésy Christian and Jiménez Liliana. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 79, No. 5, 727-747
- [41]. Mahan M.R. (2017). Contribution à la valorisation du rônier (*Borassus aethiopicum* Mart.) en Côte d'Ivoire : Enrichissement de la farine de jeunes pousses par les feuilles de moringa (*Moringa oléifera* Lam.) et les graines de Niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Biochimie- Sciences des Aliments*. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, 150p.
- [36]. Maniga W., (2015). : Caractérisation physique des fruits et paramètres biochimiques, physico-fonctionnels des farines et amidons de neuf (9) cultivars locaux de banane plantain (*Musa* spp.) de Côte d'Ivoire. *Biochimie et technologie des aliments*, Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 185p.
- [42]. Koffi E. L. (2022). Influence du stade de murissement sur les compositions biochimique, nutritionnelle, phytochimique et les activités antioxydantes des composantes de la papaye (*Cacaria papaya* L. Var Solo 8) de Côte d'Ivoire. *Biochimie et technologie des aliments*, Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 157p.

### Résumé

Le diabète est l'une des maladies chroniques les plus fréquentes dans le monde, caractérisé par un trouble métabolique des combustibles énergétiques. Le traitement de cette étiologie est coûteux et basé sur des soins à l'insuline et antidiabétiques oraux. Cela a incité l'OMS à utiliser des plantes comme une solution alternative. L'effet synergique de la patate douce (*Ipomoea batatas*) et du moringa (*Moringa oleifera*) pourrait être un remède. L'objectif de ce travail était d'évaluer les aspects épidémiologiques et cliniques du Diabète au CHR de Daloa et de valoriser la farine de patate douce enrichie en poudre de feuille de moringa pour des soins diabétiques. Une enquête a été menée au CHR de Daloa sur 150 diabétiques afin de connaître leur profil épidémiologique au plan biochimique et hématologique. Ensuite la patate douce à peau blanche et chair blanche a été enrichie à 5 %, 10 %, 15 % et 20 % de poudre de feuille de moringa donnant respectivement les formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20. Ces formulations ont été caractérisées et administrées à des rats rendus hyperglycémiques afin d'évaluer leur efficacité sur la glycémie à jeun. Après 28 jours de traitement avec des doses de 300 mg/kg de poids corporel, les paramètres biochimiques, hématologiques et les tissus du foie et du rein ont été utilisés pour évaluer l'efficacité des formulations. Les résultats ont montré une dominance du diabète de type 2 (93%). La plupart des diabétiques était âgé de plus de 50 ans (82.98%). Les principaux symptômes étaient entre autres l'hyperglycémie (94,7 %), l'hémoglobine glyquée déséquilibrée (71,33 %), la glycosurie (97,3%) et les signes cardinaux (76 %). Les formulations BBPM15 et BBPM20 ont enregistré des fortes teneurs en protéines (8010,01±2,65mg/100g), en vitamine E (137,51±0,01 mg/100g), en vitamines du groupe B (B1 (210,12±0,01mg/100g), B2 (50,41± 0,02 mg/100g), B6 (37,51±0,01 mg/100g), B8 (41,26±0,04 mg/100g), B12 (50,41±0,02 mg/100g)), en magnésium (460,34±0,02 mg/100g) et en Zinc (740,74±0,02 mg/100g). Ces mêmes formulations ont indiqué des taux élevés en fibres (1466,6±5,77mg/100g), en polyphénols (83,13±0,02 mg/100g) et en flavonoïdes (33,18±0,01 mg/100g). Les formulations BBPM15 et BBPM20 ont exercé les meilleurs effets hypoglycémisants (-50% en 1h à -57,41 % en 2h). La consommation de ces formulations par des rats n'a pas eu d'effets toxiques sur le foie et les reins de ces rats. De plus une augmentation significative du taux de plaquettes sanguines a été noté chez les rats des lots BBPM10 et BBPM15. Au terme de l'étude la meilleure formulation à recommander aux diabétiques et à vulgariser est la formulation BBPM15 en raison de son effet hypoglycémiant plus rapide et sa capacité à augmenter les plaquettes sanguines.

**Mots-clés :** diabète, *Ipomoea batatas*, *Moringa oleifera*, Farine enrichie, effet antidiabétique

### Abstract

Diabetes is one of the most common chronic diseases in the world, characterised by a metabolic disorder of energy fuels. Treatment is costly and based on insulin and oral anti-diabetics. This has prompted the WHO to use plants as an alternative solution. The synergistic effect of sweet potato (*Ipomoea batatas*) and moringa (*Moringa oleifera*) could be a remedy. The aim of this study was to assess the epidemiological and clinical aspects of diabetes at the Daloa Regional Hospital Centre (CHR) and to develop sweet potato flour enriched with moringa leaf powder for diabetic treatment. A survey was conducted at the Daloa Regional Hospital Centre on 150 diabetics in order to determine their epidemiological and clinical profile in terms of biochemistry and haematology. White-skinned and white-fleshed sweet potato was then enriched with 5%, 10%, 15% and 20% moringa leaf powder to produce formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 respectively. These formulations were characterised and administered to hyperglycaemic rats to assess their efficacy on fasting blood glucose levels. After 28 days of treatment with doses of 300 mg/kg body weight, biochemical, haematological, liver and kidney tissue parameters were used to assess the efficacy of the formulations. The results showed that type 2 diabetes predominated (93%). Most diabetics were over 50 years of age (82.98%). The main symptoms were hyperglycaemia (94.7%), unbalanced glycated haemoglobin (71.33%), glycosuria (97.3%) and cardinal signs (76%). The BBPM15 and BBPM20 formulations recorded high levels of protein (8010.01±2.65mg/100g), vitamin E (137.51±0.01mg/100g), group B vitamins (B1 (210.12±0, 01mg/100g), B2 (50,41± 0,02 mg/100g), B6 (37,51±0,01 mg/100g), B8 (41,26±0,04 mg/100g), B12 (50,41±0,02 mg/100g)), magnesium (460,34±0,02 mg/100g) and zinc (740,74±0,02 mg/100g). These same formulations showed high levels of fibre (1466.6±5.77mg/100g), polyphenols (83.13±0.02 mg/100g) and flavonoids (33.18±0.01 mg/100g). The BBPM15 and BBPM20 formulations had the best hypoglycaemic effects (-50% in 1h to -57.41% in 2h). Consumption of these formulations by rats had no toxic effects on the liver or kidneys. In addition, a significant increase in blood platelet levels was noted in rats from batches BBPM10 and BBPM15. At the end of the study, the best formulation to recommend to diabetics and to disseminate is BBPM15 because of its more rapid hypoglycaemic effect and its ability to increase blood platelets.

**Key words :** diabetes, *Ipomoea batatas*, *Moringa oleifera*, enriched flour, anti-diabetic effect

**Publication 2 :** Traoré Fakana Drissa, Diomandé Massé, Gbogbo Moussa (2023) Effets de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*) enrichie en poudre de feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) sur les paramètres biochimiques des rats albinos (*Rattus norvegicus*) dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* Volume 17, Issue 2 Ser. I (February 2023) PP 21-30. DOI: 10.9790/2402-1702012130

## Effets de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*) enrichie en poudre de feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) sur les paramètres biochimiques des rats albinos (*Rattus norvegicus*) dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)

Traoré Fakana Drissa<sup>1</sup>, Diomandé Massé<sup>1</sup>, Gbogbo Moussa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie et Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire)

---

### Abstract:

**Background:** Diabetes is a metabolic disease that is rampant in the world and particularly in Côte d'Ivoire. Insulin treatments are expensive and it would be interesting to use formulations based on locally available and inexpensive food products, in particular sweet potato and moringa leaves. Sweet potato and moringa leaves could help control blood sugar in diabetic patients. The objective of the present study is to evaluate the effects of sweet potato formulations enriched with moringa leaf powder on the blood biochemical parameters of albino rats in the Haut-Sassandra region in Côte d'Ivoire.

**Material and methods:** The four formulations made from potato flour enriched with 5%, 10%, 15% and 20% moringa leaf powder are respectively BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20. A dose of 300 mg/kg bw of each of these formulations was administered by gavage to rats rendered hyperglycaemic against controls who had received distilled water and glibenclamide, then the blood sugar levels of these rats were determined by time interval. These same formulations (BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20) were administered each morning to the rats by gavage for 28 days. Then the effect of the formulations on the biochemical blood parameters of the rats after 28 days of consumption was also evaluated.

**Results:** The results showed that the BBPM15 formulation presented the best hypoglycemic action after 1 hour, from  $2.22 \pm 0.33$  g/l to  $1.11 \pm 0.13$  g/l. Furthermore, the BBPM20 formulation exerted a good hypoglycemic effect after 2 hours, from  $2.09 \pm 0.1$  g/l to  $0.89 \pm 0.08$  g/l. After 28 days of feeding, the blood biochemical parameters of the rats were not affected by the different formulations.

**Conclusion:** At the end of this work, we recommend the formulation BBPM15 (potato flour enriched with 15% moringa powder) to diabetic patients because it has the best hypoglycemic effect, it could therefore help in the management of diabetics.

**Keywords:** Sweet potato, moringa, enriched flour, hypoglycemic effect, diabetes

---

Date of Submission: 23-01-2023

Date of Acceptance: 06-02-2023

---

### I. Introduction

Le diabète considéré comme une pandémie par l'OMS, est l'une des maladies non transmissibles les plus répandues dans le monde. Il est une physiopathologie caractérisée par une hyperglycémie chronique à jeun supérieure ou égale à 1,26 g/L (ou 7 mmol/L) qui résulte d'un défaut de la production ou de l'action de l'insuline[1]. On a estimé qu'il y avait 463 millions d'adultes âgés de 20 à 79 ans (9,3 %) qui vivaient avec le diabète dans le monde [2]. En Côte d'Ivoire, le diabète représente un problème majeur de santé publique de par sa prévalence élevée (6,2 %), soit 700000 personnes atteintes dans la population [3]. L'urbanisation rapide, les régimes alimentaires non équilibrés et les styles de vie toujours plus sédentaires, se sont traduits par une hausse sans précédent du taux d'obésité et de diabète [4].

Un bon contrôle glycémique est basé sur un régime alimentaire équilibré et hypocalorique, l'exercice physique et le traitement médicamenteux. Ce dernier est représenté seulement par l'insuline chez les diabétiques de type I. Aussi, il est constitué des antidiabétiques oraux (ADO) et d'insuline chez les diabétiques de type 2. Ces thérapies causent chez la majorité des patients, de graves effets secondaires motivant ainsi l'utilisation de la médecine traditionnelle pour le traitement de nombreuses maladies dont le diabète[5]. C'est dans cette optique que l'OMS encourage l'intensification de la recherche des pistes incluant également celles qui recourent aux traitements traditionnels à base de plantes médicinales[5].

En Afrique, diverses plantes sont connues tant pour leurs propriétés médicinales qu'alimentaires. La patate douce *Ipomoea batatas* (L.) est une plante économiquement importante de la famille des Convolvulaceae

---

composée d'environ 50 genres et 1000 espèces[6]. C'est l'une des plantes à racines et tubercules les plus importantes avec des utilisations domestiques et industrielles. Sa valeur nutritionnelle dépasse de loin l'igname, le manioc et le taro [7]. *Ipomoea batatas* est consommé par plus de deux milliards de personnes dans le monde [8]. Ses tubercules sont riches en vitamines A et C, en fer, en calcium et en acides aminés [9]. En dehors de la consommation humaine, les tubercules et les feuilles sont utilisés dans l'alimentation animale [10]. Des études menées au sein de la FAO montrent que les patates douces sont extrêmement riches en fibres, en antioxydants, en vitamines, en minéraux et peu calorique. Elle est également utilisée dans les pratiques de médecine traditionnelle pour traiter le diabète de type 2. Les recherches effectuées sur les modèles animaux et humains suggèrent un rôle possible de la patate douce dans le contrôle glycémique [11].

Par ailleurs, les jeunes feuilles de *Moringa oleifera* sont comestibles et font partie de l'alimentation traditionnelle dans de nombreux pays où l'arbre pousse et sont consommées préparées ou ajoutées à la nourriture sous forme de poudre de feuilles séchées. Les feuilles sont utilisées comme purgatif, pour favoriser la digestion et dans la médecine traditionnelle comme agent hypocholestérolémiant chez les personnes obèses [12]. Les plantes ont des propriétés antidiabétiques, vermifuges, soins cutanés, renforcement des défenses immunitaires, des capacités cognitives, digestion et transit [12].

Ainsi les travaux de plusieurs auteurs ont montré des propriétés thérapeutiques de la patate douce et du moringa. Des formulations de farine composite de patate douce et feuilles de moringa auraient-elles des effets thérapeutiques chez le diabétique ?

L'objectif de la présente étude est d'évaluer les effets des formulations à base de patate douce enrichie à la poudre de feuilles de moringa sur les paramètres biochimiques sanguins des rats.

De façon spécifique il s'agit de:

- évaluer les effets hypoglycémisants des formulations sur la glycémie des rats albinos rendus hyperglycémiques.
- déterminer l'impact des aliments composites sur la glycémie, la triglycéridémie, la cholestérolémie, l'urémie, la créatininémie et les transaminases des rats albinos normo-glycémiques.

## **II. Matériel et Méthodes**

### **Matériel**

Le matériel biologique est constitué de patate douce à peau blanche et à chair blanche (*Ipomoea batatas*) et de moringa (*Moringa oleifera*) qui ont servi d'ingrédients pour les formulations des farines composites ; de trente (30) rats albinos (*Rattus norvegicus*) qui ont été nourris à l'aide de ces farines composites.

### **Méthodes**

#### **Préparation des farines**

Les patates douces (*Ipomoea batatas Lam*) sont achetées au marché local de la ville de Daloa. Les tubercules (variété blanche) sont lavés à l'eau de robinet et épluchés. Ils sont coupés en tranches à l'aide d'un couteau. Les tranches sont séchées à l'étuve à 45°C pendant 48h puis broyées au mixeur et tamisées à 300 µm pour obtenir la farine. La farine est ensuite conditionnée dans des sachets en polyéthylène pour empêcher des échanges d'humidité et stockée pour les formulations.

Les feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) sont récoltées sur des plants de moringa. Les folioles sont retirées et lavées à l'eau de robinet. Les folioles sont étalées à l'ombre et séchées pendant deux semaines puis broyées au mixeur et tamisées à 300 µm pour obtenir la poudre. La poudre est ensuite conditionnée dans des sachets en polyéthylène pour empêcher des échanges d'humidité et stockées pour les formulations.

La farine de patate douce a été enrichie à 5%, 10%, 15% et 20% à la poudre de feuille de moringa pour obtenir les formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20.

#### **Constitution des lots et test de tolérance au glucose**

Trente (30) rats normaux uniquement mâles, mis à jeun pendant 12 h, sont répartis en six groupes de cinq rats chacun. Le groupe 1, témoin, a reçu de l'eau distillée à raison de 10 ml/kg pc. Le groupe 2 a reçu le glibenclamide (GLB) à 10 mg/kg pc. Les groupes 3, 4, 5 et 6 ont constitué les rats traités par la farine enrichie en moringa avec la dose de 300 mg/kg pc. La glycémie initiale des rats est mesurée avec un glucomètre avant toute administration des solutions (temps initial ou T0). Ensuite, les rats sont traités par les différentes solutions par voie orale. La glycémie est déterminée une heure et deux heures après l'induction d'une hyperglycémie.

#### **Test de l'impact des formulations sur les rats.**

L'expérience a été menée pendant 28 jours selon les protocoles décrits dans la Ligne directrice 407 de l'OCDE [13]. Les animaux ont été regroupés en groupes homogènes (cinq par groupe) en fonction de leur poids. Chaque groupe a été placé dans une cage métabolique et maintenu dans des conditions de laboratoire standard (température 25 ± 2° C) avec cycle sombre et clair (12h / 24h). Avant le début de l'expérimentation réelle, une

semaine a été consacré à l'acclimatation des animaux. Pendant les jours d'expérimentations, chaque groupe de rats a été abreuvé à l'eau et nourri aux croquettes. Chaque jour, pour chaque rat, 1 ml/100 g de pc d'aliment formulé a été administré par voie orale et par gavage pendant 28 jours. Le traitement des rats a été réalisé comme suit : le lot témoin a reçu de l'eau distillée et les lots BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 ont reçu, respectivement la farine de patate douce enrichie à 5%, 10% ,15% et 20% de la poudre de feuille de moringa. À la fin de l'expérience, les animaux ont été sacrifiés après un jeun de 15 heures et des échantillons de sang ont été prélevés.

#### Détermination des paramètres biochimiques sanguins

Des échantillons de sang ont été prélevés en début et fin d'essai. Seulement le sang contenu dans les tubes secs a été centrifugé à 4000 trs / min pendant dix (10) minutes. Le sérum obtenu a permis le dosage de quelques marqueurs biochimiques de certains organes vitaux tels le foie et les reins. Ainsi, les transaminases Alanine aminotransférase (ALAT) et Aspartate aminotransférase (ASAT) ont constitué les marqueurs hépatiques. La créatinine, l'urée et l'acide urique ont permis d'évaluer les fonctions rénales. Les marqueurs du risque cardiovasculaire sont les lipidiques tels que le cholestérol total, le HDL-cholestérol, le LDL-cholestérol et les triglycérides. La détermination des paramètres biochimiques sanguins a été réalisée à l'aide d'un analyseur de chimie semi-automatique (Rayto ®, RT-9200).

#### Détermination des taux de variation

Le taux de variation se calcule selon la formule suivante :

$$\text{taux de variation} = \frac{\text{valeur finale} - \text{valeur initiale} \times 100}{\text{valeur initiale}}$$

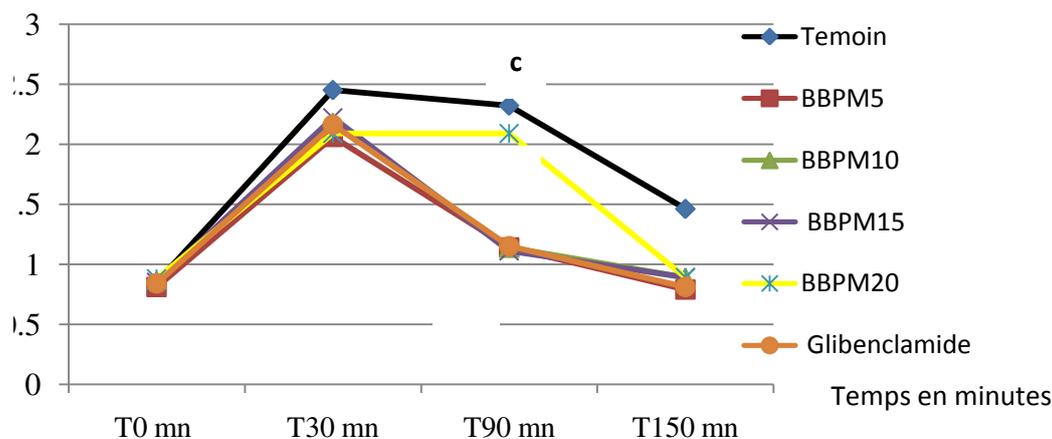
#### Analyse statistique

Toutes les mesures ont été effectuées en triple et les moyennes des données ont été analysées statistiquement en utilisant le logiciel XLSTAT 2014.5.03. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes. Les différences ont été considérées significatives pour les valeurs de  $p \leq 0,05$ . Pour séparer les différentes moyennes des échantillons, des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été réalisés.

### III. Résultats

#### Effets anti diabétiques des formulations

Les formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 ont présenté une action similaire après 1h respectivement de  $1,14 \pm 0,47$  g/l ;  $1,14 \pm 0,26$  g/l et  $1,11 \pm 0,13$  g/l et après 2h respectivement de  $0,79 \pm 0,08$  g/l ;  $0,89 \pm 0,09$  g/l et  $0,89 \pm 0,04$  g/l à celle du glibenclamide (après 1h de  $1,15 \pm 0,18$  g/l) et (après 2h de  $0,81 \pm 0,07$  g/l) mais présentant une différence significative avec celle du BBPM20 après 1h (de  $2,09 \pm 0,19$  g/l) et après 2h (de  $0,89 \pm 0,08$  g/l) et de l'eau distillé ( $1,46 \pm 0,19$  g/l) (Figure1). Le meilleur taux de diminution après 1h de temps est de -50% pour la formulation BBPM15 et est de -57,41% pour celle de BBPM20 après 2h de temps (Tableau 1). Ce qui nous amène à dire que la formulation BBPM15 a eu la meilleure action hypoglycémiant après 1h et celle de BBPM20 après 2h d'administration des formulations.



Les différentes lettres a b et c indiquent une différence significative entre les glycémies observées, au seuil de 5%

Figure 1: Effet des formulations sur la glycémie des rats albinos

**Tableau 1:** Taux de variation de la glycémie.

Lots de rats	Taux de variation%		
	Variation1	Variation 2	Variation (1+2)
Témoin	-5,30	-37,06	-40,40
BBPM5	-44,66	-30,70	-61,65
BBPM10	-47,70	-21,92	-59,17
BBPM15	-50,00	-19,81	-59,90
BBPM20	0	-57,41	-57,41
glibenclamide	-46,75	-29,56	-62,50

*BBPM5= 95% de farine de patate douce et 5% de poudre de feuille de moringa ; BBPM10= 90% de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de moringa ; BBPM15= 85% de farine de patate douce et 15% de poudre de feuille de moringa ; BBPM20= 80% de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de moringa.*

### **Effet des formulations sur les paramètres biochimiques sanguines.**

La glycémie avant l'administration des formulations a varié de  $0,76 \pm 0,06$  g/L à  $0,85 \pm 0,04$  g/L chez tous les lots .Aucune différence significative de la glycémie n'est observée. La glycémie à J28 a varié de  $0,76 \pm 0,01$  g/L à  $0,81 \pm 0,05$  g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $0,80 \pm 0,05$  g/L pour le lot témoin. Les taux de variation des glycémies des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -2,53 ; -4,70 ; -5 et de -4,70 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 5,26.

La triglyceridemie avant l'administration des formulations a varié de  $0,4 \pm 0,2$  g/L à  $0,81 \pm 0,22$  g/L chez tous les lots .Aucune différence significative de la triglyceridemie n'est observée. La triglyceridemie à J28 a augmenté de  $0,73 \pm 0,14$  g/L à  $1,84 \pm 0,77$  g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $1,40 \pm 0,3$  g/L pour le lot témoin .Les taux de variation des triglyceridemie des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de 23,72 ; 173,84 ; 360,00 et 77,77 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 72,83 .

Le taux de cholestérol total avant l'administration des formulations a varié de  $3,05 \pm 0,81$  g/L à  $4,16 \pm 0,55$  g/L chez tous les lots. Le cholestérol total à J28 a diminué de  $2,07 \pm 0,15$  g/L à  $1,51 \pm 0,24$  g/L pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $3,89 \pm 0,64$  g/L pour le lot témoin. Les taux de variation du cholestérol total des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -46,09 ; -60,57 ; -49,83 et -50,49 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 14,41 (Tableaux 2 et 3).

Le taux de HDL cholestérol avant l'administration des formulations a varié de  $0,58 \pm 0,12$  g/L à  $0,67 \pm 0,12$  g/L chez tous les lots. Le HDL cholestérol à J28 a augmenté de  $0,66 \pm 0,05$  g/L à  $0,85 \pm 0,07$  g/L de façon significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $0,65 \pm 0,03$  g/L pour le lot témoin .Les taux de variation du HDL cholestérol des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de 13,79 ; 23,88 ; 30,76 et 26,56 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de -1,51.

Le taux de LDL cholestérol avant l'administration des formulations a varié de  $2,25 \pm 0,84$  g/L à  $3,36 \pm 0,65$  g/L chez tous les lots. Le LDL cholestérol à J28 a diminué de  $1,27 \pm 0,17$  g/L à  $0,35 \pm 0,16$  g/L de façon significative pour les rats nourris aux différentes formulations par rapport au témoin qui est de  $2,96 \pm 0,61$  g/L. Les taux de variation du LDL cholestérol des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15, BBPM20 sont respectivement de -59,68; -86,60 ; -85,29 et -81,33 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 15,17 (Tableaux 2 et 3).

Le taux de l'urée avant l'administration des formulations a varié de  $0,16 \pm 0,08$  g/L à  $0,27 \pm 0,05$  g/L chez tous les lots .Aucune différence significative de la n'est observée. Le taux de l'urée à J28 a varié de  $0,18 \pm 0,05$  g/L à  $0,21 \pm 0,11$ g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $0,37 \pm 0,05$  g/L pour le lot témoin .Les taux de variation de l'urée des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -5,26; -22,22 ; -23,07 et 0,00% contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 131,25 (Tableaux 2 et 3).

Le taux de créatinine avant l'administration des formulations a varié de  $10,25 \pm 0,42$  g/L à  $12,92 \pm 1,84$  g/L chez tous les lots .Aucune différence significative de la n'est observée. Le taux de créatinine à J28 a varié de  $8,14 \pm 3,77$  g/L à  $15,96 \pm 4,03$ g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $14,70 \pm 2,05$  g/L pour le lot témoin. Les taux de variation de créatinine des rats nourris aux formulations

BBPM5, BBPM10, BBPM15, BBPM20 sont respectivement de 1,39; -27,09 ; -21,88 et 55,70 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 25,85 (Tableaux 2 et 3).

Le taux d'ASAT avant l'administration des formulations a varié de 182,04±48,51 g/L à 214,68±57,37g/L chez tous les lots. Le taux de ASAT à J28 a varié de 7,82±1,26 g/L à 116,02±8,81g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de 197,24±45,09 g/L pour le lot témoin .Les taux de variation de ASAT des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -36,26; -93,36 ; -96,07 et -95,90 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 0,72 (Tableaux 2 et 3).

Le taux de ALAT avant l'administration des formulations a varié de 31,24±6,79 g/L à 33,38±3,28 g/L chez tous les lots .Aucune différence significative de la n'est observée. Le taux de ALAT à J28 a varié de 20,22±2,44 g/L à 31,721±2,52g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de 34,32±4,18 g/L pour le lot témoin .Les taux de variation de ALAT des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -9,45; -27,65 ; -1,49 et -35,76 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 2,81 (Tableaux 2 et 3).

**Tableau 2 :** Effets des formulations sur les paramètres biochimiques sanguins.

Lots de rats	Temps	Glycémie (g/L)	Triglycérides (g/L)	Cholestérol Total (g/L)	HDL (g/L)	LDL (g/L)	Urée (g/L)	Créatinine (mg/L)	ALAT (U/I)	ASAT (U/I)
Témoin	J0	0,76±0,06 <sup>a</sup>	0,81±0,11 <sup>b</sup>	3,4±0,62 <sup>ad</sup>	0,66±0,06 <sup>b</sup>	2,57±0,64 <sup>c</sup>	0,16±0,08 <sup>a</sup>	11,68±1,09 <sup>ab</sup>	33,38±3,28 <sup>b</sup>	195,82±47,31 <sup>ed</sup>
	J28	0,80±0,05 <sup>b</sup>	1,4±0,3 <sup>c</sup>	3,89±0,64 <sup>d</sup>	0,65±0,03 <sup>b</sup>	2,96±0,61 <sup>c</sup>	0,37±0,05 <sup>b</sup>	14,7±2,05 <sup>c</sup>	34,32±4,18 <sup>b</sup>	197,24±45,09 <sup>ed</sup>
BBPM5	J0	0,79±0,14 <sup>b</sup>	0,59±0,34 <sup>a</sup>	3,84±0,62 <sup>d</sup>	0,58±0,12 <sup>a</sup>	3,15±0,78 <sup>d</sup>	0,19±0,04 <sup>a</sup>	12,92±1,84 <sup>bc</sup>	32,8±5,11 <sup>b</sup>	182,04±48,51 <sup>c</sup>
	J28	0,77±0,03 <sup>a</sup>	0,73±0,14 <sup>b</sup>	2,07±0,15 <sup>b</sup>	0,66±0,05 <sup>b</sup>	1,27±0,17 <sup>b</sup>	0,18±0,05 <sup>a</sup>	13,1±2,51 <sup>c</sup>	29,7±8,19 <sup>a</sup>	116,02±8,81 <sup>b</sup>
BBPM10	J0	0,85±0,04 <sup>c</sup>	0,65±0,18 <sup>a</sup>	4,16±0,55 <sup>da</sup>	0,67±0,12 <sup>b</sup>	3,36±0,65 <sup>d</sup>	0,27±0,05 <sup>a</sup>	11,96±1,14 <sup>ab</sup>	31,24±6,79 <sup>b</sup>	186,22±5,25 <sup>c</sup>
	J28	0,81±0,05 <sup>b</sup>	1,78±0,66 <sup>c</sup>	1,64±0,1 <sup>a</sup>	0,83±0,02 <sup>c</sup>	0,45±0,18 <sup>a</sup>	0,21±0,11 <sup>a</sup>	8,72±4,36 <sup>a</sup>	22,6±11,39 <sup>a</sup>	12,36±7,49 <sup>a</sup>
BBPM15	J0	0,80±0,11 <sup>b</sup>	0,4±0,2 <sup>a</sup>	3,11±0,25 <sup>cd</sup>	0,65±0,01 <sup>b</sup>	2,38±0,26 <sup>c</sup>	0,26±0,01 <sup>a</sup>	10,42±0,33 <sup>b</sup>	32,2±3,07 <sup>b</sup>	214,68±57,37 <sup>ed</sup>
	J28	0,76±0,01 <sup>a</sup>	1,84±0,77 <sup>c</sup>	1,56±0,06 <sup>a</sup>	0,85±0,07 <sup>c</sup>	0,35±0,16 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	8,14±3,77 <sup>a</sup>	31,72±2,52 <sup>b</sup>	8,42±6,28 <sup>a</sup>
BBPM20	J0	0,85±0,01 <sup>c</sup>	0,81±0,22 <sup>b</sup>	3,05±0,81 <sup>c</sup>	0,64±0,02 <sup>b</sup>	2,25±0,84 <sup>c</sup>	0,21±0,06 <sup>a</sup>	10,25±0,42 <sup>b</sup>	31,48±6,16 <sup>b</sup>	190,76±52,31 <sup>c</sup>
	J28	0,81±0,02 <sup>b</sup>	1,44±0,14 <sup>c</sup>	1,51±0,24 <sup>a</sup>	0,81±0,08 <sup>c</sup>	0,42±0,25 <sup>a</sup>	0,21±0,06 <sup>a</sup>	15,96±4,03 <sup>c</sup>	20,22±2,44 <sup>a</sup>	7,82±1,26 <sup>a</sup>

Les lettres a, b, c, d et e suivant les colonnes montrent une différence significative au seuil de 5% ; J0 = premier jour de l'essai ; J28 = 28<sup>ème</sup> jour de l'essai ; HDL= High density lipoproteins; LDL = Low density lipoprotéïns densité ; ALAT= Alanine amino transferase ; ASAT= Aspartate amino transférase ;BBPM5= 95% de farine de patate douce et 5% de poudre de feuille de moringa ; BBPM10= 90% de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de moringa ; BBPM15= 85% de farine de patate douce et 15% de poudre de feuille de moringa ; BBPM20= 80% de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de moringa.

**Tableau 3 :** Taux de variation des paramètres biochimiques entre le début et la fin de l'essai.

LOTS	Taux de variation(%)								
	Glycémie	Triglycérides	Cholestérol total	HDL cholestérol	LDL cholestérol	UREE	Créatinine	ALAT	ASAT
Témoin	5,26	72,83	14,41	-1,51	15,17	131,25	25,85	0,72	-11,76
BBPM5	-2,53	23,72	-46,09	13,79	-59,68	-5,26	1,39	-36,26	-11,90
BBPM10	-4,7	173,84	-60,57	-23,88	-86,60	-22,22	-27,09	-93,36	-71,20
BBPM15	-5,0	360	-49,83	-30,76	-85,29	-23,07	-21,88	-96,07	-44,10
BBPM20	-4,7	77,77	-50,49	26,56	-81,33	0,0	55,70	-95,90	-79,59

HDL= High density lipoproteins; LDL = Low density lipoprotéïns densité ; ALAT= Alanine amino transferase ; ASAT= Aspartate amino transférase ;BBPM5= 95% de farine de patate douce et 5% de poudre de feuille de moringa ; BBPM10= 90% de farine de patate douce et 10% de poudre de feuille de moringa ; BBPM15= 85% de farine de patate douce et 15% de poudre de feuille de moringa ; BBPM20= 80% de farine de patate douce et 20% de poudre de feuille de moringa.

#### IV. Discussion

##### Effet anti diabétiques des formulations

Le meilleur taux de diminution après 1h de temps est de (-50% pour la formulation BBPM15 à une dose de 300 mg/kg de poids corporel) et est de (-57,41% pour celle de BBPM20 pour la même dose) après 2h de temps. Ce qui nous amène à dire que la formulation BBPM15 a eu la meilleure action hypoglycémiant après 1h et celle de BBPM20 après 2h d'administration des formulations.L'effet serait comparable à celui des sulfamides hypoglycémiant dont fait partie le glibenclamide.Ces diminutions sont supérieures à celle de [14] qui ont montré que l'extrait aqueux des feuilles de Moringa oleifera à des doses de 100, 200 et 300 mg/kg de poids corporel a réduit respectivement de 33,29, 40,69 et 44,06% la glycémie des rats albinos induits diabétiques par l'alloxane. Rafu et luka [15] ont également constaté une réduction significative de la glycémie chez les rats diabétiques après administration d'un extrait aqueux de feuilles de patate douce. En effet, grâce à leur potentiel antioxydant et leur capacité à inhiber la digestion de l'amidon, les polyphénols pourraient avoir un

effet protecteur contre l'hyperglycémie [16]. Les propriétés hypoglycémiques de l'extrait aqueux de feuilles de patate douce pourraient stimuler la libération d'insuline, améliorant ainsi le potentiel cellulaire d'absorption et d'utilisation du glucose chez les animaux [17]. Les feuilles de *Moringa oleifera* ont une action inhibitrice sur l'alpha amylasique et l'alpha glucosidasique [18].

### **Effet des formulations sur les paramètres biochimiques sanguines**

Au 28<sup>e</sup> jour, la glycémie a varié de  $0,76 \pm 0,01$  g/L à  $0,81 \pm 0,05$  g/L. Ces valeurs sont supérieures à la valeur ( $0,6 \pm 0,11$  g/L) obtenue dans l'étude de [19] avec la plante *Passiflora edulis* sur des rats. Les taux de diminution des glycémies des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15, BBPM20 sont respectivement de -2,53 ; -4,70 ; -5 et de -4,70 contrairement au témoin qui a augmenté de 5,26. Les taux de variation de la glycémie sont faibles dans l'ensemble mais les formulations de 5% à 20% en poudre de moringa ont exercé les mieux les meilleurs effets sur la diminution de la glycémie. Les diminutions constatées dans cette étude sont supérieures à celle enregistrée (-2,97%) dans l'étude de Bedou [20] avec le témoin traité à l'eau distillée. Les formulations pourraient exercer un effet hypoglycémiant sur les rats cependant, la totalité des organes sont consommateurs de glucose afin d'assurer leur survie et leurs fonctions. Ce qui pourrait expliquer la diminution des glycémies soumis à ce régime. Toutefois, la glycémie doit être maintenue dans des limites strictes afin de ne pas mettre l'intégrité de l'organisme en péril.

Les recherches effectuées sur un modèle validé d'animaux diabétiques ont démontré que les extraits éthanoliques de *Momordica charantia* augmentent l'utilisation du glucose par le foie [21], diminue la gluconéogenèse par l'intermédiaire de l'inhibition de deux principales enzymes (glucose-6-phosphatase et fructose-1, 6-bisphosphatase) et améliore l'oxydation du glucose par la voie de dérivation en activant la glucose-6-phosphate déshydrogénase [22]. Les travaux de Jaiswal et al. [23] ont montré que les extraits aqueux de feuilles possédaient des propriétés antidiabétiques et hypoglycémiques.

La triglycéridémie à J28 a augmenté de  $0,73 \pm 0,14$  g/L à  $1,84 \pm 0,77$  g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $1,40 \pm 0,3$  g/L pour le lot témoin. Ces valeurs corroborent les valeurs de [24] qui ont obtenue  $1,43 \pm 0,16$  g/L pour le régime PCF et  $1,26 \pm 0,05$  g/L pour le régime PCC. Les taux de variation des triglycéridémie des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de 23,72 ; 173,84 ; 360,00 et 77,77 contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 72,83. Les taux d'augmentation des triglycérides des formulations BBPM10 et BBPM15 sont supérieures aux autres formulations. Cependant ces régimes pourraient être utilisés par les diabétiques sans apport d'huile pour résoudre leur besoin d'huile puisque le régime leur fournit déjà des triglycérides dans le sang. Une étude menée par Ighodaro et Omole [24] a permis d'obtenir des effets pharmacologiques contraires avec les feuilles de *B. thonningii*. Selon ces auteurs, il serait possible que l'extrait possède la capacité de faciliter le transport du cholestérol et des triglycérides du sang vers les tissus.

Le cholestérol total à J28 a augmenté de  $1,51 \pm 0,24$  g/L à  $2,07 \pm 0,15$  g/L de façon non significative pour les rats nourris aux différentes formulations. Ces valeurs sont inférieures à la valeur du témoin ( $3,89 \pm 0,64$  g/L). Le taux de variation du cholestérol total des rats nourris à la formulation BBPM5 (-46,09 %) est inférieur aux autres taux de variation de BBPM10, BBPM15 et BBPM20 qui sont respectivement de ; -60,57% ; -49,83% et -50,49 %. Ces taux sont largement supérieurs au taux de variation du lot témoin qui est de 14,41%.

Les farines enrichies ont une importante action sur la baisse du taux de cholestérol dans le sérum de rats. Ces actions pourraient être attribuées au *Moringa* qui fait baisser le taux de cholestérol sérique, de phospholipides, de LDL (low density lipoprotein), de VLDL (very low density lipoprotein) et réduisent le profil lipidique du foie, chez le lapin présentant un taux de cholestérol élevé puis augmentent l'excrétion de cholestérol fécale [25].

L'extrait brut de *Moringa oleifera* a démontré avoir un effet hypocholestérolémiant. Ghasi et al. [26] ont montré que l'administration d'un extrait brut de feuilles avec une diète riche en matière grasse réduit le taux de cholestérol sérique, du foie et des reins, chez les rats.

Le HDL cholestérol à J28 a augmenté de  $0,66 \pm 0,05$  g/L à  $0,85 \pm 0,07$  g/L de façon non significative pour les rats nourris aux différentes formulations. Ces valeurs sont supérieures à la valeur du lot témoin ( $0,65 \pm 0,03$  g/L) de [24] qui ont obtenue  $0,27 \pm 0,05$  g/L pour le régime PCF. Le taux de variation du HDL cholestérol des rats nourris à la formulation BBPM5 (13,79%) est inférieur aux taux d'augmentation des formulations BBPM10, BBPM15, BBPM20 qui sont respectivement de 23,88% ; 30,76% et 26,56% et largement supérieure au taux de variation du lot témoin qui est de (-1,51%). On pourrait donc dire que les farines enrichies ont permis d'augmenter le taux du bon cholestérol sanguin par l'intermédiaire des composés antioxydants et composés phénoliques. Ce qui est en accord avec Chaturvedi et al. [27] qui affirmaient que l'administration d'extraits méthanoliques de melon amer à des rats diabétiques conduit à une diminution significative du taux de triglycérides, de cholestérol LDL et une augmentation du cholestérol HDL.

Le LDL cholestérol à J28 a varié de  $0,35\pm 0,16$  g/L à  $1,27\pm 0,17$  g/L pour les rats nourris aux différentes formulations. Ces valeurs sont inférieures à la valeur ( $2,96\pm 0,61$  g/L) du témoin. Les taux de diminution du LDL cholestérol des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de -59,68%; -86,60 ; -85,29% et -81,33%. Ces valeurs sont contraires au taux de variation (15,17%) du lot témoin. Ce résultat corrobore la baisse du LDL qui est de 67,12% entre les groupes 2 et 4 des études portant sur l'évaluation des effets hypolipidémiques de l'huile extraite du poisson *Pseudotolithus senegalensis* chez des rats ayant subi une dyslipidémie [28].

Le taux de l'urée à J28 a varié de  $0,18\pm 0,05$  g/L à  $0,21\pm 0,11$ g/L de façon non significative pour les rats nourris aux différentes formulations. Ces valeurs sont inférieures à la valeur ( $0,37\pm 0,05$  g/L) du lot témoin. Les taux de variation de l'urée des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 qui sont respectivement de -5,26; -22,22 ; -23,07 et 0,00% sont contraires aux taux de variation du lot témoin qui est de 131,25. Les farines de patate enrichies en poudre de moringa exercent un effet de diminution de l'urée et cet effet est plus élevé pour les formulations BBPM10 et BBPM15. L'urée provient de la destruction des protéines. Son excrétion se fait principalement par les reins et son taux reflète le fonctionnement global des reins [29]. Ainsi, certains facteurs tels que la malnutrition protéino- énergétique et le dysfonctionnement hépatique peuvent aussi diminuer l'urémie [30]. Ces anomalies pourraient confirmer les signes de kwashiorkor observés chez les animaux nourris à l'anagobaka avec ses effets délétères sur les organes vitaux notamment les reins.

Le rein produit de l'urine qui contient des déchets métaboliques que sont l'urée et la créatinine. Il joue également un rôle vital dans le maintien de l'équilibre de l'eau et des électrolytes dans le corps [31]. Tout phénomène ou substance capable de modifier ces différentes fonctions rénales (la filtration glomérulaire, la réabsorption et la sécrétion tubulaires) conduit inévitablement à la modification des concentrations plasmatiques de l'urée, de la créatinine au niveau des métabolites ( [32]; [33] ; [34]). L'urée et la créatinine restent des paramètres sérologiques usuels pour établir un diagnostic sur la fonction rénale [35].

A l'issue des 28 jours d'alimentation des rats, l'urémie n'a pas varié de façon significative par rapport à celle du témoin alors que sa variation a été significative entre les lots ayant reçu les rations enrichies. Ceci indique que la dose de 300mg/Kg de poids corporel des formulations utilisées n'aurait pas eu d'impact préjudiciable sur le métabolisme de l'urée.

Le taux de créatinine à J28 a varié de  $8,14\pm 3,77$  g/L à  $15,96\pm 4,03$ g/L de façon non significative pour les rats nourris aux différentes formulations et est de  $14,70\pm 2,05$  g/L pour le lot témoin. Les taux de créatinine des rats nourris aux formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 sont respectivement de 1,39%; -27,09% ; -21,88% et 55,70% contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 25,85%. Coffi et al.,[36] ont montré qu'une faible production de créatinine chez les rats nourris à l'anagobaka pourrait attester une anomalie dans la physiologie rénale de ces animaux. Selon Sirwal et al.[37], la créatinine et l'urée constituent tous deux d'excellents marqueurs de la fonction rénale. Leur augmentation reflète un dysfonctionnement rénal et indiquerait que l'extrait a causé des effets toxiques dans les tissus rénaux. En effet, la créatinine est formée dans le muscle à partir d'une dégradation non enzymatique de la créatine et est éliminée uniquement par les reins à travers le glomérule [38]. Le taux sanguin de la créatinine est un meilleur indicateur de la fonction rénale. Ainsi, de faibles productions de créatinine et de l'urée ont montré une hypertrophie et des lésions de fibrose interstitielle importantes des reins chez les chiens [39], mais aussi chez les rats atteints de malnutrition [40].

Le taux d'ASAT à J28 a varié de  $7,82\pm 1,26$  g/L à  $116,02\pm 8,81$ g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations. Ces taux sont inférieurs au taux ( $197,24\pm 45,09$  g/L) du lot témoin. Les taux de variation (-36,26%) de ASAT des rats nourris à la formulation BBPM5 est inférieur aux autres taux de variation des formulations BBPM10, BBPM15 et BBPM20 qui sont respectivement de -93,36% ; -96,07% et -95,90%. Ces taux sont largement contraires au taux de variation du lot témoin qui est de 0,72% ;

Le taux de ALAT à J28 a varié de  $20,22\pm 2,44$  g/L à  $31,721\pm 2,52$ g/L de façon non significatif pour les rats nourris aux différentes formulations et corroborent à celle de  $34,32\pm 4,18$  g/L pour le lot témoin. Les taux de variation de ALAT des rats nourris aux formulations BBPM5 et BBPM15 respectivement de -9,45% et -1,49% sont inférieurs au taux de variation de BBPM10 et BBPM20 qui sont respectivement de -27,65% et -35,76% contrairement aux taux de variation du lot témoin qui est de 2,81%. L'alanine aminotransférase est une enzyme cytosolique sécrétée dans les cellules hépatiques d'où elle est libérée dans le sang en cas de nécrose cellulaire hépatique ( [41]; [42] ). C'est une enzyme spécifique au foie, ce qui en fait un important indicateur très sensible de l'hépatotoxicité ([43] ; [44] ). L'aspartate aminotransférase est également un indicateur de la destruction des hépatocytes même si en plus du foie on la retrouve dans le cœur, les muscles squelettiques, les poumons et les reins [42]. Les taux d'ALAT et d'ASAT s'élèvent rapidement lorsque le foie est endommagé pour diverses raisons incluant les nécroses cellulaires hépatiques, l'hépatite, les cirrhoses ainsi que l'hépatotoxicité de certaines drogues ([42] ; [43]). Dans cette étude, la concentration de ces deux enzymes

(ALAT et ASAT) a baissé non significativement ( $P > 0,05$ ) chez les animaux nourris aux formulations à la dose de 300 mg/kg pc comparativement aux animaux témoins. Ce constat témoigne que les formulations, à cette dose, n'ont causé aucun dommage sur les cellules du foie et aussi sur leur fonctionnement pendant le traitement. L'ASAT et l'ALAT sont des enzymes d'origine mitochondriale et cytoplasmique. Ainsi, toute nécrose cellulaire, destruction du parenchyme hépatique ou une augmentation de la perméabilité membranaire des hépatocytes peut mener à l'écoulement de ces enzymes dans la circulation sanguine et donc à l'augmentation de leurs taux sériques ([45]; [46]).

Les résultats biochimiques ont montré que les formulations à cette dose de 300mg/Kg pc, pourrait avoir un effet hépato protecteur à l'instar de l'extrait éthanolique des fruits de *Passiflora foetida* dont les effets hépato protecteurs ont été mis en évidence par Ramasamy et al.[47]. Ces auteurs ont d'autre part, démontré que l'extrait exerce un effet hépatoprotecteur et qu'il contient des flavonoïdes, molécules connues comme étant hépato protectrices [48]. Des études antérieures sur les formulations de patate douce enrichies en poudre de feuille de moringa ont montré leur richesse en flavonoïdes. Ces molécules ont prouvé une activité hépato protectrice dans d'autres études antérieures réalisées par Yaye [49], Kokora et al. [50]. Les tests de toxicité orale aigue et subaigüe réalisés par Adedapo et al. [51] révèlent que l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* n'a montré aucun signe de toxicité sur les paramètres biochimiques des rats. Kasolo et al.[52] ont réalisé le test de toxicité orale aigue avec les extraits aqueux et éthanolique de racines de *Moringa oleifera* et ont établi la DL50 de l'extrait aqueux à 15,9 mg/kg et la DL50 de l'extrait éthanolique à 17,8 mg/kg.

## V. Conclusion

Il ressort de l'ensemble de ces résultats que les formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20 administrées par voie orale aux rats sont hypoglycémiantes et ont les mêmes effets que le glibenclamide. La dose efficace déterminée est 300 mg/kg pc, s'est révélée comme un bon régulateur de la glycémie chez des rats rendus hyperglycémiques après induction par le glucose anhydre. On peut donc dire que l'étude pharmacologique de la farine de patate douce enrichie en poudre de moringa a eu pour cible la diminution de l'hyperglycémie par ricochet le diabète sucré, une maladie émergente de nos jours. La formulation BBPM15 présente la meilleure action hypoglycémiant après 1h, de  $2,22 \pm 0,33$  à  $1,11 \pm 0,13$  g/l. Ces doses n'ont pas provoqué de changements importants des paramètres biochimiques sériques évalués (glycémie, triglycéride, cholestérol total, HDL, LDL, urée, créatinine transaminases). Après 28 jours d'alimentation, les paramètres biochimiques sanguins des rats n'ont pas été affectés par les différentes formulations donc n'entraînent aucun préjudice sur les paramètres biochimiques sanguins comparativement à ceux des rats ayant reçu de l'eau distillée.

A l'issu de ce travail, nous recommandons la formulation BBPM15 (farine de patate enrichie à 15% en poudre de moringa) aux patients diabétiques car ayant le meilleur effet hypoglycémiant, elle pourrait donc aider dans la prise en charge des diabétiques.

## References

- [1]. ADA. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 2014; 37 (1): 11-61.
- [2]. FID Atlas du Diabète de la FID, 9e éd. FID. Bruxelles, 2019;167 p.
- [3]. AIP. Le diabète sera la 7è cause de décès dans le monde d'ici à 2030. [www.aip.ci](http://www.aip.ci), 2019; Consulté le 12 janvier 2020.
- [4]. OMS, Rapport sur la santé dans le monde, Réduire les risques et promouvoir une vie saine. Genève, 2002.
- [5]. OMS, Rapport sur la santé dans le monde, OMS encourage les pays de la région africaine à promouvoir des médicaments traditionnels sûrs et efficaces. Burkina Faso, 2020.
- [6]. Scott, G. J. et Ewell, P. E. Sweet potato in African food systems. In: Scott G., Ferguson P.I, and Herrera J.E (eds). *Product Development for Root and Tuber Crops.Vol. III Africa. Proceedings on the workshop on Processing, Marketing, and Utilization of roots and Tuber Crops in Africa, held October 26 November 2, 1991 at the IITA, Ibadan, Nigeria, International Potato Center, Lima, 1992; Peru 170p.*
- [7]. Onwueme, I. C. *The tropical tuber crops.Yam, Cassava, Sweet potato and Cocoyams.*Chichester, Royaume-Uni, Wiley, 1978; 234p.
- [8]. Lebot V, Champagne A, Malapa R, Shiley D. NIR Determination of Major Constituents in Tropical Root and Tuber Crop Flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009; 57(22): 10539–10547.
- [9]. Sanoussi AF, Dansi A, Ahissou H, Adebawale A, Sanni LO, Orobisiyi A, Dansi M, Azokpota P, Sanni A. Possibilities of sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) value chain upgrading as revealed by physico-chemical composition of ten elites landraces of Bénin. *African Journal of Biotechnology*, 2016; 15(13) : 481- 489.
- [10]. Owori C, Berga L, Mwangi R.O.M, Namutebi A Et Kapinga R. SWEET POTATO RECIPE BOOK: Sweet potato processed Products from Eastern and Central Africa. Kampala-Uganda, 2007; 93 p.
- [11]. Ooi C.P. & Loke S.C. la patate douce dans le traitement du diabète de type 2 Cochrane database of systematic reviews, 2013.
- [12]. OOAS , La pharmacopée des plantes médicinales de l'afrique de l'ouest, 2013; 268P
- [13]. OCDE, Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. In étude toxicité orale à dose répétée pendant 28 jours sur les rongeurs. OCDE 407, 2008; p. 9.
- [14]. Edoga C O, Njoku O, Amadi E N and Okeke JJ. Blood sugar lowering effect of *Moringa oleifera* lam in albinos rats. *Int. J. Tech. , 2013; 3: 88-90.*
- [15]. Rafiu, A.A. and Luka, C.D.“Effects of Aqueous Extract of *Ipomoea batatas* Leaf on Blood Glucose, Kidney Functions And Hematological Parameters of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats”, *Journal of Research in Diabetes & Metabolism*, 2018; 4 (1): 004-009.

- [16]. Asgar, A.M., "Anti-Diabetic potential of phenolic", International Journal of Food Properties, 2013; 16 (1): 91-103.
- [17]. Afolayan, A.J. and Sumnonu, T.O., "In vivo Studies on Antidiabetic Plants Used in South African Herbal Medicine", Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 2010; 47 (2): 98-106.
- [18]. Adisakwattana S, Jiphimai P, Prutanopajai P, Chanathong B, Sapwar S, Ariyapitipan T. Evaluation of alpha-glucosidase, alpha-amylase protein glycation inhibitory activities of edible plants. Int J Food Sci. Nutr, 2010; 61 : 295-305.
- [19]. Barbalho S. M., Damasceno D. C., Spada A. P. M., Lima I. E. R.N., Araujo A. C., Guiguer E. L., Martuchi K. A., Oshiiwa M., Mendes G., Effects of Passiflora edulis on the Metabolic Profile of Diabetic Wistar Rat Offspring J Med Food, 2011; 14 (12), 1490-1495.
- [20]. Bedou K. D. evaluation de l'activite inhibitrice des fruits de bauhinia thonningii (fabaceae) sur deux glycosidases et essai de traitement du diabete chez le rat wistar : these doctorat de l'universite felix houphouët-boigny Pharmacologie des Substances Naturelles, 2019; 168p.
- [21]. Sarkar S, Pranava M, Marita R. Demonstration of the hypoglycemic action of Momordica charantia in a validated animal model of diabetes, 1996.
- [22]. Shibib BA, Khan LA, Rahman R. Hypoglycemic activity of Coccinia indica and Momordica charantia in diabetic rats: depression of the hepatic gluconeogenic enzymes glucose-6-phosphatase and fructose-1,6 bisphosphatase and elevation of both liver and red cell shunt enzyme glucose-6-phosphate dehydrogenase. Biochem. J., 1993; 292 : 267-270.
- [23]. Jaiswal D., Kumar Rai P., Kumar A., Mehta S., Watal G., Effect of moringa oleifera Lam. leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. Journal Ethnopharmacol, 2009; 25, 123(3) :392-396.
- [24]. Ighodaro O.M. & Omole J.O., Effects of nigerian Piliostigma thonningii species leaf extract on lipid profile in Wistar Rats. ISRN pharmacology, 2012 : 387942.
- [25]. Mehta LK, Balaraman R, Amin AH, Bafna PA, Gulati OD. Effect of fruits of Moringa oleifera on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. J. Ethnopharmacol, 2003; 86 : 191-195.
- [26]. Ghasi, S., Nwobodo, E. Ofili, J.O. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of Moringa oleifera Lam in high-fat diet fed wistar rats. Journal of Ethnopharmacology, 2000; 69:21- 25.
- [27]. Chaturvedi P, George S, Milinganyo M, Tripathi YB. Effect of Momordica charantia on lipid profile and oral glucose tolerance in diabetic rats. Phytother Res., 2004; 18: 954-956
- [28]. Njinkoué J. M., Manz koule J. C., Tchoumboungang F., Milong melong C. S., Tchintchui N. C, Fowe C. R., Schweigert F. J. et Gouado I. Evaluation des effets hypolipidémiques de l'huile extraite du poisson Pseudotolithus senegalensis chez des rattes ayant subi une dyslipidémie. Int. J. Biol. Chem. Sci., 2017; 11(6): 2952-2961.
- [29]. Maurizi-balzan J et Zaoui, P. Insuffisance rénale chronique. Corpus Médical de la faculté de Médecine de Grenoble, 2005.
- [30]. Lagrange M. Microangiopathies thrombotiques, une urgence diagnostique. Option /Bio., 2010; 21 (446): 16-7.
- [31]. James S., Mitchel G., Carl A.B., Edward R. & David E., Physiology and disorder of water electrolytes and acid base metabolism. In Textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. Elsevier Inc, New Delhi., 2006; pp. 1747-1776.
- [32]. Stevens L.A., Coresh J., Greene T. & Levey A.S., Assessing kidney function-measured and estimated glomerular filtration rate. New England Journal of Medicine, 2006; 354 : 2473-2483.
- [33]. Tsinalis D. & Binet L., Appréciation de la fonction rénale: créatininémie, urée et filtration glomérulaire. In Forum Médecine, Suisse. 2006; pp. 414-419.
- [34]. Gowda S., Desai B.P., Kulkarni S.S., Hull V.V., Math A.A.K. & Vernekar S.N. Markers of renal function tests. North American Journal of Medical Sciences, 2010; 2(4) : 170-173.
- [35]. El Hilaly J., Israili Z.H. & Lyoussi B., Acute and chronic toxicological studies of Ajuga iva in experimental animals. Journal of Ethnopharmacology, 2003; 91 : 43-50.
- [36]. Coffi T, Ahissou H, Gouthon P, Laleye A. Etude de l'activité antihypertensive d'une association de plantes (Schrunkia leptocarpa, Garcinia kola et Ocimum americanum) chez le rat Wistar. Int. J. Biol. Chem. Sci., 2014; 8(6): 2685-2695.
- [37]. Sirwal I.A., Bandy K.A., Reshi A.R., Bhat M.A. & Wani M.M., Estimation of Glomerular Filtration Rate (GFR). JK Science, 2004 ; 6: 121-123.
- [38]. Pierre D, Etienne C, Nicolas M, Krzesinski J- M, Christophe M, Cristol J-P, Laurence P. Créatinine : d'hier à aujourd'hui. Ann Biol Clin., 2010; 68 (5): 531- 543.
- [39]. Velanovsky A. Modèles expérimentaux d'insuffisance rénale chez le chien. Doctorat de l'université Paul-Sabatier de Toulouse, 2003; p 80.
- [40]. Denise E, Hervé L. Insuffisance rénale chronique: importance de la nutrition. Encyclopédie de la nutrition clinique canine, 2001; 33p.
- [41]. Kaneko J.J., Harvey J.W. & Bruss M.L., Clinical Biochemistry of Domestic Animals. In Academic Press, San Diego (Californie), 1997; p. 932.
- [42]. Dufour D.R., Lott J.A., Nolte F.S., Gretch D.R., Koff R.S. & Seeff L.B. Diagnosis and monitoring of hepatic injury II. Recommendation for use of laboratory tests in screening, diagnosis and monitoring. Clinical Chemistry, 2000 ; 46 : 2050-2068.
- [43]. Pratt D.S. & Kaplan M.M., Evaluation of abnormal liver-enzyme results in asymptomatic patients. New England Journal of Medicine, 2000; 342 : 1266-1271.
- [44]. Al-Habori M., Al-Aghbari A., Al-Mamary M. & Baker M., Toxicological evaluation of Catha edulis leaves: a long term feeding experiment in animals. Journal of Ethnopharmacology, 2002; 83 : 209-217.
- [45]. Adeneye A.A., Ajagbonna O.P., Adeleke T.I. & Bello S.O., Preliminary toxicity and phytochemical studies of the stem bark aqueous extract of Musanga cecropioides in rats. Journal of Ethnopharmacology, 2006; 105 : 374-379.
- [46]. Jodynis-Liebert J., Nowicki M., Murias M., Adamska T., Ewertowska M., Kujawska M., Piotrowska H., Konwerska A., Ostalska-Nowicka D. & Pernak J., Cytotoxicity, acute and subchronic toxicity of ionic liquid, didecyldimethylammonium saccharinate, in rats. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2010; 57 : 266-273.
- [47]. Ramasamy A., Balasundaram J., Sundararaman J., Rajappan M. & Raju S., Effect of fruits of Passiflora foetida Linn. on CCl4 induced hepatic injury in rats. Journal Pharmacology Research, 2009; 2(3) : 413-415.
- [48]. Narayana R., Reddy S., Chaluvadi M. & Krishna D., Bioflavonoids classification, Pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. Indian Journal of Pharmacology, 2001; 33 : 2-16.
- [49]. Yaye Y.G. Evaluation et essais d'optimisation de l'activité antifongique des extraits de Terminalia mantaly H. Perrier, sur la croissance in vitro de Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Cryptococcus neoformans et Trichophyton mentagrophytes. In Biosciences. Université Félix-Houphouët Boigny, Abidjan-Côte d'Ivoire, 2013; p157.
- [50]. Kokora A., Ackah B., Nanga Z., Kra K., Yao G.L. & Adama C., Antibacterial activity of ethanolic and aqueous extracts of four medicinal plants in vitro growth of Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Journal of Drug on the Delivery & Therapeutic, 2015; 3: 113-116.

- [51]. Adedapo AA, Mogbojuri OM, Emikpe BO. Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera* in rats . *J. Med. Plants Res*, 2009; 3: 586-591.
- [52]. Kasolo JN, Bimen GS, Ojok L, Ogwal-okeng JW. Phytochemic and acute toxicity of *M. oleifera* roots in mice. *J. Pharmacog Phytother.*,2011; 3: 38- 42.

Traoré Fakana Drissa, et. al. "Effets de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*) enrichie en poudre de feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) sur les paramètres biochimiques des rats albinos (*Rattus norvegicus*) dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)." *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 17(2), (2023): pp 21-30.

**Publication 3 :** *Fakana Drissa Traore, Massé Diomande, Koba Fatou Traore, Kan Benjamin Kouame, and Songuimondenin Soro (2023). Caractérisation minérale, vitaminique et facteurs antinutritionnels de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve (Daloa, Côte d'Ivoire). International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 1 Mar. 2023, pp. 68-79. <http://www.ijias.issr-journals.org/>*



## Caractérisation minérale, vitaminique et facteurs antinutritionnels de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve (Daloa, Côte d'Ivoire)

### [ Mineral, vitamin and antinutritional characterization of three varieties of sun-dried and oven-dried sweet potatoes (Daloa, Côte d'Ivoire) ]

*Fakana Drissa Traore<sup>1</sup>, Massé Diomande<sup>1</sup>, Koba Fatou Traore<sup>1</sup>, Kan Benjamin Kouame<sup>1</sup>, and Songuimondenin Soro<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Biochemistry-Microbiology, Agrovalorisation Laboratory, Jean Lorougnon Guédé University of Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Departement of Food Sciences and Technology, Biocatalysis and Bioprocesses Laboratory, Nangui Abrogoua University, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The objective of this work is to highlight the nutritional potential of flour from three varieties of sweet potatoes in Daloa. The study focused on the impact of the drying method on the levels of minerals, vitamins and antinutritional factors in flours made from sweet potatoes. The three sweet potato varieties studied were those with white skin, white flesh (BB); those with purple skin, white flesh (VB) and those with yellow skin, yellow flesh (JO). They were cleaned, cut and then dried in the sun for a week or in an oven at 45°C for two days. Their flours were characterized by conventional methods. The results show that drying in the oven at 45°C best preserves the minerals in the sweet potato. Oven drying at 45°C better preserves the vitamins in sweet potato flour. As for the results related to antinutritional compounds, sun drying decreases the antinutritional compounds the most in sweetpotato flour. From this study, we deduce that the flours of the three varieties from drying in an oven at 45°C have the most interesting mineral, vitamin and antinutritional properties for the food formulation.

**KEYWORDS:** Sweet potato, *Ipomoea batatas*, sun drying, oven, minerals, vitamins.

**RESUME:** L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les potentialités nutritionnelles de farines de trois variétés de patates douces à Daloa. L'étude a porté sur l'impact du mode de séchage sur les teneurs en minéraux, vitamines et facteurs antinutritionnels des farines issues de patates douces. Les trois variétés de patates douces étudiées étaient celles à peau blanche, chair blanche (BB); celles à peau violette, chair blanche (VB) et celles à peau jaune, chair jaunes (JO). Elles ont été nettoyées, découpées puis séchées au soleil pendant une semaine ou à l'étuve à 45°C pendant deux jours. Leurs farines ont été caractérisées par des méthodes conventionnelles. Les résultats montrent que Le séchage à l'étuve à 45°C conserve le mieux les minéraux dans la patate douce. Le séchage à l'étuve à 45°C conserve mieux les vitamines dans la farine de patate douce. Quant aux résultats relatifs aux composés antinutritionnels, le séchage solaire diminue le plus les composés antinutritionnels dans la farine de patate douce. De cette étude, on déduit que les farines des trois variétés provenant de séchage à l'étuve à 45°C possèdent les propriétés minérales, vitaminiques et les facteurs antinutritionnels les plus intéressantes pour la formulation alimentaire.

**MOTS-CLEFS:** Patate douce, *Ipomoea batatas*, séchage solaire, étuve, minéraux, vitamines.

## 1 INTRODUCTION

La patate douce (*Ipomoea batatas*) est une plante économiquement importante de la famille des convolvulaceae composée d'environ 50 genres et 1000 espèces [1]. Elle fait partie des plantes à racines et tubercules les plus consommées dans le monde en général et en Afrique subsaharienne en particulier, ou une utilisation domestique et industrielle en est faite [2]. La production mondiale annuelle des tubercules de patate douce est estimée à plus de 104 millions de tonnes [3]. Du point de vue nutritionnel, les tubercules de patates douces constituent une bonne source de vitamine A et C, de fer, de calcium et d'acides aminés [4]. Sa valeur nutritionnelle dépasse ainsi de loin celles de l'igname, du manioc et du taro [5]. Outre la consommation humaine, ses tubercules et ses feuilles sont utilisés pour l'alimentation animale [6].

La patate douce présente des capacités agronomiques intéressantes telles que la bonne productivité, le cycle de production relativement court, une large adaptation climatique et édaphique de la plupart des variétés. La patate douce devient de plus en plus une culture économique importante en raison de son potentiel, de lutte contre la pauvreté, de réduction de la cécité (en utilisant des variétés à chair orange) et d'amélioration de l'état nutritionnel des populations rurales de manière peu coûteuse et durable [7].

En Côte d'Ivoire, il existe une grande diversité de variétés de patate douce. En 2013, la production y est estimée à 47914 tonnes [8]. La patate douce est très peu cultivée mais reste toutefois une culture de rente et un aliment important dans certaines régions [9]. Les variétés cultivées dans les régions de Côte d'Ivoire sont surtout les variétés à chair blanche. Pourtant les variétés à chair orange et jaune sont plus riches en bêta carotène (provitamine A) bio-disponibles, un atout important pour l'amélioration nutritionnelle de la population en particulier les nourrissons et les jeunes enfants.

Cependant malgré son importance du point de vue nutritionnel, très peu d'étude sont menées sur les patates douces en Côte d'Ivoire, C'est dans cette optique que s'initie la présente étude intitulé « Caractérisation minérale, vitaminique et facteurs antinutritionnels de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve (Daloa, Côte d'Ivoire) ».

Elle a pour objectif général de déterminer les propriétés nutritives des patates douces cultivées dans la ville de Daloa. Il s'agira plus spécifiquement de:

- Déterminer l'impact du mode de séchage des tubercules de patate sur leurs caractéristiques minérales vitaminiques;
- Evaluer l'effet du mode de séchage des tubercules de patate sur leurs teneurs en facteurs antinutritionnels

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de trois variétés de patate douce (*Ipomoea batatas* L.) provenant de deux marchés (marché d'Orly et du grand marché) de la ville de Daloa. Les variétés qui ont été identifiées sur les marchés sont les suivantes, La variété à peau jaune et chair jaunâtre (JO); la variété à peau violette et chair blanche (VB) et, la variété à peau blanche et chair blanche (BB). Ces tubercules sont classés par variété et transportés dans des cartons jusqu'au laboratoire de l'Université Jean Lorougnon Guede Daloa, Côte d'Ivoire (Figure 1).



Fig. 1. Variétés de patate douces étudiées

## 2.2 METHODES

### 2.2.1 PRODUCTION DE FARINE DE PATATE DOUCE

Les tubercules (4kg) lavés à l'eau de robinet, épluchés ont été découpés en tranches à l'aide d'un couteau en acier inoxydable. Une partie des tranches de tubercules a été séchée à l'étuve à 45°C pendant 48h et la seconde partie a été séchée au soleil pendant une semaine. Après séchage, les tranches (3mm à 6mm) de tubercules ont été broyées à l'aide d'un mixeur puis tamisées à l'aide d'un tamis de maille 300 µm. Les différentes farines ainsi obtenues ont été conditionnées dans des sachets en polyéthylène pour empêcher des échanges d'humidité et stockée au laboratoire d'agro valorisation pour la détermination des paramètres physico-chimiques (Figure 2).

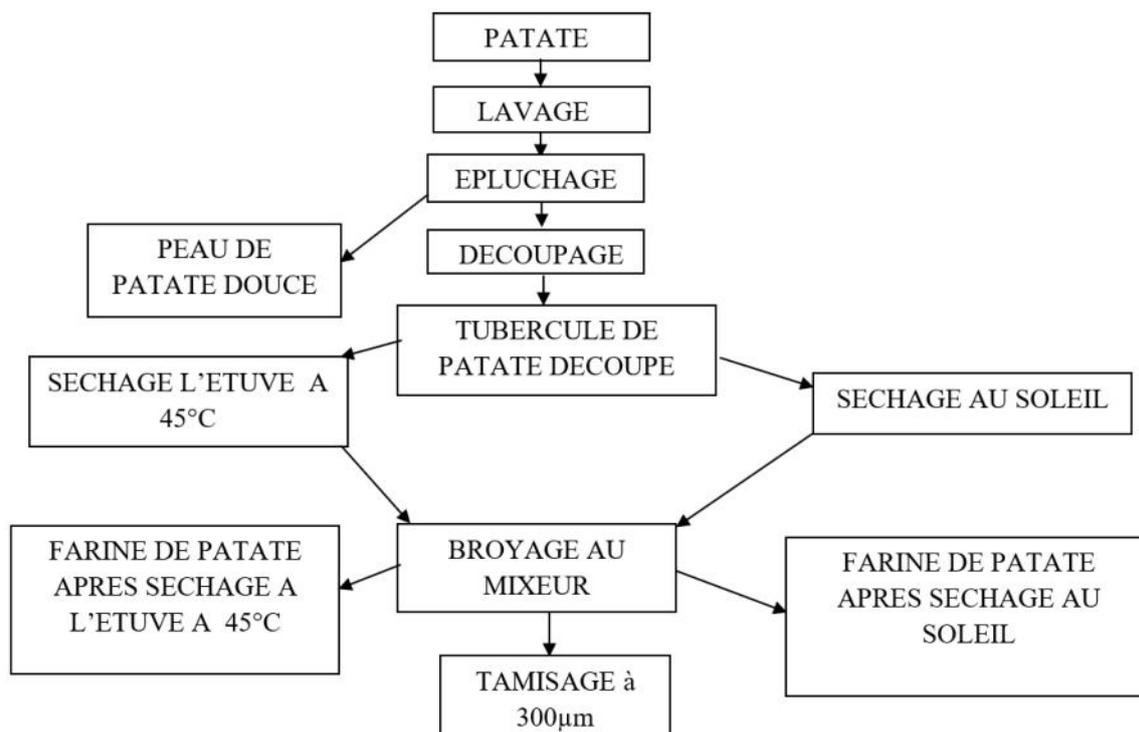


Fig. 2. Diagramme de fabrication de la farine de patate douce

### 2.2.2 CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DES FARINES DE PATATES DOUCES

La teneur en cendres des farines est déterminée par incinération des échantillons de farines à une température de 550 °C dans un four à moufle pendant 12 heures selon la méthode AOAC [10].

Le dosage des minéraux a été réalisé selon la méthode de Kularatre [11]. Après incinération et préparation des échantillons, la détermination des minéraux s'est effectuée par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme air-acétylène (SAA 20v type Varian). La longueur d'onde pour chaque minéral es: K=767,6 nm; Zn=214,6 nm; Fe=249 nm; Mg=286nm; Mn=280,6nm et Ca=424,7nm; Cu=324,8 nm; Na=540 nm. Les teneurs en vitamines ont été déterminés à l'aide d'une unité de HPLC Waters Alliance. Les vitamines ont été séparés sur une colonne C18 avec la phase mobile constituée d'une solution Méthanol / Acétonitrile (50: 50 v/v). Le temps de fonctionnement était de 20 min avec un débit de 1,2 ml/min. La longueur d'onde de détection a été fixée à 260 nm. Les vitamines de l'extrait méthanolique des échantillons ont été identifiées par comparaison de leurs temps de rétention avec ceux obtenus par l'injection de la solution étalon comportant les vitamines standards dans les mêmes conditions.

Les facteurs antinutritionnels évalués dans le cadre de la présente étude sont les tanins, oxalates et phytates. La teneur en tanins est déterminée selon la méthode décrite par Bainbridge *et al* [12]. La lecture de l'absorbance est réalisée au spectrophotomètre à 500 nm contre le blanc. La teneur en Oxalates est évaluée selon la méthode décrite par Day et Underwood [13]. Le filtrat est titré à chaud avec une solution de KMnO<sub>4</sub> (0,05 M) jusqu'au virage au rose persistant. La teneur

en Phytates est déterminée selon la méthode décrite par Latta et Eskin [14]. Ensuite la lecture de la DO est faite au spectrophotomètre à 490 nm contre le témoin.

### 2.2.3 ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les mesures ont été effectuées en triple et les moyennes des données ont été analysées statistiquement en utilisant le logiciel XLSTAT 2014.5.03. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes. Les différences ont été considérées significatives pour les valeurs de  $p \leq 0,05$ . Pour séparer les différentes moyennes des échantillons, des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été réalisés.

## 3 RESULTATS

### 3.1 TENEURS EN CENDRES DES PATATES DOUCES

La figure 3 présente les teneurs en cendres des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C. La farine issue de ces deux modes de séchage (solaire et à l'étuve à 45°C) des tubercules de patates douces révèle que les teneurs en cendre ont varié de 390,43± 0,01 mg/100g à 1210,11± 0,02 mg/100g. Les teneurs ont varié respectivement de 390,01±0,01 mg/100g à 1180,34±0,2 mg/100g pour le séchage solaire et de 410,60±0,03 mg/100g à 1210,11± 0,02 mg/100g pour le séchage à l'étuve à 45°C. Ainsi la valeur élevée de cendre est obtenue pour la variété JO. Le séchage à l'étuve a donné les meilleures teneurs en cendre contrairement au séchage au soleil (Figure 3).

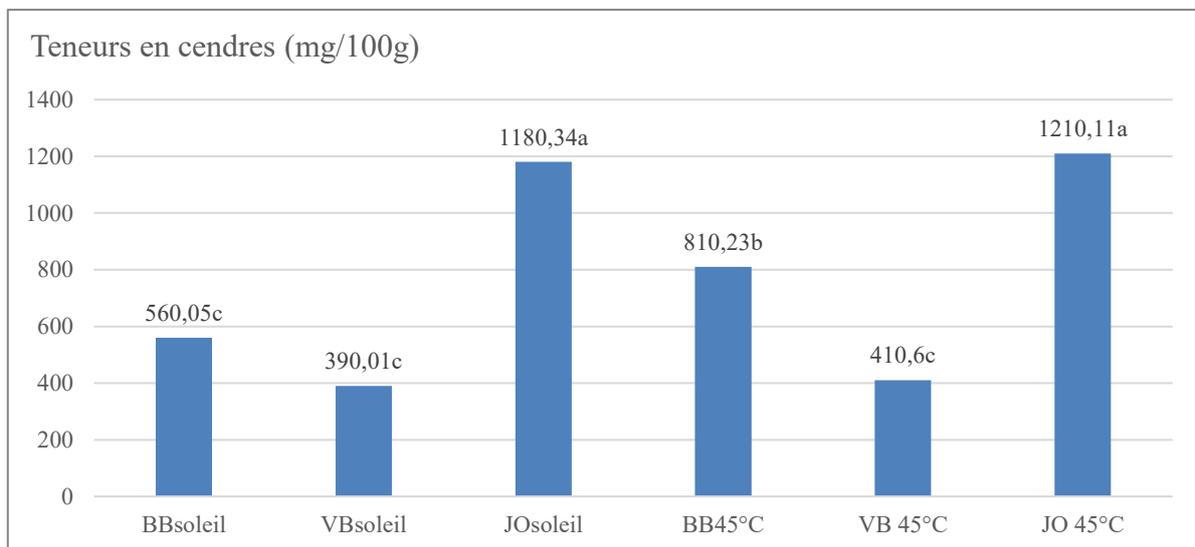


Fig. 3. Teneurs en cendres des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C

a, b et c indiquent une différence significative au seuil ( $p < 0,05$ );  $BB_{soleil}$  = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil;  $VB_{soleil}$  = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil;  $JO_{soleil}$  = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil;  $BB_{45^\circ C}$  = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C;  $VB_{45^\circ C}$  = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C;  $JO_{45^\circ C}$  = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C;

### 3.2 COMPOSITION EN ELEMENTS MINERAUX DES PATATES DOUCES

Le tableau 1 montre les teneurs en minéraux des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C. La farine issue de ces deux modes de séchage (solaire et à l'étuve à 45°C) des tubercules de patates douces révèle que les teneurs en calcium ont varié de 20,45± 0,02 mg/100g à 104,87± 0,01 mg/100g. L'analyse de la farine du séchage solaire des tubercules révèle que la valeur élevée du calcium est obtenue pour la variété JO avec une variation de 52,72±0,02 mg/100g à 104,87±0,01 mg/100g. Tandis que la farine issue du séchage à l'étuve à 45°C des tubercules a indiqué une valeur élevée de calcium pour la variété avec une variation de 20,45±0,02 mg/100g à 52,90± 0,02 mg/100g. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en calcium contrairement au séchage à l'étuve (Tableau 1).

La farine issue des deux modes de séchages des tubercules a révélé que les teneurs en phosphore ont varié de  $13,61 \pm 0,02$  mg/100g à  $100,31 \pm 0,21$  mg/100g avec une valeur élevée de phosphore pour la variété JO. En tenant compte des deux types de séchage les teneurs ont varié respectivement de  $32,53 \pm 0,02$  mg/100g à  $100,31 \pm 0,21$  mg/100g pour le séchage solaire et de  $13,61 \pm 0,03$  mg/100g à  $24,10 \pm 0,02$  mg/100g. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en phosphore contrairement au séchage à l'étuve à 45°C (Tableau 1).

Les teneurs en magnésium ont varié de  $103,30 \pm 0,12$  mg/100g à  $647,44 \pm 0,02$  mg/100g avec la plus grande valeur de magnésium pour la variété JO. Ces teneurs ont varié respectivement de  $36,30 \pm 0,02$  mg/100g à  $101,23 \pm 0,01$  mg/100g pour la farine issue du séchage et de  $42,72 \pm 0,02$  mg/100g à  $109,00 \pm 0,02$  mg/100g pour la farine obtenue par le séchage à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en magnésium contrairement au séchage au soleil (Tableau 1).

Les teneurs en potassium ont varié de  $103,30 \pm 0,12$  mg/100g à  $647,44 \pm 0,01$  mg/100g. La farine obtenue par séchage solaire des tubercules a montré que la plus grande valeur de potassium est obtenue pour la variété JO avec des variations de  $110,63 \pm 0,01$  mg/100g à  $647,44 \pm 0,01$  mg/100g. Tandis que la farine obtenue par séchage à l'étuve à 45°C des tubercules révèle que la valeur élevée du potassium pour la variété VB avec des taux ayant variés de  $103,30 \pm 0,12$  mg/100g à  $546,32 \pm 0,02$  mg/100g. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en potassium contrairement au séchage à l'étuve à 45°C (Tableau 1).

Le séchage solaire et à l'étuve à 45°C des tubercules a révélé que les teneurs en sodium ont varié de  $23,04 \pm 0,02$  mg/100g à  $109,84 \pm 0,03$  mg/100g. La valeur élevée de sodium a été obtenue pour la variété JO. Ces teneurs ont varié respectivement de  $24,91 \pm 0,01$  mg/100g à  $109,84 \pm 0,03$  mg/100g pour la farine séchée au soleil et de  $23,04 \pm 0,02$  mg/100g à  $49,00 \pm 0,01$  mg/100g pour la farine issue du séchage au soleil. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en sodium contrairement au séchage à l'étuve à 45°C. (Tableau 1).

Les teneurs en manganèse ont varié de  $143,01 \pm 0,02$  mg/100g à  $1095,34 \pm 0,11$  mg/100g. La valeur élevée du manganèse a été obtenue pour la variété JO pour les deux modes de séchage. Les résultats ont montré qu'après un séchage solaire des tubercules, la valeur élevée de manganèse a été obtenue pour la variété JO. Les teneurs ont varié respectivement de  $143,01 \pm 0,02$  mg/100g à  $1029,80 \pm 0,01$  mg/100g et de  $607,20 \pm 0,41$  mg/100g à  $1095,34 \pm 0,11$  mg/100g pour la farine issue du séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en manganèse contrairement au séchage au soleil (Tableau 1).

La farine obtenue par les deux modes de séchage des tubercules a révélé que les teneurs en zinc ont varié de  $36,22 \pm 0,02$  mg/100g à  $103,5 \pm 0,01$  mg/100g. La valeur élevée de zinc a été obtenue pour la variété JO. Les teneurs ont varié de  $36,22 \pm 0,02$  mg/100g à  $103,50 \pm 0,01$  mg/100g pour les farines obtenues par séchage solaire. Tandis qu'après un séchage à l'étuve à 45°C des tubercules, les taux ont varié de  $61,00 \pm 0,02$  mg/100g à  $84,20 \pm 0,02$  mg/100g. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en zinc contrairement au séchage à l'étuve à 45°C (Tableau 1).

Le séchage solaire et à l'étuve à 45°C a indiqué que les teneurs en cuivre ont varié de  $14,0 \pm 0,02$  mg/100g à  $132,5 \pm 0,01$  mg/100g. Pour ces farines issues de ces deux modes de séchage des tubercules, la valeur élevée de cuivre est obtenue pour la variété JO. Cette variété a révélé des variations respectives de  $14,00 \pm 0,02$  mg/100g à  $132,50 \pm 0,01$  mg/100g et de  $32,42 \pm 0,02$  mg/100g à  $70,10 \pm 0,01$  mg/100g pour le séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage au soleil a donné les meilleurs teneurs en cuivre contrairement au séchage à l'étuve à 45°C. (Tableau 1).

La teneur en fer a varié de  $28,93 \pm 0,03$  mg/100g à  $104,6 \pm 0,01$  mg/100g). La farine issue du séchage solaire des tubercules révèle que la valeur élevée de fer est obtenue pour la variété VB avec une variation de  $46,09 \pm 0,41$  mg/100g à  $62,00 \pm 0,02$  mg/100g. Pourtant la farine de la variété JO obtenue par séchage à l'étuve à 45°C des tubercules a donné la plus grande valeur du fer avec des variations de  $28,93 \pm 0,03$  mg/100g à  $104,60 \pm 0,01$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en fer contrairement au séchage au soleil (Tableau 1).

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate sont très riches en minéraux. Néanmoins la variété jaune (JO) est la plus riche dans la majorité des minéraux quelques soit le mode de séchage mais la variété BB séchée à l'étuve à 45°C est plus riche en calcium et en zinc. Quant à la variété VB, elle est la plus riche en potassium lorsqu' elle est séchée à l'étuve et riche en fer après séchage au soleil. Le séchage à l'étuve à 45°C conserve le mieux les minéraux dans la patate douce (Tableau 1).

Tableau 1. Teneurs en minéraux des farines de patate douce

Farines de patates douces	Calcium (mg/100g de MS)	Phosphore (mg/100g de MS)	Magnésium (mg/100g de MS)	Potassium (mg/100g de MS)	Sodium (mg/100g de MS)	Manganèse (mg/100g de MS)	Zinc (mg/100g de MS)	Cuivre (mg/100g de MS)	Fer (mg/100g de MS)
BB <sub>soleil</sub>	52,72 <sup>b</sup> ± 0,02	32,53 <sup>c</sup> ± 0,02	42,00 <sup>c</sup> ± 0,02	157,52 <sup>d</sup> ± 0,01	24,91 <sup>d</sup> ± 0,01	184,30 <sup>e</sup> ± 0,02	36,22 <sup>f</sup> ± 0,02	70,04 <sup>b</sup> ± 0,02	46,09 <sup>e</sup> ± 0,41
VB <sub>soleil</sub>	54,10 <sup>b</sup> ± 0,12	42,2 <sup>b</sup> ± 0,02	36,3 <sup>d</sup> ± 0,02	647,44 <sup>a</sup> ± 0,02	25,22 <sup>d</sup> ± 0,02	143,01 <sup>f</sup> ± 0,02	90,00 <sup>b</sup> ± 0,02	14,00 <sup>e</sup> ± 0,02	62,00 <sup>c</sup> ± 0,02
JO <sub>soleil</sub>	104,87 <sup>a</sup> ± 0,01	100,31 <sup>a</sup> ± 0,21	101,23 <sup>a</sup> ± 0,01	110,63 <sup>e</sup> ± 0,01	109,84 <sup>a</sup> ± 0,03	1029,80 <sup>b</sup> ± 0,01	103,5 <sup>a</sup> ± 0,01	132,5 <sup>a</sup> ± 0,01	49,20 <sup>d</sup> ± 0,01
BB <sub>45°C</sub>	52,9 <sup>b</sup> ± 0,02	24,00 <sup>d</sup> ± 0,03	42,72 <sup>c</sup> ± 0,02	103,30 <sup>f</sup> ± 0,12	23,04 <sup>d</sup> ± 0,02	607,20 <sup>d</sup> ± 0,41	84,2 <sup>c</sup> ± 0,02	63,10 <sup>c</sup> ± 0,32	92,00 <sup>b</sup> ± 0,02
VB <sub>45°C</sub>	20,45 <sup>c</sup> ± 0,02	13,61 <sup>e</sup> ± 0,02	94,3 <sup>b</sup> ± 0,01	546,32 <sup>b</sup> ± 0,02	42,11 <sup>c</sup> ± 0,01	652,01 <sup>c</sup> ± 0,02	74,00 <sup>d</sup> ± 0,01	32,42 <sup>d</sup> ± 0,02	28,93 <sup>f</sup> ± 0,03
JO <sub>45°C</sub>	47,90 <sup>b</sup> ± 0,01	24,1 <sup>d</sup> ± 0,02	109,00 <sup>a</sup> ± 0,02	369,01 <sup>c</sup> ± 0,71	49,0 <sup>b</sup> ± 0,01	1095,34 <sup>a</sup> ± 0,11	61,00 <sup>e</sup> ± 0,02	70,10 <sup>b</sup> ± 0,01	104,60 <sup>a</sup> ± 0,01

a, b, c, d, e, f: moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0.05$ ); BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C; MS = matière sèche

### 3.3 COMPOSITION EN VITAMINES DES FARINES DE PATATE DOUCE

Le tableau 2 montre la composition en vitamines des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C. Les trois variétés (BB, VB et JO) de patate douce ont été séchées au soleil et à l'étuve à 45°C. Les teneurs en Vitamine B1 ont varié de 30,00 ± 0,00 mg à 42,69 ± 0,02 mg. La farine obtenue par séchage solaire et à l'étuve à 45°C des tubercules révèle que la valeur élevée en Vitamine B1 est obtenue pour la variété JO. Les teneurs ont varié respectivement de 30,00 ± 0,00 mg/100g à 42,69 ± 0,02 mg/100g et de 32,76 ± 0,03 mg/100g à 40,00 ± 0,00 mg/100g pour les farines issues du séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine B1 contrairement au séchage au soleil (Tableau 2).

La farine issue du séchage solaire et à l'étuve à 45°C montre que les teneurs en Vitamine B2 ont varié de 20,00 ± 0,00 mg à 25,08 ± 0,01 mg. Cette farine montre que la valeur élevée en Vitamine B2 est obtenue pour la variété VB. La farine de cette variété a donné des teneurs qui ont varié respectivement de 20,00 ± 0,00 mg/100g à 22,17 ± 0,01 mg/100g et de 21,02 ± 0,10 mg/100g à 25,08 ± 0,01 mg/100g pour le séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine B2 contrairement au séchage au soleil (Tableau 2).

Les teneurs en Vitamine B3 ont varié de 0,02 ± 0,00 mg à 0,17 ± 0,02 mg. La farine obtenue par les deux modes de séchage des tubercules révèle que la teneur élevée en Vitamine B3 est obtenue pour la variété JO. Les teneurs en Vitamine B3 des farines issues du séchage ont varié respectivement de 0,02 ± 0,00 mg/100g à 0,03 ± 0,00 mg/100g et de 0,06 ± 0,01 mg/100g à 0,17 ± 0,02 mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine B3 contrairement au séchage au soleil. (Tableau 2).

Les trois variétés (BB, VB et JO) de patate douce séchées au soleil et à l'étuve à 45°C ont indiqué une variation du taux de Vitamine B6 de 13,20 ± 0,02 mg à 17,91 ± 0,02 mg. La farine obtenue par ces deux modes de séchage des tubercules révèle que la valeur élevée en Vitamine B6 est obtenue pour la variété JO. Les teneurs ont varié respectivement de 13,20 ± 0,00 mg/100g à 17,20 ± 0,01 mg/100g et de 16,30 ± 0,02 mg/100g à 17,91 ± 0,02 mg/100g pour la farine obtenue par séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine B6 contrairement au séchage au soleil (Tableau 2).

Les teneurs en Vitamine B9 ont varié de 3,62 ± 0,03 mg/100g à 12,08 ± 0,02 mg/100g. La valeur élevée en Vitamine B9 est obtenue pour la variété JO pour la farine issue des deux modes de séchage. Les teneurs en Vitamine B9 ont varié respectivement de 4,06 ± 0,03 mg/100g à 12,07 ± 0,00 mg/100g et de 3,62 ± 0,03 mg/100g à 12,08 ± 0,02 mg/100g pour le séchage au soleil et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine B9 contrairement au séchage au soleil (Tableau 2).

La farine issue des deux modes de séchage des tubercules révèle que la variété BB a montré une richesse en Vitamine B12 comparativement aux autres variétés. Les teneurs en Vitamine B12 ont varié de 12,00 ± 0,05 mg/100g à 15,32 ± 0,00 mg/100g. Ces teneurs en vitamine B12 ont varié respectivement de 12,03 ± 0,01 mg/100g à 13,00 ± 0,30 mg/100g et de 12,00 ± 0,05 mg/100g à 15,32 ± 0,03 mg/100g pour le séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine B12 contrairement au séchage au soleil. (Tableau 2).

L'analyse de la farine obtenue par séchage solaire et à l'étuve des tubercules montre une variation du taux de vitamine C de  $0,04 \pm 0,01$  mg/100g à  $0,62 \pm 0,02$  mg/100g. Cette farine de la variété JO révèle une valeur élevée en Vitamine C par rapport à la farine des autres variétés. Les teneurs ont varié respectivement de  $0,04 \pm 0,01$  mg/100g à  $0,30 \pm 0,00$  mg/100g et de  $0,60 \pm 0,03$  mg/100g à  $0,62 \pm 0,02$  mg/100g pour le séchage au soleil et à l'étuve à 45°C des tubercules. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine C contrairement au séchage au soleil (Tableau 2).

Les teneurs en Vitamine E ont varié de  $20,01 \pm 0,01$  mg/100g à  $72,40 \pm 0,04$  mg/100g. La farine obtenue par séchage solaire des tubercules révèle que le taux élevé en Vitamine E est obtenu pour la variété JO. Ses valeur ont varié de  $20,03 \pm 0,01$  mg/100g à  $40,23 \pm 0,01$  mg/100g. Tandis que la farine obtenue par séchage à l'étuve à 45°C des tubercules révèle que le plus grand taux en Vitamine E a été obtenu pour la variété BB. Les teneurs en vitamine E de celle-ci ont varié de  $60,33 \pm 0,00$  mg/100g à  $72,40 \pm 0,04$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en Vitamine E contrairement au séchage au soleil. (Tableau 2).

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce sont très riches en vitamines. Néanmoins la variété BB est la plus riche en vitamines B12 quelques soit le mode de séchage et riche en vitamine E au séchage à l'étuve à 45°C. Quant à la variété JO, elle est plus riche en vitamines B1, B3, B6 et B9 quelques soit le mode de séchage et en vitamines E après un séchage solaire. Tandis que la variété VB est plus riche en vitamine B2 quelques soit le mode de séchage. Le séchage à l'étuve à 45°C conserve mieux le mieux les vitamines dans la farine de patate douce (Tableau 2).

**Tableau 2. Teneurs en vitamines des farines de patate douce**

Farine de patate	Vitamine B1 (mg/100g de MS)	Vitamine B2 (mg /100g de MS)	Vitamine B3 (mg /100g de MS)	Vitamine B6 (mg/100g de MS)	Vitamine B9 (mg/100g de MS)	Vitamine B12 (mg/100g de MS)	Vitamine C (mg/100g de MS)	Vitamine E (mg/100g de MS)
BB <sub>soleil</sub>	$30,00^{\pm} 0,00$	$21,00^{b\pm} 0,00$	$0,02^{\pm} 0,00$	$13,2^{b\pm} 0,02$	$4,38^{c\pm} 0,02$	$12,10^{b\pm} 0,01$	$0,04^{c\pm} 0,01$	$20,03^{e\pm} 0,01$
VB <sub>soleil</sub>	$31,42^{c\pm} 0,02$	$22,17^{a\pm} 0,01$	$0,02^{\pm} 0,01$	$17,06^{a\pm} 0,02$	$4,06^{c\pm} 0,03$	$12,03^{b\pm} 0,01$	$0,04^{c\pm} 0,01$	$30,10^{d\pm} 0,02$
JO <sub>soleil</sub>	$42,69^{a\pm} 0,02$	$20,00^{b\pm} 0,00$	$0,03^{c\pm} 0,00$	$17,20^{a\pm} 0,01$	$12,07^{a\pm} 0,00$	$13,00^{b\pm} 0,30$	$0,30^{b\pm} 0,00$	$40,23^{\pm} 0,01$
BB <sub>45°C</sub>	$32,76^{\pm} 0,03$	$21,02^{b\pm} 0,10$	$0,06^{b\pm} 0,01$	$16,3^{a\pm} 0,02$	$8,48^{b\pm} 0,01$	$15,32^{a\pm} 0,03$	$0,60^{a\pm} 0,03$	$72,40^{a\pm} 0,04$
VB <sub>45°C</sub>	$35,40^{b\pm} 0,01$	$25,08^{a\pm} 0,01$	$0,08^{b\pm} 0,00$	$17,60^{a\pm} 0,05$	$3,62^{c\pm} 0,03$	$13,00^{b\pm} 0,0$	$0,61^{a\pm} 0,01$	$70,12^{a\pm} 0,04$
JO <sub>45°C</sub>	$42,00^{a\pm} 0,0$	$22,11^{b\pm} 0,02$	$0,17^{a\pm} 0,02$	$17,91^{a\pm} 0,02$	$12,08^{a\pm} 0,00$	$12,00^{b\pm} 0,05$	$0,62^{a\pm} 0,02$	$60,33^{b\pm} 0,00$

a, b, c, d, e, f: moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0,05$ ); BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C; MS= matière sèche

### 3.4 COMPOSES ANTI NUTRITIONNELS DES DIFFERENTES VARIETES DE PATATE DOUCE

Le tableau 3 présente les composés anti nutritionnels des farines issues de trois variétés de patates douces séchées au soleil et à l'étuve à 45°C.

Les teneurs en tanins ont varié de  $0,11 \pm 0,01$  mg/100g à  $0,28 \pm 0,02$  mg/100g). La farine obtenue par séchage solaire des tubercules révèle que la valeur élevée en tanins est obtenue pour la variété BB avec des teneurs qui ont varié de  $0,11 \pm 0,02$  mg/100g à  $0,18 \pm 0,03$  mg/100g. Par contre la farine obtenue par séchage à l'étuve à 45°C des tubercules a montré que la teneur élevée en tanins a été obtenue pour la variété JO avec des teneurs qui ont varié de  $0,21 \pm 0,03$  mg/100g à  $0,28 \pm 0,01$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les meilleurs teneurs en tanins contrairement au séchage au soleil (Tableau 3).

La farine issue des deux différents séchages montre que les teneurs en oxalates ont varié de  $0,31 \pm 0,03$  mg/100g à  $1,41 \pm 0,05$  mg/100g. Ces deux types de farine révèlent que la valeur élevée en oxalates est obtenue pour la variété VB. Les teneurs ont varié respectivement de  $0,31 \pm 0,03$  mg/100g à  $4,17 \pm 0,02$  mg/100g et de  $0,58 \pm 0,04$  mg/100g à  $5,70 \pm 0,01$  mg/100g pour le séchage solaire et à l'étuve à 45°C. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les taux les plus élevés en oxalates contrairement au séchage au soleil. (Tableau 3).

Les taux en phytates ont varié de  $1,07 \pm 0,02$  mg/100g à  $1,36 \pm 0,03$  mg/100g pour les deux modes de séchage. La farine obtenue par séchage solaire des tubercules révèle que la valeur élevée en phytates est obtenue pour la variété JO avec des teneurs qui ont varié de  $1,07 \pm 0,02$  mg/100g à  $1,18 \pm 0,33$  mg/100g. Par contre la farine obtenue par séchage solaire des tubercules montre que la plus grande valeur en phytates est obtenue pour la variété VB avec des taux qui ont varié de  $1,19 \pm 0,03$

mg/100g à  $2,03 \pm 0,02$  mg/100g. Le séchage à l'étuve à 45°C a donné les taux les plus élevés en phytates contrairement au séchage au soleil (Tableau 3).

Il ressort des deux modes de séchage que toutes les variétés de patate douce sont très pauvres en composés antinutritionnels. Néanmoins la variété BB est la plus riche en tanins après un séchage solaire. Quant à la variété VB, elle est plus riche en oxalates quel que soit le mode de séchage, en phytates après un séchage à l'étuve à 45°C. Tandis que la variété JO est plus riche en tanins après un séchage à l'étuve à 45°C et en phytates après un séchage solaire. Le séchage solaire diminue le plus les composés antinutritionnels dans la farine de patate douce (Tableau 3).

**Tableau 3. Composés antinutritionnels des différentes variétés de patate douce**

Farine de patate	Tanin (mg/100g de MS)	Oxalates (mg/100g de MS)	Phytates (mg /100g de MS)
BB <sub>soleil</sub>	$0,18^a \pm 0,01$	$0,31^c \pm 0,03$	$1,07^c \pm 0,02$
VB <sub>soleil</sub>	$0,12^a \pm 0,02$	$4,17^a \pm 0,05$	$1,17^c \pm 0,07$
JO <sub>soleil</sub>	$0,11^a \pm 0,02$	$1,02^b \pm 0,02$	$1,18^c \pm 0,33$
BB <sub>45°C</sub>	$0,21^a \pm 0,03$	$0,58^c \pm 0,04$	$1,19^c \pm 0,03$
VB <sub>45°C</sub>	$0,25^a \pm 0,02$	$5,70^a \pm 0,01$	$2,03^a \pm 0,02$
JO <sub>45°C</sub>	$0,28^a \pm 0,01$	$1,41^b \pm 0,05$	$1,36^b \pm 0,03$

a, b, c, d, e, f: moyenne suivie de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents ( $p < 0.05$ ); BB<sub>soleil</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée au soleil; VB<sub>soleil</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée au soleil; JO<sub>soleil</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée au soleil; BB<sub>45°C</sub> = patate douce peau blanche et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C; VB<sub>45°C</sub> = patate douce peau violette et chair blanche séchée à l'étuve à 45°C; JO<sub>45°C</sub> = patate douce peau jaune et chair jaune séchée à l'étuve à 45°C; MS = matière sèche

## 4 DISCUSSION

### 4.1 TENEUR EN CENDRES DES PATATES DOUCES

Les teneurs en cendre des farines de patate varient d'une variété à l'autre de  $390,43 \pm 0,01$  mg/100g à  $1210,11 \pm 0,02$  mg/100g. La teneur la plus élevée ( $1210,11 \pm 0,02$  mg/100g) est proche de la teneur en cendre (1020 mg/100g) de la farine d'igname sauvage des études de Soro [15] et inférieure à la teneur en cendre (5240 mg/100g) de la farine d'igname des travaux de Sahoré [16]. Les taux de cendres obtenus au niveau des différentes farines sont très inférieurs aux résultats obtenus par Siédogo [17]. Les résultats de cet auteur étaient de l'ordre de 3330 mg/100g. Ces résultats sont également inférieurs à ceux rapportés par Banhero [18] (3400 mg/100g). Cette différence pourrait provenir de la variété de patate utilisée. Les variétés n'ont pas les mêmes teneurs en sels minéraux [19]. Elle peut être également liée aux conditions agricoles de productions de la patate (type de sol et nature des fertilisants). Cependant cette valeur est dans le même ordre que celle obtenue lors des travaux de Kaboré [20], au cours desquels un taux des cendres de l'ordre de 210 mg/100g avait été enregistré. En outre, Badila et al., [21] ont présenté des résultats identiques (433 mg/100g). Toutefois, nous devons remarquer que ces valeurs sont nettement plus élevées que celles des céréales. La teneur en cendres rend compte de la quantité relative d'éléments minéraux dans la farine des tubercules car après calcination d'un produit alimentaire, toute la fraction organique disparaît. En générale l'ensemble des constituants chimiques sont conservés lorsqu'on fait le séchage à 45°C, ces résultats s'expliqueraient par les long temps de séchage au soleil (7jours), alors que le séchage à l'étuve a une durée de 2 jours.

### 4.2 PROFIL MINERAL DES PATATES DOUCES

Les teneurs en calcium de la farine issue du séchage solaire ont varié de  $20,45 \pm 0,02$  mg/100g à  $104,87 \pm 0,01$  mg/100g. La valeur élevée du calcium est obtenue pour la variété JO ( $104,87 \pm 0,01$  mg/100g). Par contre la farine issue du séchage à l'étuve a montré une teneur élevée du calcium pour la variété BB ( $52,90 \pm 0,02$  mg/100g). La valeur minimale ( $20,45 \pm 0,02$  mg/100g) est proche de la teneur de 21mg/100g de Nepa [32] dans la variété blanche de la patate douce. La valeur maximale ( $104,87 \pm 0,01$  mg/100g) est supérieure à la teneur de 30 mg/100g de Soares et al. [22] dans la patate douce. Ces différences peuvent être liées à l'origine de la patate (sol). On pourrait associer les teneurs élevées en calcium à la présence d'oxalate.

La farine obtenue par séchage solaire et à l'étuve à 45°C a montré que les teneurs en phosphore ont varié de  $13,61 \pm 0,02$  mg/100g à  $100,31 \pm 0,21$  mg/100g. La valeur élevée de phosphore ( $100,31 \pm 0,21$  mg/100g) est obtenue pour la variété JO séchée au soleil. La teneur minimale de phosphore ( $13,61 \pm 0,02$  mg/100g) est inférieure à la teneur de phosphore de 70 mg/100g des

études de Trèche [23] et la plus grande teneur en phosphore ( $100,31 \pm 0,21$  mg/100g) est supérieure à la teneur en phosphore (70 mg/100g) des mêmes travaux de Trèche [23] sur la farine de patates douces. Cette différence peut être liée au type de tubercule et au mode de séchage. Une explication possible de cette observation serait qu'une faible teneur en phosphore entraînerait la formation d'une teneur élevée en amidons résistants [24]. La teneur en phosphore des amidons de tubercule est typiquement inférieure à 500mg/100 g et est habituellement rapportée à la cendre [25]. À cet égard, une corrélation linéaire positive ( $R=0,69$ ;  $p<0,05$ ) a été observée entre la teneur en phosphore et la teneur en cendres des farines.

Les teneurs en magnésium ont varié de  $36,30 \pm 0,02$  mg/100g à  $109,00 \pm 0,02$  mg/100g. Au soleil, la valeur élevée de magnésium est obtenue pour la variété JO ( $101,23 \pm 0,01$  mg/100g) tandis qu'à l'étuve la valeur élevée du magnésium est obtenue pour la variété JO ( $109,00 \pm 0,02$  mg/100g). La teneur minimale en magnésium ( $42,72 \pm 0,02$  mg/100g) de la farine issue du séchage à l'étuve est similaire au taux de magnésium ( $43,80 \pm 0,2$  mg/100g) dans le cultivar n'gletia de banane plantain de Maniga [26]. Cette teneur est supérieure au taux de magnésium (10mg/100g) des travaux de Unifesp [27] sur la farine des tubercules de patate. Cette teneur minimale de magnésium est aussi inférieure au taux minimum de magnésium ( $73,50 \pm 0,10$  mg/100g) dans le cultivar N'gletia de banane plantain des études de Maniga [26]. Le magnésium est un élément essentiel pour l'organisme, exigé en quantité relativement importante comparé aux autres minéraux du fait qu'il joue un rôle crucial dans la structure du squelette et des muscles.

Les teneurs en potassium ont varié de  $103,30 \pm 0,12$  mg/100g à  $647,44 \pm 0,01$  mg/100g dans la farine obtenue par séchage solaire. La valeur élevée de potassium ( $647,44 \pm 0,01$  mg/100g) a été obtenue pour la variété JO. Cependant la farine issue du séchage à l'étuve a montré une valeur élevée du potassium ( $546,32 \pm 0,02$  mg/100g) pour la variété VB. Ces taux sont supérieurs au taux de potassium (27,7 mg/100g) dans la variété RIN de taro de Aboubakar [28]. Ces taux sont aussi inférieurs au taux de potassium variant entre 942,6 et 2243,3 mg/100g des travaux de Solomo et al [29].

Après séchage solaire et à l'étuve à 45°C des tubercules de patates douces, les teneurs en sodium ont varié de  $23,04 \pm 0,02$  mg/100g à  $109,84 \pm 0,03$  mg/100g. La valeur élevée de sodium ( $109,84 \pm 0,03$  mg/100g) est obtenue pour la variété JO et le plus faible taux est celui ( $23,04 \pm 0,02$  mg/100g) de la variété BB. La valeur minimale ( $23,04 \pm 0,02$  mg/100g) est proche de la teneur de sodium ( $26,95 \pm 1,34$  mg/100g) des travaux de Koffi (2022) [30] sur pulpe de la papaye solo. Ces teneurs sont supérieurs au taux de Sodium ( $1,514,4$  mg/100g à  $14,4$  mg/100g) des travaux de Solomo et al., (2016) [29]. En outre l'importance nutritionnelle du potassium, sodium, magnésium et du calcium réside aussi dans les pompes à sodium-potassium ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) et à magnésium-calcium ( $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ) qui interviennent dans le transport actif des molécules (glucose, urée, acide gras) à travers la membrane cellulaire (Konan, 2015) [31].

Les teneurs en manganèse ont varié de  $143,01 \pm 0,02$  mg/100g à  $1095,34 \pm 0,11$  mg/100g. La valeur élevée du manganèse est obtenue pour la variété JO ( $1095,34 \pm 0,11$  mg/100g). Cette teneur en manganèse ( $1095,34 \pm 0,11$  mg/100g) est supérieure à la teneur en manganèse ( $4,58 \pm 0,41$  mg/100g) dans la pulpe de papaye solo au stade vert des travaux de Koffi [30].

Les taux de zinc ont varié de  $36,22 \pm 0,02$  mg/100g à  $103,5 \pm 0,01$  mg/100g. La valeur élevée de zinc ( $103,50 \pm 0,01$  mg/100g) est obtenue pour la variété JO. Les teneurs de cette étude sont supérieures aux taux de zinc variant 1,0 mg/100g et 4,4 mg/100g de Solomo et al., [29] et aussi supérieur à la teneur en zinc (0,2mg/100g) des travaux de Nepa [32] sur la patate douce.

Les teneurs en fer ont varié de  $28,93 \pm 0,03$  mg/100g à  $104,6 \pm 0,01$  mg/100g avec une valeur élevée du fer ( $104,60 \pm 0,01$  mg/100g) pour la variété JO. Ces différents taux sont supérieurs aux taux de fer (0,8 mg/100g) des études de Soares 2002 et de fer (0,4mg/100g) des travaux de Nepa [32] sur la farine de la patate douce. Le fer et le zinc sont si importants pour le fonctionnement de l'organisme que leur déficit pose de véritables problèmes de santé publique. En effet, le fer est un oligoélément essentiel dans le fonctionnement normal du système nerveux central et dans l'oxydation des hydrates de carbone, des protéines et des lipides. Le fer favorise l'oxygénation du sang, prévient l'anémie et rend l'organisme plus résistant aux infections. Quant au zinc, il intervient dans le métabolisme des protéines nécessaires au développement fœtal pendant la grossesse [33].

Les teneurs en cuivre ont varié de  $14,0 \pm 0,02$  mg/100g à  $132,5 \pm 0,01$  mg/100g. La valeur élevée de cuivre est obtenue pour la variété JO ( $132,50 \pm 0,01$  mg/100g). Le taux minimum de cuivre ( $14,0 \pm 0,02$  mg/100g) est inférieur aux taux minimums de cuivre (37,78 mg/100g) des travaux de Solomo et al. [29] et le taux maximum ( $132,50 \pm 0,01$  mg/100g) est supérieur au taux maximum (87,5 mg/100g) des études de ces mêmes auteurs. Les taux de cuivre (de  $14,0 \pm 0,02$  mg/100g à  $132,5 \pm 0,01$  mg/100g) de cette étude est supérieur au taux de cuivre (0,11mg/100g) de la farine de patates douces des études de Nepa [32]. Le cuivre est un cofacteur nécessaire dans la neutralisation des radicaux libres, il participe à la synthèse et l'entretien de la myéline d'andras [33].

### **4.3 PROFIL VITAMINIQUE DES PATATES DOUCES**

La teneur élevée en vitamine B1 est de  $(42,00 \pm 0,00 \text{ mg}/100\text{g})$ . Cette valeur est supérieure à celle de  $(0,038 \pm 0,05 \text{ mg}/100\text{g})$  du cultivar Banablé de banane plantain [26]. La présence de thiamine pourrait être justifiée par le climat et la nature du sol qui varient d'un milieu à un autre. La thiamine intervient dans les réactions de décarboxylation oxydative des céto acides et de transcétoylation [34] et son manque peut causer l'asthénie, l'anorexie, des vomissements et surtout le Bériberi [35].

La teneur élevée en vitamine B3 est de  $(0,17 \pm 0,002 \text{ mg}/100\text{g})$ . Cette teneur semble inférieure à la teneur de  $(0,77 \pm 0,03 \text{ mg}/100\text{g})$  des travaux de Maniga [26] sur la farine du cultivar Banablé de banane plantain.

Le taux le plus élevé de vitamine C  $(0,62 \pm 0,02 \text{ mg}/100\text{g})$  de la présente étude est inférieure à celui  $(20,01 \pm 0,14 \text{ mg}/100\text{g})$  du cultivar Banablé de banane plantain des études de Maniga [26]. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que cette vitamine étant thermolabile a été à majorité détruite par le séchage. L'acide ascorbique est un cofacteur essentiel dans diverses réactions biologiques et un antioxydant, en phase aqueuses [36]. Sa consommation pourrait être un avantage pour les diabétiques.

#### 4.4 FACTEURS ANTINUTRITIONNELS DES PATATES DOUCES

La valeur en tanin  $(0,28 \pm 0,01 \text{ mg}/100\text{g})$  de la présente étude est inférieure à la teneur en tanin  $(3,48 \pm 0,14 \text{ mg}/100\text{g})$  des travaux de Maniga [26] dans le cultivar Afoto de banane plantain. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la teneur en tanin des farines de patates douces dépend de la partie du végétal ayant été utilisé pour faire la farine. La présence de ces composés antinutritionnels dans les tubercules de patate ne semble pas être une contrainte à la consommation humaine. En effet, ils sont significativement éliminés au cours des manipulations qui précèdent la consommation. Ainsi, selon Shajeela et al. [37], de nombreux facteurs antinutritionnels tels que les inhibiteurs de trypsine et d'amylase sont éliminés par simple cuisson à eau (igname bouillie) tandis que les tanins, l'acide cyanhydrique et l'acide oxalique peuvent être significativement éliminés par le simple trempage qui précède l'étape de cuisson avant consommation. Les tanins sont des substances végétales de la famille des polyphénols, le plus souvent hydrosolubles, qui possèdent la capacité de précipiter les protéines, alcaloïdes et polysaccharides en solution aqueuse. Présents quasiment dans toutes les parties des plantes supérieures exposées à des risques de prolifération microbienne et aux attaques de ravageurs, ces métabolites secondaires sont utilisés par ces plantes comme moyen de défense chimique contre les parasites [38]. Les tanins sont des polyphénols peu toxiques qui ne sont efficaces qu'à forte dose: en se liant aux protéines, ils pourraient en diminuer la digestibilité.

La farine issue des deux différents séchages montre que les teneurs en oxalates ont varié de  $0,31 \pm 0,03 \text{ mg}/100\text{g}$  à  $1,41 \pm 0,05 \text{ mg}/100\text{g}$ . La valeur élevée en oxalates  $(1,41 \pm 0,05 \text{ mg}/100\text{g})$  pour la variété VB de la présente étude est inférieure à la teneur d'oxalate  $(8,33 \text{ mg}/100\text{g})$  dans les tubercules de patates douces des travaux de Sahoré [16]. Cette faible teneur pourrait s'expliquer par le fait que l'oxalate s'associe facilement aux métaux alcalino ferreux pour former des sels insolubles au cours de la digestion, d'où son inefficacité nutritionnelle. En se liant à ces minéraux, l'oxalate provoque ainsi une légère baisse de la charge minérale [40].

## 5 CONCLUSION

Ce travail a été entrepris dans le but de déterminer les teneurs en minéraux, vitamines et facteurs antinutritionnels de la farine de trois différentes variétés (BB, VB et JO) de patate douce séchées au soleil et à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$ . Les résultats montrent que la farine la variété BB est plus riche, en vitamine B12  $13,32 \pm 0,03 \text{ mg}/100\text{g}$ , en vitamine E  $72,40 \pm 0,04 \text{ mg}/100\text{g}$  contrairement à la variété JO séchée à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$  qui est plus riche en magnésium  $109,00 \pm 0,02 \text{ mg}/100\text{g}$ , en manganèse  $1095,34 \pm 0,11 \text{ mg}/100\text{g}$ , en cuivre  $70,10 \pm 0,01 \text{ mg}/100\text{g}$  et en fer  $104,60 \pm 0,01 \text{ mg}/100\text{g}$ , en vitamine B1  $42,00 \pm 0,00 \text{ mg}/100\text{g}$ , en vitamine B3  $0,17 \pm 0,002 \text{ mg}/100\text{g}$ , en vitamine B9  $12,08 \pm 0,00 \text{ mg}/100\text{g}$ , en vitamine C  $0,62 \pm 0,02 \text{ mg}/100\text{g}$ , en tanin  $0,28 \pm 0,01 \text{ mg}/100\text{g}$  en caroténoïdes  $101,22 \pm 0,18 \text{ mg}/100\text{g}$ .

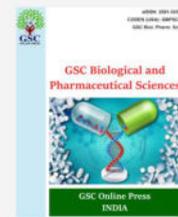
À l'issue de cette étude, il ressort que les farines de patate sont riches en minéraux, en vitamines et pauvres en composés antinutritionnels. Les farines des variétés BB et JO possèdent les propriétés physicochimiques les plus intéressantes pour la formulation alimentaire. Le séchage à l'étuve à  $45^\circ\text{C}$  est le mode de séchage qui conserve le mieux les composés biochimiques.

## REFERENCES

- [1] G. J. Scott, et P. E. Ewell, Sweet potato in African food systems. In: Scott G., Ferguson P.I, and Herrera J.E (eds). Product Development for Root and Tuber Crops. Vol. III Africa. Proceedings on the workshop on Processing, Marketing, and Utilization of roots and Tuber Crops in Africa, held October 26 November 2, 1991 at the IITA, Ibadan, Nigeria, International Potato Center, Lima, Peru 170p, 1992.
- [2] V. Lebot, Tropical Root and Tuber Crops. CAB International. 413p, 2009.
- [3] FAO, 2013. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture: mettre les systèmes alimentaires au service d'une meilleure nutrition. ISSN 0251-1460, 114p.
- [4] A. F. Sanoussi, A. Adjatin, A. Dansi, A. Adebowale, L.O. Sanni and A. Sanni, Mineral Composition of Ten Elites Sweet Potato (*Ipomoea Batatas* [L.] Lam.) Landraces of Benin Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 5 (1): 103-115, 2016.
- [5] I. C. Onwueme, The tropical tuber crops. Yam, Cassava, Sweet potato and Cocoyams. Chichester, Royaume-Uni, Wiley, 234p, 1978.
- [6] C. Owori, L. Berga, R.O.M. Mwanga, A. Namutebi Et R. Kapinga, SWEET POTATO RECIPE BOOK: Sweet potato processed Products from Eastern and Central Africa. Kampala-Uganda, 93 p, 2007.
- [7] A. Brobbrey, Growth, yield and quality factors of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L) lam) as affected by seedbed type and fertilizer application and utilization of root and tuber crops in africa. Master of philosophy in agronomy department of crop and soil sciences Kwame Nkrumah University of Science and Technology (Kumasi), 95p, 2015.
- [8] FAOSTAT., <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>, consulté le 23 mai 2018, 2018.
- [9] K. E. B. Dibi, B. Essis, B. N'Zué, A. M. Kouakou et G. P. Zohouri, (Appui à la promotion de la patate douce à chair orange en Côte d'Ivoire. Rapport final avenant du Projet / Agriculture familiale pour la nutrition et l'équité de genre (CHANGE). CNRA Bouaké. Janvier, 16p, 2016.
- [10] AOAC, Méthodes officielles d'analyse. 15ème édition. Association des chimistes analytiques officiels, Washington, DC, Etats-Unis, pp. 200-210, 2016.
- [11] K. Kularatre & C. Fretas, Epiphytic lichens as biomnitors of airborne heavy metal pollution. Environmental and experimental botany, 88: 24-32, 2013.
- [12] Z. Bainbridge, K. Tomlins, K. Willings & A. Vestby, Methods for assessing quality Characteristic of non grain starch staple. Part 4 advanced methods. National ressources inntitute, University of Greenwich, 1: 43-79, 1996.
- [13] R.A. Day, & A.L. Underwood, Analyse quantitative. 5<sup>e</sup> édition, prentice Hall publication, upper saddle River, 701, p.17, 1986.
- [14] M. Latta, M. Eskin, A Simple and rapid colorimetric method for phytate determination. Journal Agricultural and food chemistry, 28, 1313-1315, 1980.
- [15] S. Soro, Valorisation nutritionnelle et technologique de l'igname sauvage *Dioscorea praehensilis* cv «kokoassé»: situation socio-alimentaire en milieu rural dans la région du Lôh-Djiboua (Divo), formulations et applications technologiques potentielles Thèse de Doctorat en Sciences et Technologies des Aliments de l'Université Nangui Abrogoua Spécialité: Biochimie et Technologies des Aliments 234p, 2020.
- [16] D.A. Sahoré, Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des tubercules et des amidons d'ignames (*Dioscorea*). Cas de quelques espèces d'igname spontanée. Éditions Publibook. PARIS, France: 151p, 2010.
- [17] Siédogo, Essai de formulation et de production de biscuits à base de tubercules: manioc et patate douce à chair orange, Mémoire de Licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 64 p, 2009.
- [18] O. Banhero, Valorisation des produits locaux: Formulation et production de biscuit à base de pulpe de baobab (*Adansonia digitata*), Mémoire de Licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 58 p, 2011.
- [19] IITA, Tuber and Root Crops Production Manual: Series n°9. 244 p, 1982.
- [20] E. Kabore, Essais de formulation et production de biscuits à base de patate douce à chair orange, (Mémoire de Licence). Université Polytechnique de Bobodioulasso, 45 p, 2009.
- [21] C. Badila, M. Diatewa, G. Ellaly et D. Nguyen, Mise au point d'un procédé de fabrication des farines de banane plantain et de tubercules de patate douce: Elaboration des caractéristiques chimiques des farines. Université Marien Ngouabi. Brazzaville, 63p, 2009.
- [22] K.T. Soares, A.S. Melo, E.C. Matias, A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* Lam.). Documento 41, Emepa-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba SA), João Pessoa, Brazil, 26 pp, 2002.
- [23] S. Trèche, Potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea spp.*) cultivées au Cameroun. Vol. I: texte. Vol. II: annexes. Thèse, Editions de l'ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris, 595p, 1989.
- [24] L. Liu, Y-G. Dong, Z-L. Xiu, Three-liquid-phase extraction of diosgenin and steroidal saponins from fermentation of *Dioscorea zingibensis* C. H. Wright. Process Biochem. 45: 752-756, 2010.
- [25] D. S. Thomas, W. A. Atwell, Starch Structure. In: Starches. Critical guides for the food industry. (Series Ed.), Eagan Press Handbook series. St. Paul, Minnesota, USA. pp. 1,2; 25-30, 1999.

- [26] W. Maniga, Caractérisation physique des fruits et paramètres biochimiques, physico-fonctionnels des farines et amidons de neuf (9) cultivars locaux de banane plantain (*Musa spp.*) de Côte d'Ivoire. Biochimie et technologie des aliments, Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 185p, 2015.
- [27] Unifesp, Universidade Estadual De São Paulo. Tabela de Composição de Alimentos. Available online: <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=2597>, 2008.
- [28] Aboubakar, Optimisation des paramètres de production et de conservation de la farine detaro (*Colocasia esculenta*). Thèse ENSAI/Université de Ngaoundéré, 211p, 2009.
- [29] E. Solomo, P. Van Damme, C. Termote, W.B. Tchatchambe, P.T. Mpiana, J. C. Ngabu, B. Meulenaer, D. Dhed'a, Nutritional and toxic substances from fruits of three wild food plants consumed in the province of Tshopo (D.R Congo). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 14 (1): 56–64, 2016.
- [30] E. L. Koffi, Influence du stade de murissement sur les compositions biochimique, nutritionnelle, phytochimique et les activités antioxydantes des composantes de la papaye (*Cacarica papaye* L. Var Solo 8) de Côte d'Ivoire. Biochimie et technologie des aliments, Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 157p, 2022.
- [31] N.Y. Konan, Evaluation de la production et caractérisations biochimique et sensorielle de la sève d'inflorescences de quatre cultivars du cocotier (*Cocos nucifera* L) en Côte d'Ivoire. Thèse unique de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 154p, 2015.
- [32] Nepa, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentos, Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2nd Edn), Fórmula Editora, Campinas, 113 pp, 2006.
- [33] S.A. El Sohaimy, G.M. Hamad, S.E. Mohamed, M.H. Amar et R.R. Al-Hindii, Biochemical and functional properties of moringa oléifera leaves and their potential as a functional food. *Glo. Adv. Res. J. Agric. Sci.*, 4 (4): 188-199., 2015.
- [34] OMS/FAO, Vitamin and mineral requirements in human nutrition, 2<sup>nd</sup> ed. Geneve Organisation mondiale de la santé, 2004.
- [35] D.B. Mc Cormick, Two interconnected B vitamins: riboflavin and pyridoxine physiological reviews, 69: 1170-1198, 1989.
- [36] N. Naziroglu & P.J. Butterworth, Effet protecteurs d'un exercice modéré avec des vitamines C et E alimentaires sur le mécanisme de défense antioxydante du sang chez des rats atteints de diabète induit par la streptozotocine. *Journal Appl Physiol*. 2005 avril; 30 (2): 172-185, 2005.
- [37] P.S. Shajeela, V.R. Mohan, L.L. Jesudas, P.T. Soris, Nutritional and antinutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.), *Tropic Subtropic Agroecosyst* 14: 723-730, 2011.
- [38] S. Krief, Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse, Sciences du Vivant [q-bio]. Museum national d'histoire naturelle-MNHNPARI, Français: 348p, 2003.
- [39] C. Navarra, Le calcium à travers l'alimentation conseils à l'officine. U.F.R. Des Sciences Pharmaceutiques, Université de Bordeaux: 177p, 2017.

**Publication 4** :Traore Fakana Drissa , Diomande Masse and Gbogbo Moussa (2023) . Effects of sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour enriched with moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder on erythrocyte and leukocyte haematological parameters and liver and kidney histology of albino rats (*Rattus norvegicus*) in the Haut-Sassandra region Côte d'Ivoire. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2023, 22(02), 099–110. Article  
DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.22.2.0070>



(RESEARCH ARTICLE)



## Effects of sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour enriched with moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder on erythrocyte and leukocyte haematological parameters and liver and kidney histology of albino rats (*Rattus norvegicus*) in the Haut-Sassandra region Côte d'Ivoire

Traore Fakana Drissa \*, Diomande Masse and Gbogbo Moussa

Agrovalorisation Laboratory, Department of Biochemistry and Microbiology, UFR Agroforestry, University of Jean Lorougnon Guede, Côte d'Ivoire.

GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2023, 22(02), 099-110

Publication history: Received on 01 January 2023; revised on 13 February 2023; accepted on 15 February 2023

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.22.2.0070>

### Abstract

Diabetes is a pandemic with expensive treatments. It would be interesting to use locally available and inexpensive plants. Sweet potato tubers and moringa leaves are among them. The aim is to evaluate the impact of sweet potato flour enriched with moringa leaf powder on the haematological and histological parameters of albino rats. Four formulations based on sweet potato flour enriched with 5%, 10%, 15% and 20% moringa leaf powder, respectively BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20. A dose of 300 mg/kg bw of each of these formulations was administered daily by gavage to rats versus controls given distilled water for 28 days. Haematological parameters were determined using the automated system and the impact assessed from histological sections. A non-significant increase in haemoglobin, red blood cell count, haematocrit, GMV and blood platelet count was observed in all treated lots. In addition, a non-significant decrease in MCHF and MCHR was observed. The hepatic and renal cells of the rats remained intact with the absence of hyperchromatosis in all batches except the control and BBPM5. At the end of this work, haematological parameters, liver and kidney tissues were not affected. The BBPM15 formulation appears to be the most effective and should be recommended to diabetics.

**Keywords:** Sweet potato; Moringa; Enriched flour; Haematological and histological parameters; Albino rat

### 1. Introduction

Diabetes is a metabolic disease that has become a public health problem [1]. It is estimated that 5% of the world's population suffered from diabetes in 2014 and more than 41 million diabetics are expected in 2035 [1]. According to the WHO, 5.6% of men and 4.4% of women in the Ivorian population suffer from diabetes [2]. Treatment of diabetes has long been restricted to dietary changes, insulin injections and oral antidiabetic drugs [3]. The excessive cost of these anti-diabetic agents and the inadequate medical infrastructure, coupled with the lack of health care personnel in Africa, are leading people to turn to traditional medicine. Medicinal plants constitute a medical potential that is accessible, available and at low cost [4]. These plants constitute an inexhaustible resource that provides the majority of active ingredients in pharmaceutical products. However, many of the medicinal plants used have no scientific data on their efficacy and safety [5]. Indeed, for a rational use of these plants, work must be done to determine the possible harmful effects induced by their use and which could lead to other complications in the treatment of pathologies [6]. It is in this perspective that we undertook to study the effects of *Ipomea batatas* (convolvulaceae) flour enriched with *Moringa oleifera* (moringaceae) powder, two plants from the Ivorian pharmacopoeia, used in the treatment of diabetes.

\* Corresponding author: Traore Fakana Drissa

The objective of this work was to evaluate the effect of enriched flour on haematological parameters and its impact on the liver and kidney histology of albino rats in the Haut-Sassandra region (Côte d'Ivoire). More specifically, the effect of the formulations on erythrocyte and leukocyte parameters and then on liver and kidney tissues will be evaluated.

---

## 2. Material and methods

### 2.1. Animal Feeding

The experiment was conducted according to the protocol described in OECD Guideline 407 [7]. The animals were grouped into homogeneous groups according to their weight. Five (5) batches of five (5) rats were formed. Each batch consisted of male animals of approximately equal weight. The animals were tail-marked per batch and within each batch to identify them during the experiment.

Each group was placed in a plastic cage and maintained under standard laboratory conditions (temperature  $25 \pm 2^\circ \text{C}$ ) with a dark and light cycle (12h / 24h). Batch 1 represented the control rats which received distilled water by gavage (1ml/day). Batches 2, 3, 4 and 5 received BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 at 300 mg/kg bw of sweet potato flour solution supplemented with moringa leaf powder at 5%; 10%; 15%; 20% respectively by gavage. The volume administered was 1ml per day each morning for the duration of the treatment which is 28 days. Before the start of the actual experiment, one week was devoted to acclimatize the animals to this condition. During the experimental days, each group of rats was fed with water and standard food (kibble, IVOGRAIN) measured before and after each new administration. At the end of the experiment, the animals were sacrificed after fasting for 15 hours and blood samples were taken.

### 2.2. Blood sample collected

Two (2) blood samples were taken throughout the experiment. The first sample was taken prior to feeding the rats on day zero (0) to obtain initial values. Rats were sedated with ether and blood samples were collected through the tail into EDTA tubes from an incision in the tail tip. The second whole blood sample from each rat was collected on day 28 in the same EDTA tubes for blood count after sacrificing the rats by decapitation at the end of the experiment (28 days).

### 2.3. Determination of haematological parameters of wistar rats (Blood Count).

The blood count was performed immediately on EDTA tubes by the URIT-2900® automatic analyser.

#### 2.3.1. Principle of the controller

The cell counting principle of the URIT-2900 is based on impedance variation. Thus, when 10  $\mu\text{L}$  of whole blood is aspirated, the cells pass through a calibrated orifice. A direct current field is applied across the orifice. As the cell does not have the same conductivity as the surrounding medium, its passage through the orifice causes a change in the current between the two electrodes. This difference in current is recorded, which allows the cell to be counted each time it passes. Moreover, the current difference is proportional to the volume of the particle, which is measured at the same time as the count. The volume is therefore a criterion for differentiating blood cell populations, since platelets and red blood cells on the one hand and leukocytes on the other have distinct volumes most of the time.

In the white blood cell chamber, the sample remains for 10 seconds and then the size and number of leukocytes are determined by impedance measurement. In the red cell chamber, the size and number of erythrocytes and thrombocytes are also determined by the same method. From the measured values, the other parameters are calculated in the microprocessor of the machine. During the incubation time, the erythrocytes are dissolved under the influence of lysis and the haemoglobin is released and converted into methaemoglobin. A portion of the sample from this chamber is introduced into the haemoglobin flow cell. The haemoglobin concentration is measured spectrophotometrically.

#### 2.3.2. Procedure

Prior to counting, the blood samples are thoroughly homogenised by successive gentle inversion to avoid the formation of micro clots. Manually, the sample tubes are presented vertically to the needle of the machine and the suction button is pressed. The sample tube is then withdrawn vertically after the aspiration needle is removed from the sample. The machine performs a complete analysis of the haematological parameters of a sample in 1 minute 35 seconds. The URIT-2900 is connected to a graphical printer that transcribes the results onto paper.

#### 2.4. Making and observing histological sections of liver and kidney of wistar rats.

At the end of the experiments, the liver, kidney and heart were weighed and examined macroscopically. The shapes, sizes and colours of these internal organs were observed visually for signs of macroscopic damage. The organs (liver and kidneys) were then fixed in 10% formaldehyde to make histological sections. The method used to make the longitudinal sections was the paraffin embedding technique described by [8]. This technique was performed in three steps. The first step consisted of impregnating the organ parts contained in cassettes in a paraffin tray (Axel Johnson Labssystem, Sweden). The second step was to make thin sections on the paraffin blocks containing the organs using a Shandon AS 325 rotary microtome (Marshall Scientific, USA). The final step was to observe the histological sections of the liver and kidneys with a Photonic Microscope after staining with haematoxylin-eosin.

#### 2.5. Determination of the rates of change.

The rate of change is calculated according to the following formula:  $\text{rate of change} = (\text{final value} - \text{initial value} \times 100) / (\text{initial value})$

#### 2.6. Statistical analysis

All measurements were performed in triplicate and the means of the data were analysed statistically using XLSTAT 2014.5.03 One-way analysis of variance (ANOVA) was performed to compare the means. Differences were considered significant for values of  $p \leq 0.05$ . To separate the different sample means, multiple comparison tests (Tukey HSD) were performed.

### 3. Results

#### 3.1. Influence of formulations on erythrocyte parameters

In terms of red blood cells (RBC), haemoglobin (HGB), mean corpuscular volume (MCV) and haematocrit (HCT), the results showed no significant difference ( $p > 0.05$ ) between the rats fed the formulations and the rats of the control batch, both at the beginning and at the end of the trial. However, the results showed a non-significant ( $p > 0.05$ ) decrease in mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC), mean corpuscular haemoglobin content (MCHC) and platelet count (PLT) as a function of time (Table 1).

The mean values of the red blood cell count before administration of the formulations ranged from  $5.52 \pm 0.69 \times 10^6/\mu\text{L}$  to  $5.91 \pm 0.68 \times 10^6/\mu\text{L}$  in all batches. Red blood cell counts at D28 ranged from  $5.75 \pm 0.14 \times 10^6/\mu\text{L}$  to  $6.12 \pm 0.62 \times 10^6/\mu\text{L}$  for rats fed the different formulations and  $5.49 \pm 0.86 \times 10^6/\mu\text{L}$  for the control lot. The rate of decrease of red blood cells is 0.54% for the control and 1.01% for BBPM15 while there is an increase in red blood cell count in rats of BBPM5, BBPM10 and BBPM20 with respective rates of 1.06%; 14.80% and 0.34% (Table 1 and 4). (Table 1 and 4).

At baseline, mean haemoglobin values ranged from  $12.40 \pm 1.06 \text{ g/dL}$  to  $12.88 \pm 0.73 \text{ g/dL}$  in all batches of animals fed the formulations. Haemoglobin ranged at D28 from  $12.08 \pm 0.27$  to  $12.68 \pm 0.90$  for rats fed the different formulations and was  $12.46 \pm 0.96$  for the control lot. The rates of decrease in hemoglobin were 2.30% and 0.55% respectively for the rats of the BBPM10 batches while there is an increase in hemoglobin in the rats of the control, BBPM5 and BBPM20 batches with respective rates of 0.48%; 1.76% and 7.70% (Table 1 and 4).

These results revealed that the mean haematocrit levels of the different batches of animals at the initial time ranged from  $31.70 \pm 0.7$  to  $32.50 \pm 1.36\%$ . There was no significant difference between the haematocrit level of the control animals ( $30.94 \pm 2.89$ ) and the animals of the other batches. The haematocrit level varied at D28 from  $31.42 \pm 0.53\%$  to  $32.74 \pm 1.73\%$  for the rats fed the different formulations and was  $32.68 \pm 1.65\%$  for the control batch. The rates of decrease in haematocrit were 1.23% and 0.88% respectively for the BBPM15 and BBPM20 rats while there is an increase in haematocrit levels in the control, BBPM5 and BBPM10 rats with respective rates of 5.60%; 0.70% and 0.98% (Table 1 and 4).

The GMV values before the start of the treatments ranged from  $53.92 \pm 8.58 \text{ fL}$  to  $63.26 \pm 6.61 \text{ fL}$  in all batches of rats present. There was no significant difference between the different batches of rats and the control rats ( $59.46 \pm 9.75 \text{ fL}$ ). The GMV level varied at D28 from  $57.48 \pm 1.91 \text{ fL}$  to  $59.34 \pm 1.42 \text{ fL}$  for the rats fed the different formulations and was  $60.6 \pm 3.92 \text{ fL}$  for the control lot. The rate of decrease in GMVs was 6.3% for the BBPM20 rats while there was an increase in GMVs in the control, BBPM5, BBPM10 and BBPM20 rats with respective rates of 1.91%; 4.51%; 0.52% and 10.05% (Table 1 and 4).

The values of MCHC before the treatments ranged from  $75.46 \pm 7.70$  g/dL to  $152.00 \pm 9.87$  g/dL in all batches of animals. At the initial time, the MCHF values of the different batches were not significant compared to the control batch ( $49.56 \pm 6.13$  g/dL). The MCHF level varied at D28 from  $34.7 \pm 2.94$  g/dL to  $64.62 \pm 9.81$  g/dL for the rats fed the different formulations and was  $37.62 \pm 6.74$  g/dL for the control batch. The MCHF levels decreased for rats in the control, BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 batches by 24.09%; 14.30%; 70.60%; 0.70% and 76.85% respectively (Table 1 and 4).

The MCHT values before the formulations ranged from  $36.76 \pm 4.76$  pg to  $102.12 \pm 8.66$  pg in all batches of rats. At the initial time the MCHT values of the different batches were not significant compared to the control batch ( $25.66 \pm 6.61$  pg). The MCHT levels varied at D28 from  $20.24 \pm 0.50$  pg to  $36.10 \pm 3.14$  pg for the rats fed the different formulations and were  $22.64 \pm 2.87$  pg for the control lot. The MCHT levels decreased for rats in the control, BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 batches by 11.76%; 11.90%; 71.60%; 44.10% and 79.59% respectively (Table 1 and 4).

### 3.2. Influence of the formulations on the blood platelet content

The blood platelet concentrations of the different batches ranged from  $266.57 \pm 57.87$  103/ $\mu$ L to  $320.6 \pm 94.91$  103/ $\mu$ L at baseline and were not significant compared to the control batch ( $331.8 \pm 12.59$  103/ $\mu$ L). Blood platelet concentrations ranged at D28 from  $414.4 \pm 32.09$  103/ $\mu$ L to  $587.8 \pm 32.13$  103/ $\mu$ L for rats fed the different formulations and that of the control lot was  $520.6 \pm 98.28$  103/ $\mu$ L. The platelet levels increased for the control, BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 rats by 56.90%; 75.07%; 111.71%; 83.09% and 65.87% respectively (Table 2 and 4).

### 3.3. Influence of formulations on WBC parameters

These results revealed that the white blood cell counts of the fasting and pre-treatment rats varied between  $5.9 \pm 0.89$  and  $9.58 \pm 3.11$  103/ $\mu$ L. At baseline, the mean WBC counts of the different batches were not significant ( $p > 0.05$ ) compared to the control batch ( $5.98 \pm 1.22$  103/ $\mu$ L). The white blood cell count ranged at D28 from  $6.76 \pm 1.22$  103/ $\mu$ L to  $10.32 \pm 4.84$  103/ $\mu$ L for the rats fed the different formulations and was  $8.26 \pm 3.60$  103/ $\mu$ L for the control lot. The rate of decrease in white blood cells is 6.11% and 28.60 respectively for the control and BBPM15 rats while there is an increase in white blood cell levels in the control, BBPM10 and BBPM20 rats with respective rates of 38.10%; 0.87% and 74.91% (Table 3 and 4).

The results revealed that the lymphocyte count of the rats, prior to any treatment, ranged from  $4.14 \pm 0.72$  103/ $\mu$ L to  $7.08 \pm 1.34$  103/ $\mu$ L, which was not significantly different ( $p > 0.05$ ) from the control lot ( $3.78 \pm 1.77$  103/ $\mu$ L). The lymphocyte count of the rats ranged at D28 from  $5.08 \pm 1.78$  103/ $\mu$ L to  $8.06 \pm 1.67$  103/ $\mu$ L for the rats fed the different formulations and was  $6.04 \pm 3.58$  103/ $\mu$ L for the control lot. Lymphocyte levels decreased by 28.24% for the BBPM15 rats and increased for the BBPM5, BBPM10 and BBPM20 rats by 59.78%, 1.00%, 20.60% and 80.19% respectively (Table 3 and 4).

Initially the values of the monocyte count of the different batches of rats ranged from  $0.56 \pm 0.18$  103/ $\mu$ L to  $0.92 \pm 0.54$  103/ $\mu$ L. These values of the mean monocyte count of the different batches of rats were non-significant (at  $p > 0.05$ ) compared to the control batch ( $0.64 \pm 0.24$  103/ $\mu$ L). The monocyte count of the different batches of rats varied at D28 from  $0.58 \pm 0.18$  103/ $\mu$ L to  $0.70 \pm 0.25$  103/ $\mu$ L for the rats fed the different formulations and was  $0.6 \pm 0.28$  103/ $\mu$ L for the control batch. The monocyte count increased by 14.28% for the BBPM20 rats and decreased for the control; BBPM5; BBPM10 and BBPM15 rats by 6.25%; 14.28% and 20.45% and 36.90% respectively (Table 3 and 4).

The results revealed that the neutrophil count of the rats, before any treatment, ranged from  $0.44 \pm 0.11$  103/ $\mu$ L to  $0.62 \pm 0.23$  103/ $\mu$ L. The neutrophil count was non-significant ( $p > 0.05$ ) compared to the control lot ( $0.46 \pm 0.18$  103/ $\mu$ L). The neutrophil count of the rats ranged at D28 from  $0.34 \pm 0.13$  103/ $\mu$ L to  $0.48 \pm 0.36$  103/ $\mu$ L for the rats fed the different formulations and was  $0.6 \pm 0.19$  103/ $\mu$ L for the control lot. The neutrophil count increased by 30.43% for the control rats and decreased for the BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 rats by 7.69%, 32.25%, 34.61% and 9.09% respectively (Table 3 and 4).

### 3.4. Tissue impact of enriched meals on the liver in rats

Figures 1a, 1b, 1c, 1d and 1e show the effect of enriched flours on rat liver tissue. In the control (Figure 1a) and treated batches (1b, 1c, 1d and 1e), the liver tissues are normal, with hepatocytes clearly visible. The liver cells of all rat batches retained their cellular integrity (intact cell membrane, visible nucleus, no cellular damage) in both the enriched meal-fed rats and the controls that received distilled water. No steatosis was observed by the accumulation of triglycerides in the hepatocytes. However, the control and BBPM5 batch had altered nuclei by condensation of nuclear content (Figure 1).

**Table 1** Erythrocyte parameters of rats by batch

Constituents	batches of rats	Control	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
Red blood cells ( $10^6/\mu\text{l}$ )	D0	5.52±0.69a	5.63±0.43a	5.33±0.31a	5.91±0.68a	5.73±0.63a
	D28	5.49±0.86a	5.69±0.37a	6.12±0.62a	5.85±0.84a	5.75±0.14a
Haemoglobin (g/dL)	D0	12.4±1.06a	12.82±0.78a	12.88±0.73a	12.72±0.83a	12.46±0.49a
	D28	12.46±0.96a	12.68±0.90a	12.58±0.58a	12.65±1.09a	12.08±0.27a
Haematocrit (%)	D0	30.94±2.89a	32.5±1.36a	32.36±1.05a	32.3±0.86a	31.7±0.70a
	D28	32.68±1.65a	32.74±1.73a	32.68±1.24a	31.9±1.23a	31.42±0.53a
Mean corpuscular volume (fL)	D0	59.46±9.75a	55.8±5.97a	57.18±2.50a	53.92±8.58a	63.26±6.61a
	D28	60.6±3.92a	58.32±3.92a	57.48±1.91a	59.34±1.42a	59.26±2.28a
Mean corpuscular haemoglobin concentration (g/dL)	D0	49.56±6.13a	75.46±7.70a	120.42±3.16a	80.5±7.90a	152±9.87a
	D28	37.62±6.74b	64.62±9.81b	35.3±1.92b	34.7±2.94b	35.18±1.88b
Mean corpuscular haemoglobin tenor (pg)	D0	25.66±6.61a	40.98±29.51a	70.28±75.40a	36.76±4.76a	102.12±8.66a
	D28	22.64±2.87b	36.1±3.14b	20.24±0.50b	20.52±1.27b	20.84±0.82b

a and b: mean followed by different letters within the same line are significantly different ( $p < 0.05$ ); BBPM5= 95% sweet potato flour and 5% moringa leaf powder; BBPM10= 90% sweet potato flour and 10% moringa leaf powder; BBPM15= 85% sweet potato flour and 15% moringa leaf powder; BBPM20= 80% sweet potato flour and 20% moringa leaf powder; D0 = first day of the experiment D28= 28th day of the experiment

**Table 2** Blood platelet parameters of rats by batch

Constituents	blood platelet ( $10^3/\mu\text{l}$ )	
	D0	D28
batches of rats		
Control	331.8±72.59a	520.6±98.28b
BBPM5	266.57±57.87a	466.7±51.18b
BBPM10	277.64±78.00a	587.8±32.13b
BBPM15	320.6±94.91a	587±24.39b
BBPM20	273.94±62.59a	414.4±32.09b

a and b: mean followed by different letters within the same line are significantly different ( $p < 0.05$ ); BBPM5= 95% sweet potato flour and 5% moringa leaf powder; BBPM10= 90% sweet potato flour and 10% moringa leaf powder; BBPM15= 85% sweet potato flour and 15% moringa leaf powder; BBPM20= 80% sweet potato flour and 20% moringa leaf powder; D0 = first day of the experiment D28= 28th day of the experiment

**Table 3** Leukocyte parameters of rats by batch

Constituents	batches of rats	Control	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
White blood cells ( $10^3/\mu\text{l}$ )	D0	5.98±1.22a	8.18±2.73a	9.1±4.15a	9.58±3.11a	5.9±0.89a
	D28	8.26±3.60a	7.68±2.97a	9.18±2.07a	6.76±1.22a	10.32±4.84a
Neutrophils ( $10^3/\mu\text{l}$ )	D0	0.46±0.18a	0.52±0.42a	0.62±0.23a	0.52±0.18a	0.44±0.11a
	D28	0.6±0.19a	0.48±0.28a	0.42±0.67a	0.34±0.13a	0.48±0.36a
Lymphocytes ( $10^3/\mu\text{l}$ )	D0	3.78±1.77a	6±0.26a	6.68±1.64a	7.08±1.34a	4.14±0.72a
	D28	6.04±3.58a	6.06±1.22a	8.06±1.67a	5.08±1.78a	7.46±1.83a
Monocytes ( $10^3/\mu\text{l}$ )	D0	0.64±0.24a	0.7±0.24a	0.88±0.59a	0.92±0.54a	0.56±0.18a
	D28	0.6±0.28a	0.6±0.19a	0.7±0.25a	0.58±0.18a	0.64±0.46a

a and b: mean followed by different letters within the same line are significantly different ( $p < 0.05$ ); BBPM5= 95% sweet potato flour and 5% moringa leaf powder; BBPM10= 90% sweet potato flour and 10% moringa leaf powder; BBPM15= 85% sweet potato flour and 15% moringa leaf powder; BBPM20= 80% sweet potato flour and 20% moringa leaf powder; D0 = first day of the experiment D28= 28th day of the experiment

**Table 4** Rate of change of hematological parameters

Rate of change (%)	Constituents	Control	BBPM5	BBPM10	BBPM15	BBPM20
	Red blood cells	-0.54	1.06	14.80	-1.01	0.34
	Haemoglobin	0.48	1.76	-2.30	-0.55	7.70
	Haematocrit	5.60	0.70	0.98	-1.23	-0.88
	Mean corpuscular volume	1.91	4.51	0.52	10.05	-6.30
	Mean corpuscular haemoglobin concentration	-24.09	-14.30	-70.60	-0.70	-76.85
	Mean corpuscular haemoglobin tenor	-11.76	-11.90	-71.20	-44.10	-79.59
	blood platelet	56.90	75.07	111.71	83.09	65.87
	White blood cells	38.10	-6.11	0.87	-28.60	74.91
	Lymphocytes	59.78	1.00	20.60	-28.24	80.19
	Monocytes	-6.25	-14.28	-20.45	-36.90	14.28
	Neutrophils	30.43	-7.69	-32.25	-34.61	-9.09

### 3.5. Tissue impact of enriched flours on the kidney in rats

Figures 2a, 2b, 2c, 2d and 2e show the effect of enriched flours on kidney tissue in rats. In the control (Figure 2a) and treated batches (Figure 2b, 2c, 2d and 2e), the kidneys show a normal appearance, with glomeruli and tubules clearly visible. The glomeruli and tubules are well vascularised and delineated with an absence of anomalies in all batches of rats both in the enriched meal fed rats and in the controls that received distilled water (Figure 2).

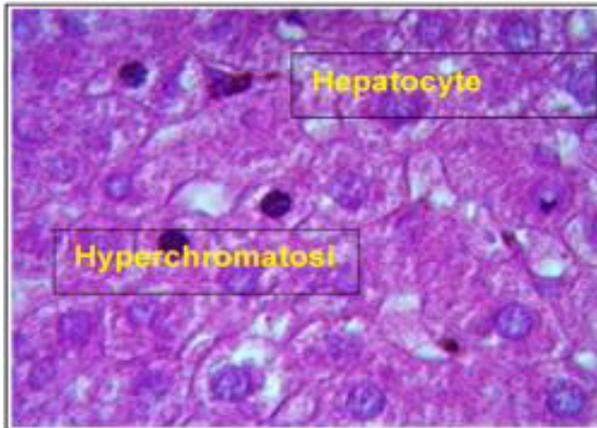


Figure 1a Control liver (GX400)

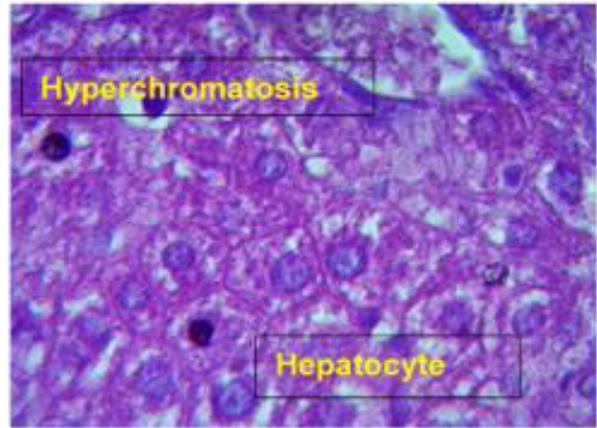


Figure 1b BBPM5 (GX400) liver

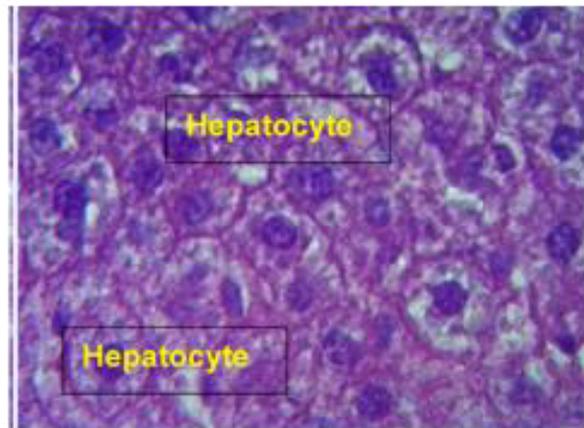


Figure 1c BBPM10 (GX400) liver

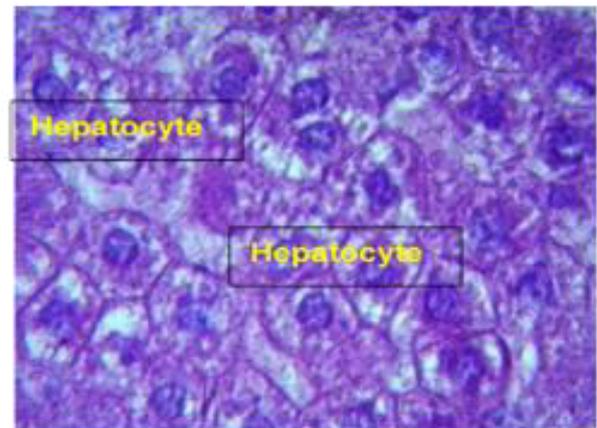


Figure 1d BBPM15 liver (GX400)

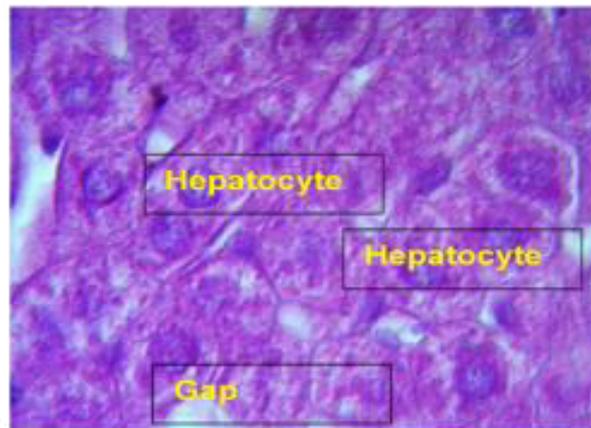
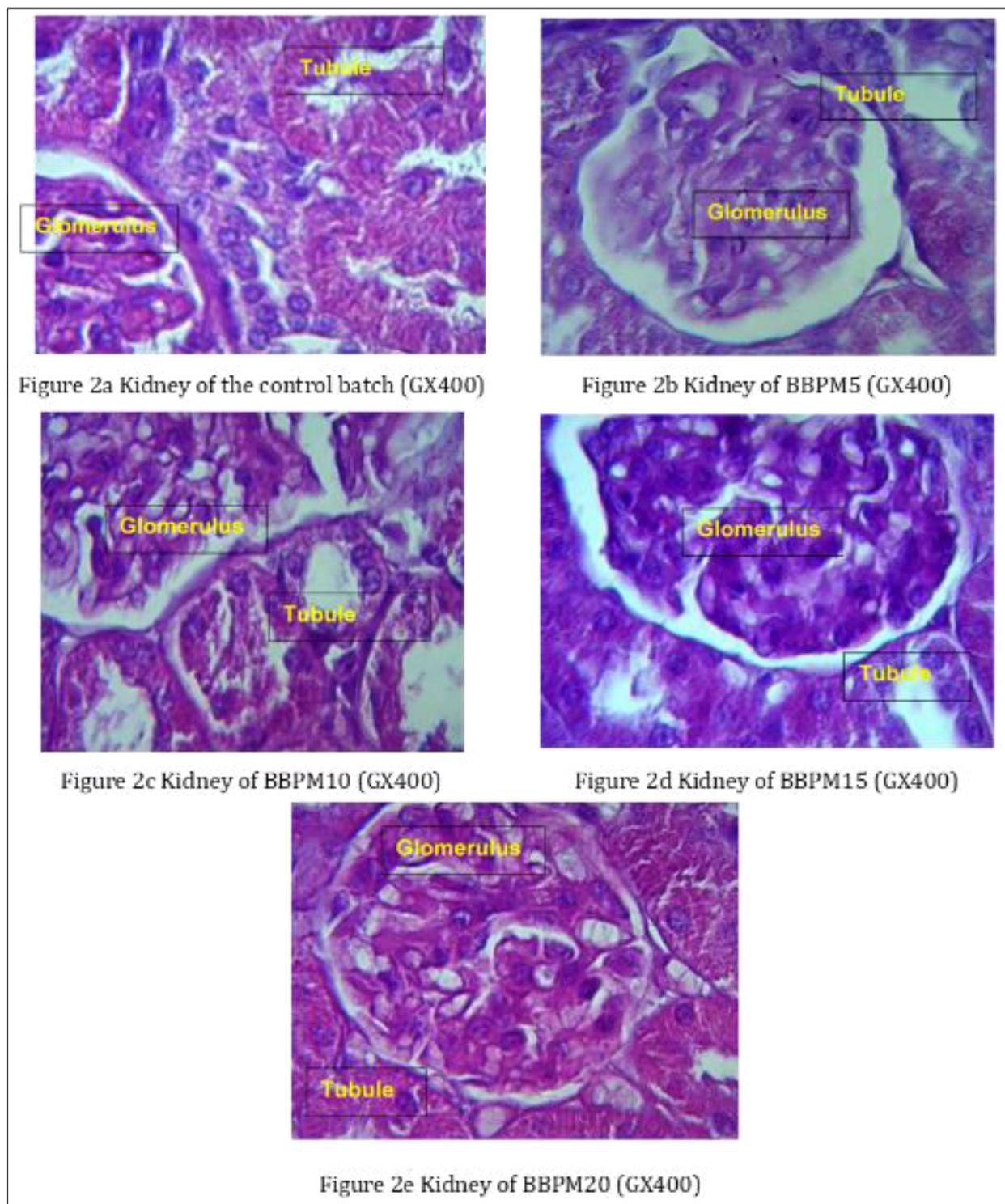


Figure 1e BBPM20 liver (GX400)

**Figure 1** Histological sections of rat liver from the experiment



**Figure 2** Histological sections of experimental rat kidney

## 4. Discussion

### 4.1. Influence of the formulations on erythrocyte parameters

The mean values of the red blood cell count before administration of the formulations ranged from  $5.52 \pm 0.69$   $10^6/\mu\text{L}$  to  $5.91 \pm 0.68$   $10^6/\mu\text{L}$ . These values were in the same range as the red blood cell count at D28, which ranged from  $5.75 \pm 0.14$   $10^6/\mu\text{L}$  to  $6.12 \pm 0.62$   $10^6/\mu\text{L}$  for the rats fed the different formulations. The red blood cell count in this study was lower than that ( $7.07 \pm 0.79$   $10^6/\mu\text{L}$ ) in Bedou [9] using EABt extracts in rats. However, the control

( $6.19 \pm 0.19106/\mu\text{L}$ ) in the Bedou 2019 study is higher than that ( $5.49 \pm 0.86106/\mu\text{L}$ ) in the present study. The highest value ( $6.12 \pm 0.62106/\mu\text{L}$ ) of the present study was close to that of ( $6.6 \pm 0.5106/\mu\text{L}$ ) of Onsiyor *et al.* [10] using aqueous extract of *Ageratum conyzoides* (EAqAc) on rats.

The red blood cell levels ( $8.75 \pm 0.51106/\mu\text{L}$  for male rats and  $8.37 \pm 0.17106/\mu\text{L}$  for female rats) of Diaby *et al.* [11] using distilled water are higher than the levels obtained in this study. The lack of variation in red blood cells in all batches of rats compared to control rats could mean that our extract would not affect the red blood cells of treated rats.

The mean haemoglobin values ranged from  $12.40 \pm 1.06$  g/dL to  $12.88 \pm 0.73$  g/dL in all batches at the beginning of the trial. These values are higher than the haemoglobin values at D28, which ranged from  $12.08 \pm 0.27$  g/dL to  $12.68 \pm 0.90$  g/dL after the rats were fed for 28 days. The hemoglobin levels are similar to the level ( $12.77 \pm 1.54$  g/dL) in the study by Bedou [9] using EABt extracts in rats. These values are lower than the value ( $14.1 \pm 0.4$  g/dL) of the study of Onsiyor *et al.* [10] using aqueous extract of *Ageratum conyzoides* (EAqAc) and also lower than the haemoglobin level ( $14 \pm 2$  g/dL for both male and female rats) of Diaby *et al.* [11] receiving 4mg/kg of cadmium. The control level ( $12.46 \pm 0.96$ ) in the present study is higher than the control level ( $11.17 \pm 0.61$  g/dL) in the study by Bedou [9]. The lowest value ( $12.08 \pm 0.27$  g/dL) in the present study is close to the value ( $12 \pm 0.9$  g/dL) obtained in the study by d'Onsiyor *et al.* [10]. These results show that the mean haematocrit levels of the different batches of animals at the initial time ranged from  $31.70 \pm 0.7$  to  $32.50 \pm 1.36\%$ . These values are lower than the haematocrit levels at D28, which ranged from  $31.42 \pm 0.53\%$  to  $32.74 \pm 1.73\%$  for the rats fed the different formulations. These haematocrit levels are lower than the haematocrit level ( $38 \pm 0.6\%$ ) in the study by Onsiyor *et al.* [10]. On the effect of aqueous extracts of *Ageratum conyzoides* on rats. On the other hand the normal control rate ( $32.68 \pm 1.65\%$ ) is similar and that of the control animals ( $33.27 \pm 3.27\%$ ) in the study of Bedou [9] on *Bauhinia Thonningii* fruit. The haematocrit levels ( $51 \pm 6\%$  for male rats and  $48 \pm 3\%$  for female rats) of Diaby *et al.* [11] receiving 4mg/kg of cadmium are higher than the level obtained in this study. The decrease in the number of red blood cells, haemoglobin and haematocrit levels is also due to excessive disruptions taking place in the metabolisms and haematopoiesis [12]; [13]. This is not the case in this study.

The GMV values before the start of the treatments ranged from  $53.92 \pm 8.58$  fL to  $63.26 \pm 6.61$  fL in all batches of rats present. These values are lower than the GMVs at D28 which ranged from  $57.48 \pm 1.91$  fL to  $59.34 \pm 1.42$  fL for rats fed the different formulations. The values ( $57.48 \pm 1.91$  fL to  $59.34 \pm 1.42$  fL) in this study are similar to those ( $56.80 \pm 0.80$  fL) of Bedou [9] on *Bauhinia Thonningii* fruit. The GMV levels of normal control rats ( $60.6 \pm 3.92$  fL) in this study are similar to those ( $59.20 \pm 1.23$  fL) of Bedou [9] study on the activity of *Bauhinia Thonningii* fruit on rats. These results are higher than the rate ( $54 \pm 2.1$  fl) of Onsiyor *et al.* [10] who worked on the impact of aqueous extract of *Ageratum conyzoides* on rats. The GMV levels ( $60 \pm 1$  fl for male and  $62 \pm 2$  fl for female rats) of Diaby *et al.* [11] when given distilled water corroborate with the level obtained in this study. These values are higher than the GMV level ( $55 \pm 3$  fl for male and  $56 \pm 1$  fl for female rats) of Diaby *et al.* [11] given 20mg/kg. The reduction in red blood cell count associated with a decrease in GMV level would indicate microcytic anaemia and conversely an increase in GMV level would indicate macrocytic anaemia.

The pre-treatment MCHC values ranged from  $75.46 \pm 7.70$  g/dL to  $152.00 \pm 9.87$  g/dL in all batches of animals. These values were higher than the MHCCs at D28 which ranged from  $34.7 \pm 2.94$  g/dL to  $64.62 \pm 9.81$  g/dL for the rats fed the different formulations. These values are similar to the CCMH level ( $36.20 \pm 0.99$  g/dL) in the Bedou [9] study. The level of control rats ( $49.56 \pm 6.13$  g/dL) in this study is similar to the level of control rats ( $33.20 \pm 2.53$  g/dL) in the Bedou [9] study. The levels of HDAC ( $29 \pm 1$  g/dL for male rats and  $30 \pm 11$  g/dL for females) of Diaby *et al.* [11] who received distilled water is lower than the level obtained in this study. The reduction in red blood cell count associated with a decrease in MHCC would symbolise hypochromic anaemia [14, [15].

The MCHT values before administration of the formulations ranged from  $36.76 \pm 4.76$  pg to  $102.12 \pm 8.66$  pg and are higher than the MCHT levels at D28 which ranged from  $20.24 \pm 0.50$  pg to  $36.10 \pm 3.14$  pg for rats fed the different formulations. These values are higher than the MCHT level ( $18.17 \pm 0.17$  pg) in the Bedou [9] study. The MCHT level of the control ( $19.63 \pm 1.19$  pg) was lower than the control ( $22.64 \pm 2.87$  pg) in the Bedou [9] study. The MCHT levels ( $17 \pm 1$  pg, for male rats and  $19 \pm 1$  pg, for female rats) of Diaby *et al.* [11] who received distilled water corroborate with the level obtained in this study.

#### 4.2. Influence of the formulations on the blood platelet content.

The blood platelet concentrations of the different batches ranged from  $266.57 \pm 57.87$   $10^3/\mu\text{L}$  to  $331.8 \pm 12.59$   $10^3/\mu\text{L}$  at baseline and were lower than the blood platelet concentrations at D28, which ranged from  $414.4 \pm 32.09$   $10^3/\mu\text{L}$  to  $587.8 \pm 32.13$   $10^3/\mu\text{L}$  for the rats fed the different formulations. The platelet levels were lower than the Bedou 2019 platelet level ( $791.67 \pm 27.06$   $10^3/\mu\text{L}$ ). The platelet levels ( $1255 \pm 210$   $10^3/\mu\text{L}$  for male rats and  $876 \pm 80$   $10^3/\mu\text{L}$  for female

rats) of Diaby et al. [11] fed with distilled water are higher than the levels obtained in this study. The platelet levels of control rats ( $795.67 \pm 26.67 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) in the present study are higher than the platelet levels ( $520.6 \pm 98.28 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) obtained in the study by Bedou [9]. The platelet levels are lower than the level ( $918 \pm 4.7 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) of Onsiyior et al. [10] of the impact of aqueous extract of *Ageratum conyzoides* on rats.

#### 4.3. Influence of formulations on WBC parameters

These results revealed that the white blood cell counts of the rats prior to any treatment ranged from  $5.9 \pm 0.89$  to  $9.58 \pm 3.11 \times 10^3/\mu\text{L}$ . Blood WBC counts ranged at D28 from  $6.76 \pm 1.22 \times 10^3/\mu\text{L}$  to  $10.32 \pm 4.84 \times 10^3/\mu\text{L}$  for rats fed the different formulations. These values are higher than the values before the rats were fed the formulations. The value ( $8.26 \pm 3.60 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) of the control batch fell between the minimum and maximum values of the treated batches. The minimum value is lower than the value ( $9.8 \pm 0.8 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) of the normoglycaemic control [10]. The maximum value is close to the value ( $10 \pm 0.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) obtained by Onsiyior et al. [11] with the aqueous extract of *Ageratum conyzoides* (EAqAc). The white blood cell counts ( $7 \pm 1.3 \times 10^3/\mu\text{L}$  for male rats and  $6.29 \pm 0.81 \times 10^3/\mu\text{L}$  for female rats) of Diaby et al 2016 when given distilled water corroborated with the count obtained in this study.

The results revealed that the lymphocyte count of the rats, prior to any treatment, ranged from  $4.14 \pm 0.72$  to  $7.08 \pm 1.34\%$ . The lymphocyte count of the rats ranged at D28 from  $5.08 \pm 1.78\%$  to  $8.06 \pm 1.67\%$  for the rats fed the different formulations and was  $6.04 \pm 3.58\%$  for the control lot. These levels are lower than the lymphocyte count ( $70.88 \pm 0.65\%$  for normal rats) of Bedou [9] before alloxane injection on rats.

Initially the monocyte count values of the different batches of rats ranged from  $0.56 \pm 0.18\%$  to  $0.92 \pm 0.54\%$ . These values of the mean monocyte count of the different batches of rats are non-significant (at  $p > 0.05$ ) compared to the control batch ( $0.64 \pm 0.24\%$ ). The monocyte count of the different batches of rats varied at D28 from  $0.58 \pm 0.18\%$  to  $0.70 \pm 0.25\%$  for the rats fed the different formulations and was  $0.6 \pm 0.28\%$  for the control batch. These levels are lower than the monocyte level ( $3.57 \pm 0.49\%$  for normal rats) of Bedou [9] before alloxane injection.

The neutrophil count of the rats varied at D28 from  $0.34 \pm 0.13\%$  to  $0.48 \pm 0.36\%$  for the rats fed the different formulations and was  $0.6 \pm 0.19\%$  for the control lot. This rate is not significant ( $p > 0.05$ ) compared to the control lot ( $0.46 \pm 0.18\%$ ). These rates are lower than the neutrophyl rate ( $19.93 \pm 0.28\%$  for normal rats) of Bedou [9] before alloxane injection. The haematopoietic system and blood cells are among the most sensitive targets of toxic compounds [16]. According to Olson et al. [17], data obtained from studies on the haematopoietic system in animals are predictive of human toxicity.

#### 4.4. Impact of enriched meals on the liver of rats

The histopathological results obtained showed that enriched flours do not affect the structural architecture of rat liver tissue. The results of this study are consistent with the results of the study in which chronic treatment of healthy animals with total aqueous extracts of *Naudea lalifolia* and *Combretum glulosum* would not result in histopathological changes in the livers. According to the experimental protocol for the investigation of side effects by long-term treatments as advocated by Guillouzo et al. [18]. These results are different from other studies prior to the present study. Namely, histological examination in cadmium-exposed rats revealed cellular disorganization, cyto-nuclear atypia and necrosis in liver and kidney tissues reported by Berroukche et al. [19] on the evaluation of the effect of cadmium sulfate in the presence of zinc in Wistar rats. However, the triglyceride granulations (steatosis) observed in some rats of all batches could be due to the granules distributed to the rats during the experimental period. According to Novikoff [20], Hinton And Lauren [21], the lipid accumulation is due to an inhibition of the synthesis of apoproteins (deficient endoplasmic reticulum) involved in the transfer of lipids from the hepatocyte to the extracellular compartment and/or a deficiency in the transport of golgitic condensation vacuoles by microtubules. In addition, given the reduction in the number of mitochondria, a decrease in fatty acid catabolism (oxidation) may be involved. Furthermore, Martin and Feldmann [22] observed sections of rat livers treated with *Naudea lalifolia* extracts. These sections showed mitosis patterns and numerous hepatocytes with reactive hypertrophic nuclei, abundant and regularly cross-linked chromatin and a clearly visible membrane. Treatments of this type could therefore induce some increase in hepatocyte activity. Also, similar studies on animals treated with *Tinospora bakis* extracts have shown discrete microvacuolar steatosis lesions mostly located in the centrilobular regions. This would be a sign of fatty degeneration that could be induced by high doses of extracts of this plant as reported by Fortin et al. [23].

#### 4.5. Impact of enriched meals on rat kidneys

The histopathological results obtained showed that enriched flours do not affect the structural architecture of the rat kidneys. The results of the present study are contrary to those of the study on the effect of lead acetate and cadmium

chloride toxicity on kidney and liver tissue in guinea pigs. Randa *et al.* [24] showed in this study that metals mainly damage the kidney and liver. Furthermore, the renal histopathology study by Kaplan *et al.* [25] not only confirmed but also showed that cadmium affects the proximal tubules and is transported by the blood to be deposited in the organs producing biochemical, histological or morphological effects that result in specific organ alterations [26].

---

## 5. Conclusion

In the present work, the effects of sweet potato flour enriched with Moringa powder on blood cells were evaluated through haematological, liver and kidney tissue analyses.

These analyses showed a non-significant increase in haemoglobin, red blood cell count, haematocrit and HSCC in all animals treated at 300 mg/kg body weight compared to the control animals. Furthermore, the results showed that there was a non-significant decrease in GMV, MCHR and platelet count at the same dose.

These formulations do not have a negative effect on the haematological and histological parameters of the liver and kidneys of treated rats. These sweet potato flours enriched with moringa powder can therefore be used without prejudice to help diabetics to treat themselves.

---

## Compliance with ethical standards

### *Acknowledgments*

We would like to thank all the team of the animal house of the biology and health laboratory of the University Jean Lorougnon Guede for providing us with rats for the experiments.

### *Disclosure of conflict of interest*

The authors declare that they have no conflict of interest.

### *Statement of ethical approval*

The experimental protocol and animal handling procedures were conducted according to good laboratory practice .

---

## References

- [1] IDF, IDF Diabetes Atlas. 6th edition, 2014.
- [2] W.H.O, World Health Organization. Country profiles for diabetes, 2016.
- [3] Gbekley E.H., Karou D.S., Gnoula C., Agbodeka K., Anani K., Tchacondo T., Agbonon A., Batawila K., Simpore J. , Ethnobotanical study of plants used in the treatment of diabetes in the traditional medicine of the Maritime region of Togo. *Pan Afr Med j.* 2015, 20: 437.
- [4] Okigbo R.N., Omodamiro O.D. , Antimicrobial effect of leaf extract of Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Mill sp) on some human pathogen. *J Herbs Spices Med Plants*, 2006, 12: 117-27.
- [5] Fleurentin J., *Ethnopharmacology in the service of therapeutics: sources and methods.* Hegel, 2012, 2: 12-8.
- [6] Azzi R., Djaziri R., Lahafa F., Scckal F.Z., Bennehdi H., Belkacem N., *Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria.* *J. Med. plants Res*, 2012, 6: 2041- 2050.
- [7] OECD, *OECD Guideline for Testing of Chemicals. In 28-day repeated dose oral toxicity study in rodents*, 2008, OECD 407. p. 9,
- [8] Hould R., *Histopathology and cytopathology techniques.* Maloine edition, Paris, France, 1984,399 p,
- [9] Bedou K. D. , *evaluation of the inhibitory activity of the fruits of bauhinia thonningii (fabaceae) on two glycosidases and test for the treatment of diabetes in wistar rats: doctoral thesis of the felix houphouët- boigny university Pharmacology of Natural Substances*, 2019, 168p.
- [10] Onsiyor E. J., Akaffou N. A., Zahoui O. S. and Traore F. , *Antidiabetic effects of aqueous extract of Ageratum conyzoides (Asteraceae) in rats rendered diabetic by partial pancreatectomy and evaluation of their*

hematological parameters *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 2019, 13(3): 1621-1628, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).

- [11] Diaby Vandjiguiba, Yapo Adou Francis, Adon Arsène Mousan, Dosso Mireille, Djama Allico Joseph., Renal, Hepatic and Splenic Biototoxicity of Cadmium Sulphate in the Wistar Rats. *International Journal of Environmental Science and Toxicology Research*, 2016, 4(6):103-110.
- [12] Moussa M.A., Biological and physiological studies on the effect of the gramoxon and stomp herbicides on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In Faculty of Science Zoology Department. Cairo University, 1999, p. 200.
- [13] Khaled S. A. and Houada A., Effect of cadmium in drinking water on growth, some haematological and biochemical parameters of chicken. *European Journal of Experimental Biology*, 2013, 3(5):287-291.
- [14] Wagner A., The role of the laboratory in the exploration of iron metabolism, in *Revue de l'ACOMEN*, 2000, pp 23-51.
- [15] Ayed A., Classification of Anemias. In *Anemias*. Edited by S.T.d.B. Clinique, Centre d'Expertise de Medecine Aeronautique de Tunis, 2015, p. 25.
- [16] Mukinda J.T. et Syce J.A., Acute and chronic toxicity of the aqueous extract of *Artemisia afra* in rodents, *J Ethnopharmacol*, 2007 : 112 (1):138-44.
- [17] Olson H.G., Betton D., Robinson K., Thomas A., Monro G., Kolaja P., Lilly J., Sanders G., Sipes W., Bracken M., Dorato K., Van Deun P., Smith B. & Heller A., Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regular Toxicology Pharmacology*, 2000, 32(1) : 56-67.
- [18] Guillouzo A., Clerc C., Malledant Y., Chesne C., Ratanasavanh D., gugen-guillouzo C. Models for the study of hepatic cytoprotection, 1989.
- [19] Berroukche A., Slimani M., Kahloula K., Kafi H. and Cheikh A., Evaluation of the activity of cadmium, in the presence of zinc, on the structures of flow regulating tissues in the Wistar Int. rat. *J. Biol. Chem. Sci*, 2014, 8(4): 1796-1807.
- [20] Novikoff A.B., Intracellular organelles and lipoprotein metabolism in normal and fatty livers. In *The liver Biology and Pathobiology*, Arias I.M., Popper H., Shachter D., Shafritz D.A. (Eds.), Raven Press N.Y., 1982 , 143-167.
- [21] Hinton D.E. and Lauren D.J., Liver structural alterations accompanying chronic toxicity in fishes: potential biomarkers of exposure. In *Biomarkers of environmental contamination*, MCCARTHY J.F., SHUGART L.R. (eds.), Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton USA, 1990 , 17-57.
- [22] Martin E., Feldmann G., *Histopathology of the liver and biliary tract in adults and children*. Ed. Masson, 1983, 357 p.
- [23] Fortin D., Lo M., Maynard G., *Plantes médicinales du Sahel* - Ed. CECIENDA 300 pges. *Gastroenterol. Clin. Biol.* -il, 1990, pp. 725-730.
- [24] Randa, A. Hassan; Dawlat M. Amin; Nariman A. Rahmy; Hatem, M.E. and Dessouky, M.I. , Clinicopathological, histopathological and immunological studies on animals exposed to lead and cadmium under experimental conditions. *New York Science Journal*, 2012, 5(12):120-136.
- [25] Kaplan M., İrfan H. A., Nurettin A., Tevfik A.z, Fulya O. P. G. S., Burcu T., Osman İ., The effect of melatonin on cadmium-induced renal injury in chronically exposed rats. *Turkish Journal of Urology*, 2009.
- [26] Moussavou M. C. F., Study of cadmium accumulation mechanisms in *Arabidopsis thaliana* (ecotype Wassilewskija) and in a hybrid larch (*Larix xeurolepis*) by molecular and developmental approaches. University Of Limoges. *Environmental Sciences / Biology - Science - Health*. In *Biology - Science - Healthspecialty: Environmental Biology*, 2010, 251 p
- [27] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (1998). Series on the principles of good laboratory practice and verification of compliance with these principles. ENV/MC/CHEM (98). 17 : 22-23.

# ANNEXES

Tableau I: Fiche d'enquête épidémiologique au CHR de DALOA

	Libellé	Modalité de réponse
<b>Informations socio-démographiques</b>		
1	Sexe	Masculin ; Féminin
2	Tranche d'âge	1-14 ; 15-21 ; 22-30 ; 31-50 ; Supérieur à 50
3	Nationalité	
4	Niveau d'étude	Non scolarisé ; Primaire ; Secondaire ; Supérieur
5	Profession	
6	Situation matrimoniale	Marié (e) ; Célibataire ; Veuf (ve)
<b>Constantes</b>		
7	Masse (Kg)	
8	Taille (m)	
9	IMC(Kg/m <sup>2</sup> )	Inférieur à 18 ; 18-24,9 ; 25- 30,9 ; 31-35 ; Supérieur à 35
10	Tension artérielle (CmHg)	Inférieur à 11 ; 11-14 ; Supérieur à 14
<b>Paramètres biochimiques</b>		
11	Glycémie (g/L)	Inférieur à 0,7 ; 0,7-1,10 ; 1,11- 1,26 ; Supérieur à 1,26
12	Hémoglobine Glyquée (%)	Inférieur à 4 ; 4-6,5 ; Supérieur à 6,5
13	Glucosurie (croix de sucre)	0 ; 1;2;3;4
14	Acétonurie (croix d'acide)	0 ; 1 ; 2 ;3 ; 4
15	Urémie(mg/dL)	Inférieur à 10 ; 10-50 ; Supérieur à 50
16	Créatinémie(mg/L)	Inférieur à 6 ; 6-14 ; Supérieur à 14
17	Triglycéridémie(mg/dL)	Inférieur à 40 ; 40-140 ; Supérieur à 140
18	Cholestérolémie Total (mg/dL)	Inférieur à 140 ; 140-260 ; Supérieur à 260
19	HDL (mg/dL)	Inférieur à 40 ; 40-75 ; Supérieur à 75
20	LDL (mg/dL)	Inférieur à 112 ; 112-188 ; Supérieur à 188
21	Transaminase GPT ou ALAT (UI/L)	0-40 ; Supérieur à 40
22	Transaminase GOT ou ASAT (UI/L)	0-37 ; Supérieur à 37
<b>Symptômes et types de diabète</b>		
23	Symptômes du diabète	Signes cardinaux (polyurie ; polydipsie ; polyphagie ; amaigrissement) ; Asthénie ; plaie ; insomnie ; coma ; faiblesse sexuelle
24	Type de diabète	Type 1 ; Type 2 ; Type gestationnel
<b>Traitements et suivi</b>		
25	Traitements	Insuline ; Antidiabétiques oraux ; Insuline et Antidiabétiques oraux
26	Moringa connu comme aliment antidiabétique	Oui ; non
27	Patate douce connu comme aliment antidiabétique	Oui ; non
28	Suivi diététique	Oui ; non
29	Sédentarité	Sédentaire ; sportif
<b>Paramètres biologiques</b>		
30	Globules rouges (10 <sup>6</sup> /microlitre)	Inférieur à 4,20 ; 4,20-5,80 ; Supérieur à 5,8
31	Hémoglobine (g/dL)	Inférieur à 12 ; 12-18 ; Supérieur à 18
32	Hématocrite (%)	Inférieur à 37 ; 37-52 ; Supérieur à 52
33	VGM (10 <sup>3</sup> )	Inférieur à 80 ; 80-95 ; Supérieur à 95
34	TCMH (pg/L)	Inférieur à 27 ; 27-33 ; Supérieur à 33
35	CCMH (%)	Inférieur à 32 ; 32-36 ; Supérieur à 36
36	Plaquettes (10 <sup>6</sup> /microlitre)	Inférieur à 150 ; 150-450 ; Supérieur à 450
37	Globules blancs (10 <sup>6</sup> /microlitre)	Inférieur à 4 ; 4-10 ; Supérieur à 10
38	Polynucléaires Neutrophiles (%)	Inférieur à 50 ; 50-75 ; Supérieur à 75
39	Lymphocytes (%)	Inférieur à 20 ; 20-35 ; Supérieur à 35
40	Monocytes (%)	Inférieur à 2 ; 2-10 ; Supérieur à 10
<b>Autres informations</b>		
41	Consommation d'aliments préoccupants	Oui ; non
42	Antécédant familial	Oui ; non
43	Ancienneté du diabète (Années)	1 ; 2-5 ; 6-10 ; Supérieur à 10
44	Mode de sortie de l'hôpital	Décédé ; Libéré ; référé

### Résumé

Le diabète est l'une des maladies chroniques les plus fréquentes dans le monde, caractérisé par un trouble métabolique des combustibles énergétiques. Le traitement de cette étiologie est coûteux et basé sur des soins à l'insuline et antidiabétiques oraux. Cela a incité l'OMS à utiliser des plantes comme une solution alternative. L'effet synergique de la patate douce (*Ipomoea batatas*) et du moringa (*Moringa oleifera*) pourrait être un remède. L'objectif de ce travail était d'évaluer les aspects épidémiologiques et cliniques du Diabète au CHR de Daloa et de valoriser la farine de patate douce enrichie en poudre de feuille de moringa pour des soins diabétiques. Une enquête a été menée au CHR de Daloa sur 150 diabétiques afin de connaître leur profil épidémiologique au plan biochimique et hématologique. Ensuite la patate douce à peau blanche et chair blanche a été enrichie à 5 %, 10 %, 15 % et 20 % de poudre de feuille de moringa donnant respectivement les formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 et BBPM20. Ces formulations ont été caractérisées et administrées à des rats rendus hyperglycémiques afin d'évaluer leur efficacité sur la glycémie à jeun. Après 28 jours de traitement avec des doses de 300 mg/kg de poids corporel, les paramètres biochimiques, hématologiques et les tissus du foie et du rein ont été utilisés pour évaluer l'efficacité des formulations. Les résultats ont montré une dominance du diabète de type 2 (93%). La plupart des diabétiques était âgé de plus de 50 ans (82.98%). Les principaux symptômes étaient entre autres l'hyperglycémie (94,7 %), l'hémoglobine glyquée déséquilibrée (71,33 %), la glycosurie (97,3%) et les signes cardinaux (76 %). Les formulations BBPM15 et BBPM20 ont enregistré des fortes teneurs en protéines (8010,01±2,65mg/100g), en vitamine E (137,51±0,01 mg/100g), en vitamines du groupe B (B1 (210,12±0,01mg/100g), B2 (50,41± 0,02 mg/100g), B6 (37,51±0,01 mg/100g), B8 (41,26±0,04 mg/100g), B12 (50,41±0,02 mg/100g)), en magnésium (460,34±0,02 mg/100g) et en Zinc (740,74±0,02 mg/100g). Ces mêmes formulations ont indiqué des taux élevés en fibres (1466,6±5,77mg/100g), en polyphénols (83,13±0,02 mg/100g) et en flavonoïdes (33,18±0,01 mg/100g). Les formulations BBPM15 et BBPM20 ont exercé les meilleurs effets hypoglycémisants (-50% en 1h à -57,41 % en 2h). La consommation de ces formulations par des rats n'a pas eu d'effets toxiques sur le foie et les reins de ces rats. De plus une augmentation significative du taux de plaquettes sanguines a été noté chez les rats des lots BBPM10 et BBPM15. Au terme de l'étude la meilleure formulation à recommander aux diabétiques et à vulgariser est la formulation BBPM15 en raison de son effet hypoglycémiant plus rapide et sa capacité à augmenter les plaquettes sanguines.

**Mots-clés :** diabète, *Ipomoea batatas*, *Moringa oleifera*, Farine enrichie, effet antidiabétique

### Abstract

Diabetes is one of the most common chronic diseases in the world, characterised by a metabolic disorder of energy fuels. Treatment is costly and based on insulin and oral anti-diabetics. This has prompted the WHO to use plants as an alternative solution. The synergistic effect of sweet potato (*Ipomoea batatas*) and moringa (*Moringa oleifera*) could be a remedy. The aim of this study was to assess the epidemiological and clinical aspects of diabetes at the Daloa Regional Hospital Centre (CHR) and to develop sweet potato flour enriched with moringa leaf powder for diabetic treatment. A survey was conducted at the Daloa Regional Hospital Centre on 150 diabetics in order to determine their epidemiological and clinical profile in terms of biochemistry and haematology. White-skinned and white-fleshed sweet potato was then enriched with 5%, 10%, 15% and 20% moringa leaf powder to produce formulations BBPM5, BBPM10, BBPM15 and BBPM20 respectively. These formulations were characterised and administered to hyperglycaemic rats to assess their efficacy on fasting blood glucose levels. After 28 days of treatment with doses of 300 mg/kg body weight, biochemical, haematological, liver and kidney tissue parameters were used to assess the efficacy of the formulations. The results showed that type 2 diabetes predominated (93%). Most diabetics were over 50 years of age (82.98%). The main symptoms were hyperglycaemia (94.7%), unbalanced glycated haemoglobin (71.33%), glycosuria (97.3%) and cardinal signs (76%). The BBPM15 and BBPM20 formulations recorded high levels of protein (8010.01±2.65mg/100g), vitamin E (137.51±0.01mg/100g), group B vitamins (B1 (210.12±0, 01mg/100g), B2 (50,41± 0,02 mg/100g), B6 (37,51±0,01 mg/100g), B8 (41,26±0,04 mg/100g), B12 (50,41±0,02 mg/100g)), magnesium (460,34±0,02 mg/100g) and zinc (740,74±0,02 mg/100g). These same formulations showed high levels of fibre (1466.6±5.77mg/100g), polyphenols (83.13±0.02 mg/100g) and flavonoids (33.18±0.01 mg/100g). The BBPM15 and BBPM20 formulations had the best hypoglycaemic effects (-50% in 1h to -57.41% in 2h). Consumption of these formulations by rats had no toxic effects on the liver or kidneys. In addition, a significant increase in blood platelet levels was noted in rats from batches BBPM10 and BBPM15. At the end of the study, the best formulation to recommend to diabetics and to disseminate is BBPM15 because of its more rapid hypoglycaemic effect and its ability to increase blood platelets.

**Key words :** diabetes, *Ipomoea batatas*, *Moringa oleifera*, enriched flour, anti-diabetic effect

**LANGUETTE DE REBORD DE LA THESE**

**BAS**

**HAUT**

**UNIVERSITE  
JEAN  
LOROUGNON**

**THESE DE  
DOCTORAT**

**Etude épidémiologique-clinique du diabète au CHR de Daloa et effet antidiabétique de farines de patate douce (*Ipomoea batatas L.*) enrichies en poudre de feuilles de moringa (*Moringa oleifera Lam*) sur les rats albinos (*Rattus norvegicus*), Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire).**

**ANNEE : 2023-2024**

**N°:100**

**TRAORE  
FAKANA DRISSA**