



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2024-2025

N° D'ORDRE : 150

CANDIDAT

Nom : BAMBA

Prénom : Lassana

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et foresterie tropicale

Spécialité : Biochimie - Nutrition

Formulation et évaluation de la qualité sanitaire d'un
bouillon alimentaire à base de grains fermentés de néré
(*Parkia biglobosa*) en Côte d'Ivoire

JURY

Président : M. ANGAMAN Djédoux Maxime, Professeur

Titulaire Université Jean LOROUGNON GUEDE

Co-Directeurs : M. BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur

Titulaire Université Jean LOROUGNON GUEDE

: M. M'BOH Gervais Mélaïne, Maître de Recherche
Institut Pasteur de Côte d'Ivoire

Rapporteur : M. KOUAME Kan Benjamin, Maître de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : Mme AGBO Adouko Edith Chiakoun, Maître de Conférences
Université NANGUI ABROGOUA

Examineur : M. GNAHE Dago André, Maître de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenu publiquement

le : 26 / 07 / 2025



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et foresterie tropicale

Spécialité : Biochimie - Nutrition

Formulation et évaluation de la qualité sanitaire d'un
bouillon alimentaire à base de grains fermentés de néré
(*Parkia biglobosa*) en Côte d'Ivoire

CANDIDAT

Nom : BAMBA

Prénom : Lassana

JURY

Président : M. ANGAMAN Djédoux Maxime, Professeur
Titulaire Université Jean LOROUGNON GUEDE

Co-Directeurs : M. BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur
Titulaire Université Jean LOROUGNON GUEDE
: M. M'BOH Gervais Mélaine, Maître de Recherche
Institut Pasteur de Côte d'Ivoire

Rapporteur : M. KOUAME Kan Benjamin, Maître de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : Mme AGBO Adouko Edith Chiakoun, Maître de Conférences
Université NANGUI ABROGOUA

Examineur : M. GNAHE Dago André, Maître de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenu publiquement

le : 26 / 07 / 2025

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	I
DÉDICACE.....	VI
AVANT-PROPOS	VII
REMERCIEMENTS.....	VIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	XI
LISTE DES TABLEAUX	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XIV
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GÉNÉRALITÉS	4
1.1. MATIERES PREMIERES	5
1.1.1.Néré.....	5
1.1.1.1. Description botanique du néré (<i>Parkia biglobosa</i>)	5
1.1.1.2. Production annuelle de grains de néré et Méthode de fabrication du soumara.....	6
1.1.1.3. Composition chimique des gains fermentés du néré (soumara).....	7
1.1.1.4. Utilisation des grains de néré	8
1.1.2. Persil.....	9
1.1.2.1. Historique du persil	9
1.1.2.2. Description botanique et production du persil	10
1.1.2.3. Composition chimique du persil	11
1.1.2.4. Utilisations du persil.....	12
1.1.3.Oignon.....	13
1.1.3.1. Historique de l'oignon.....	13
1.1.3.2. Description botanique et production de l'oignon	13
1.1.3.3. Composition chimique de l'oignon	14
1.1.3.4. Utilisation de l'oignon.....	14
1.1.4.Poivre.....	16
1.1.4.1.Historique du poivre.....	16
1.1.4.2.Description botanique et production des poivres	16
1.1.4.3. Composition chimique du poivre	18
1.1.4.4. Utilisations du poivre	19
1.1.5. Ail.....	20
1.1.5.1.Historique de l'ail.....	20

1.1.5.2. Description botanique et production de l’ail	20
1.1.5.3. Composition chimique de l’ail	22
1.1.5.4. Utilisations de l’ail	22
1.1.6. Gingembre.....	23
1.1.6.1. Historique du gingembre	23
1.1.6.2. Description botanique et production du gingembre	23
1.1.6.3. Composition chimique du gingembre	25
1.1.6.4. Utilisations du gingembre	26
1.2.SÉCHAGE.....	26
1.2.1. Définition et rôle du séchage.....	26
1.2.2. Méthodes de séchage.....	27
1.2.3. Effets du séchage sur les qualités des épices.....	27
1.3. FORMULATION ALIMENTAIRE	28
1.3.1. Définition et rôle de formulation.....	28
1.3.2. Principes des formulations alimentaires.....	28
1.3.3. Méthodes de formulation alimentaire	28
1.4. BOUILLONS ALIMENTAIRES	29
1.4.1. Définition des bouillons alimentaires.....	29
1.4.2. Composition des bouillons culinaires	29
1.4.3. Types de bouillon	30
1.4.4. Normes de composition des bouillons et consommés.....	31
1.4.5. Effets de la consommation des bouillons industriels chez l’homme	31
1.4.5.1. Ingrédients.....	31
1.4.5.2. Glutamate mono sodique et ses effets sur la santé	32
1.4.5.2.1. Présentation du glutamate monosodique (GMS)	32
1.4.5.2.2. Effets du glutamate monosodique sur la santé	32
1.5. NUTRIMENTS	33
1.5.1. Définition des nutriments	33
1.5.2. Importances des nutriments.....	33
1.5.3. Macronutriments	34
1.5.3.1. Protéines.....	34
1.5.3.2. Lipides.....	34
1.5.3.3. Glucides.....	34

1.5.4. Micronutriments	35
1.5.4.1. Minéraux.....	35
1.5.4.2. Fer.....	35
1.5.4.3. Zinc.....	36
1.5.4.4. Sodium et chlore.....	36
1.5.4.5. Calcium.....	36
1.5.4.6. Vitamines.....	37
DEUXIEME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES	38
2.1. MATERIEL.....	39
2.1.1. Matériel biologique	39
2.1.1.1. Matériel végétal.....	39
2.1.1.2. Matériel animal	39
2.1.2. Matériel technique.....	40
2.1.2.1. Equipements	40
2.1.2.2. Verrerie	41
2.1.2.3. Produits chimiques, milieux de culture et consommables	41
2.2. METHODES	42
2.2.1. Enquêtes de consommation.....	43
2.2.1.1. Zones d'enquête	43
2.2.1.2. Echantillonnage et collecte des données	42
2.2.2. Formulation du Néré-bouillon.....	44
2.2.2.1. Critères de choix et prétraitement des matières premières pour la formulation.....	44
2.2.2.1.1. Choix des ingrédients	44
2.2.2.1.2. Prétraitement des matières premières pour la conception du bouillon.....	45
2.2.2.2. Cadrage de la formulation	45
2.2.2.3. Analyse microbiologique du bouillon alimentaire	47
2.2.2.3.1. Echantillonnage	47
2.2.2.3.2. Recherche des microorganismes dans les échantillons	48
2.2.2.3.2.1. Préparation des solutions.....	48
2.2.2.3.2.2. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.....	49
2.2.2.3.2.3. Dénombrement des Coliformes totaux et thermosensibles	50
2.2.2.3.2.4. Dénombrement d' <i>Escherichia coli</i>	50
2.2.2.3.2.5. Dénombrement de <i>Salmonella</i> sp.....	50

2.2.2.3.2.6. Dénombrement des Staphylocoques dorés.....	51
2.2.2.3.2.7. Dénombrement des flores fongiques.....	51
2.2.2.3.2.8. Détermination des charges bactériennes	51
2.2.2.4 . Détermination de la Date Limite de Consommation du.....	52
2.2.2.5. Evaluation sensorielle du Néré-bouillon	53
2.2.3. Analyse des paramètres physico-chimiques et nutritifs	54
2.2.3.1. Analyses physico-chimiques	54
2.2.3.1.1. Détermination du potentiel d'Hydrogène et de l'acidité totale titrable.....	54
2.2.3.1.2. Détermination de la teneur en eau	54
2.2.3.1.3. Détermination du taux de cendres totales du Néré-bouillon	55
2.2.3.1.4. Détermination de la teneur en protéines brutes du Néré-bouillon	55
2.2.3.1.5. Détermination de la teneur en matière grasse du Néré-bouillon.....	56
2.2.3.1.6. Détermination de la teneur en fibres brutes	57
2.2.3.1.7. Détermination du taux de glucides du Néré-bouillon	57
2.2.3.1.8. Valeur énergétique du Néré-bouillon	57
2.2.3.2. Dosage des minéraux du Néré-bouillon	58
2.2.3.2.1. Phosphore.....	58
2.2.3.2.2. Quantification des minéraux du Néré-bouillon.....	58
2.2.3.3. Détermination des acides gras du Néré-bouillon	59
2.2.3.4. Détermination de certains composés phytochimiques du Néré-bouillon.....	60
2.2.3.4.1. Extraction des composés phénoliques.....	60
2.2.3.4.2. Détermination des composés polyphénoliques du Néré-bouillon.....	60
2.2.3.4.3. Flavonoïdes.....	60
2.2.3.5. Facteurs antinutritionnels du Néré-bouillon.....	61
2.2.3.5.1. Phytates.....	61
2.2.3.5.2. Oxalates.....	61
2.2.3.6. Activités antioxydantes du Néré-bouillon.....	61
2.2.4. Test de toxicité du Néré-bouillon.....	62
2.2.4.1. Prétraitement des rats	62
2.2.4.2. Traitement des rats.	63
2.2.4.3. Détermination des paramètres nutritionnels des rats nourris avec les bouillons.....	63
2.2.4.3.1. Détermination du gain de poids	63
2.2.4.3.2. Détermination du poids relatif des organes.....	64

2.2.4.4. Dosage des paramètres hématologiques et biochimiques	64
2.2.4.4.1. Prélèvement et préparation du sang	64
2.2.4.4.2. Dosages des paramètres hématologiques	64
2.2.4.4.3. Dosage des paramètres biochimiques	65
2.2.4.4.4. Principe du Cobas C311 Hitachi	65
2.2.4.4.5. Méthode analytique des paramètres biochimiques.....	65
2.2.4.4.5.1. Dosage de l'urée.....	66
2.2.4.4.5.2. Dosage de la Créatinine.....	66
2.2.4.4.5.3. Mesure de l'activité de l'alanine aminotransférase (ALAT/GPT).....	67
2.2.4.4.5.4. Mesure de l'activité de l'aspartate Amino transférase (ASAT/STGO)	68
2.2.4.4.5.5. Mesure de l'activité de gamma glutamyl transférase (γ -GT).....	68
2.2.4.4.5.6. Mesure l'activité de lactate déshydrogénase (LDH)	69
2.2.4.4.5.7. Mesure l'activité de créatine phosphokinase (CPK)	69
2.2.4.4.5.8. Méthode de dosage des électrolytes (Na^+ , Cl^- et K^+)	70
2.2.5. Analyses statistiques	70
TROISIEME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	72
3.1. CHAPITRE 1: RÉFÉRENCE DE CONSOMMATION DES BOUILLONS DANS LES MÉNAGES.....	73
3.1.1.Résultats.....	73
3.1.1.1. Différents types de bouillons consommés et préférence des ménages de l'étude.....	73
3.1.1.2. Distribution des bouillons selon les ménages par ville	73
3.1.1.3. Durée de consommation des bouillons des ménages	74
3.1.1.4. Fréquence de consommation des bouillons des ménages	74
3.1.2.Discussion.....	76
3.1.3. Conclusion partielle.....	78
3.2. CHAPITRE 2: FORMULATION DU NÉRÉ-BOUILLON.....	79
3.2.1.Résultats.....	79
3.2.1.1. Processus de fabrication du Néré-bouillon.....	79
3.2.1.2. Qualité microbiologique du Néré-bouillon	80
3.2.1.3. Date Limite de Consommation du Néré-bouillon.	82
3.2.1.4. Analyse sensorielle du Néré-bouillon.	82
3.2.2.Discussion.....	83
3.2.3. Conclusion partielle.....	86
3.3. CHAPITRE 3: QUALITÉ NUTRITIONNELLE DU NÉRÉ-BOUILLON	87

3.3.1.Résultats.....	87
3.3.1.1. Analyse physico-chimique du Néré-bouillon.....	87
3.3.1.2. Composition minérale	88
3.3.1.3.Composition bioactive et anti-nutritionnelle.....	88
3.3.1.4. Activité antioxydante du Néré-bouillon.....	88
3.3.1.5. Composition en acides gras (AG)	89
3.3.2.Discussion.....	90
3.3.3. Conclusion partielle.....	92
3.4 CHAPITRE 4: EFFETS DU NÉRÉ-BOUILLON ET UN BOUILLON TÉMOIN.....	93
3.4.1.Résultats.....	93
3.4.1.1. Effets sur les paramètres physiques des rats	93
3.4.1.1.1. Effets des bouillons sur le gain de masse des rats.....	93
3.4.1.1.2. Effets des bouillons sur les organes du rat	93
3.4.1.2. Effets sur les paramètres sanguins	94
3.4.1.2.1. Effets sur les électrolytes sanguins (Na ⁺ , K ⁺ et Cl ⁻)	94
3.4.1.2.2. Effets sur l'activité des enzymes	95
3.4.1.2.3. Effets des bouillons sur la fonction rénale des rats	101
3.4.1.2.4. Effets sur les paramètres hématologiques	102
3.4.1.2.4.1. Effets sur les paramètres érythrocytaires	102
3.4.1.2.4.2. Effets des bouillons sur les paramètres leucocytaires	103
3.4.1.2.4.3. Effets des bouillons sur le pourcentage de basophile et éosinophiles.....	105
3.4.2. Discussion.....	107
3.4.3. Conclusion partielle.....	109
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	110
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	112
ANNEXES.....	160

DÉDICACE

Je rends grâce à Dieu au Tout-puissant et Miséricordieux, pour sa grâce qu'il m'accorde à chaque instant de ma vie et l'inspiration qui a guidé la réalisation de ce travail.

Je dédie ce mémoire à mon père Amara BAMBA, ma mère Nakaridja BAMBA et ma femme Mariam FOGBE pour leur soutien et confiance en moi. Que Dieu, le Tout-Puissant, vous protège et vous procure la santé.

AVANT-PROPOS

Les travaux de cette Thèse sont le fruit de la collaboration entre le Laboratoire d'Agrovalorisation de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Agroforesterie de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ de Daloa (UJLoG) et le Laboratoire de Biochimie Clinique et Fondamentale de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI). Ils ont été dirigés par Professeur BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire, Responsable de laboratoire d'Agro-valorisation de l'UFR Agroforesterie, et Docteur M'BOH Gervais Mélaïne, Maître de Recherche, Responsable de Département Formation et Renforcement des Capacités de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (DFR-IPCI).

Par ailleurs, la collaboration du Professeur DJAMAN Allico Joseph, Professeur Titulaire de biochimie et de parasitologie, Chef de Département de Biochimie Clinique et Fondamentale de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI), a été très importante dans l'atteinte des objectifs visés.

Dans l'objectif d'améliorer la santé, notre spécialité, Biochimie de la nutrition a pour but de valoriser nos ressources biologiques tout en assurant une sécurité sanitaire et nutritionnelle des aliments obtenus et destinés à la consommation de la population ivoirienne. Notre étude s'est focalisée sur la conception d'un bouillon alimentaire naturel qui serait un substitut de bouillons industriels dans lesquels certains composants présenteraient un risque pour la santé des populations, tels que les maladies cardiovasculaires. L'idée est de proposer un bouillon alimentaire à base d'ingrédients naturels pour la prévention et la lutte contre les maladies chroniques, et la protection de l'organisme.

Ce travail, réalisé à l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, a rencontré beaucoup de difficultés, notamment avec, l'accès difficile aux laboratoires et la rupture de réactifs dues à l'épidémie à Corona virus (Covid-19).

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements à ceux qui ont participé à notre formation et à la rédaction de ce mémoire, notamment à :

- Madame ADOHI-KROU Viviane, Professeur Titulaire en physique atomique et Président de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ (Daloa), pour son enseignement, ses conseils, et tout le travail abattu au sein de l'Université ;

- Monsieur SORO Dogniméton, Professeur Titulaire d'agro-pédologie, par ailleurs Vice-Président de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ de Daloa en charge de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique, pour ses conseils et le travail qu'il abat au sein de l'Université ;

- Monsieur KONE Issiaka, Professeur Titulaire de sociologie des organisations et Vice-Président de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ de Daloa en charge de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures, pour son aide, ses enseignements, ses conseils et le travail qu'il abat au sein de l'Université ;

- Monsieur KOUASSI Kouassi Clément, Maître de Conférences en Microbiologie et Sécurité Alimentaire à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ, Directrice de l'UFR Agroforesterie, pour avoir autorisé mon inscription en thèse de Biochimie nutrition au Laboratoire de Agro-valorisation de l'UFR Agroforesterie ;

- Monsieur MEITE Syndou, Professeur Titulaire de Bactériologie-virologie à l'Université Félix Houphouët-Boigny, Directeur de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI), pour m'avoir permis d'intégrer le département de Biochimie médicale et fondamentale de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI) dans le cadre du stage de thèse ;

- Monsieur ANGAMAN Djédoux Maxime, Professeur Titulaire de Biochimie et Biologie Moléculaire à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ pour avoir accepté de présider le jury de cette soutenance de thèse,

- mes Directeurs de Thèse :

Monsieur BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire de Biochimie - Nutrition à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ, Directeur du Laboratoire d'Agro-valorisation de l'UFR Agroforesterie et Monsieur M'BOH Gervais Méline Maître de Recherche en Biochimie-Nutrition et Responsable de département formation et renforcement des capacités à l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire. Merci chers Maîtres, pour tout ce que vous avez fait pour moi pendant toutes ces années. La confiance que vous m'avez témoignée tout au long de ma

thèse, ainsi que l'attention constante que vous avez portée à mes travaux, m'ont réellement encouragé et permis de progresser.

- Monsieur BAMBA Bio Sigui Bruno, Maître de Conférences en Génie de Procédés Alimentaires à l'Université Peleforo GON COULIBALY et Monsieur KOUAME Kan Benjamin, Maître de Conférences de Biochimie et Technologie des aliments à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ pour avoir accepté d'instruire cette thèse,

- Madame AGBO Adouko Edith Chiakoun, Maître de Conférences de Biochimie et Nutrition à l'Université Nangui ABROGOUA et Monsieur GNAHE Dago André, Maître de Conférences de Biochimie - Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé pour avoir accepté de juger ce travail,

- Monsieur DJAMAN Allico Joseph, Professeur Titulaire de Biochimie-Parasitologie à l'Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, chef du Département de Biochimie Médicale et Fondamentale de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI), cher Maître, pour tout ce que vous avez fait pour moi pendant toutes ces années ;

- Aux enseignants-chercheurs de l'UFR Agroforesterie à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ (Daloa) pour le savoir qu'ils m'ont enseigné ;

- Messieurs SERI Kipré Laurent et BAH I Gnogbo Alexis, respectivement Attaché et Chargé de recherche à l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, BAMBA Abou, Maître-assistant à l'UFR Biosciences à l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, DIBOH Emmanuel Maître-assistant à l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa et EKISSI N'Gbesso Amos diplômé de doctorat d'Université Félix Houphouët-Boigny, pour avoir pris le temps de répondre à mes questions, en me conseillant avec une immense sincérité ;

- Le personnel de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, un grand merci à vous mes collègues stagiaires du département de Biochimie Médicale et Fondamentale et d'Unité de Bactériologie (recherche des contaminants chimique et microbiologique dans les aliments) de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, pour la bonne humeur et la convivialité qu'ils ont répandues au quotidien durant toutes ces années de stage ;

- ma grand-mère Naman BAMBA, mon père BAMBA Amara et ma mère Nakaridja BAMBA qui ont œuvré pour ma réussite, de par leurs amours, soutiens, tous les sacrifices consentis et leurs précieux conseils, pour toute assistance et présence dans ma vie, recevez à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude ;

- à tous mes camarades du Laboratoire d'Agrovalorisation de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa et de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire pour leur aide et leur soutien ;

- à monsieur TIENE Youssouf pour son aide et son soutien ;

- à monsieur Adama KANATE pour son hospitalité durant toutes ces années d'études universitaires.

Nos remerciements vont à l'endroit de ma famille pour leurs prières, leurs aides financières, leurs conseils et pour leurs marques d'affection et leurs encouragements constants qui ont permis d'arriver jusqu'à ce niveau :

- ma maman Awa BAMBA ;

- mon épouse FOGBE Mariam ;

- mes tantes BAMBA Flany et BAMBA Natagaly et autres ;

- mes petits frères BAMBA Amadou et BAMBA Namory ;

- mes sœurs, BAMBA Nassara, BAMBA Nabodjo ;

- mes cousins et cousines.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AAE	: Acide Aminé Essentiel
AGMI	: Acide Gras Mono-Insaturé
AGPI	: Acide Gras Polyinsaturé
AGS	: Acide gras saturé
ALAT	: Alanine Aminotransférase
ASAT	: Aspartate Aminotransférase
BE	: Bouillon Expérimental
BP	: Baird Parker
BT	: Bouillon témoin
CI	: Côte d'Ivoire
CPK	: Créatine Phosphokinase
DLC	: Date Limite de Consommation
DPPH	: Acide 1-1 dinitrophényl hydrazyl
EPT	: Eau Peptonée Tamponnée
FF	: Flore fongique
FT	: Flore Totale
G	: Gramme
GB	: Globule blanc
γ -GT	: Gamma Glutamyl Transférase
GMS	: Glutamate Mono-Sodique
GR	: Globule rouge
HCT	: Hématocrites
INS	: Institut National de la Statistique
IPCI	: Institut Pasteur de Côte d'Ivoire
Kg	: Kilogramme
LDH	: Lactate Déshydrogénase
mL	: Millilitre
MS	: Matière Sèche
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PCA	: Plate Count Agar
QMA	: Qualité Microbiologique Acceptable
QMNS	: Qualité Microbiologique Non Satisfaisante

QMS	: Qualité Microbiologique Satisfaisante
QMTS	: Qualité Microbiologique Très Satisfaisante
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RVS	: Rapport Vassiliadis Soja
SM	: Suspension Mère
TBX	: Tryptone Bile X Glucuronique
VGM	: Volume Moyen Globulaire
VRBL	: Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition nutritionnelle de poudre de soumara	8
Tableau II : Composition nutritionnelle de poudre d'oignon	15
Tableau III: Composition nutritionnelle de poudre de poivre.....	19
Tableau IV: Valeur nutritionnelle de poudre de l'ail.....	22
Tableau V: Composition chimique pour 100 g de Gingembre	25
Tableau VI: Composition des bouillons.....	31
Tableau VII: Essai de formulation de bouillon et notes d'appréciation.....	47
Tableau VIII: Critères de référence (UFC/g).....	52
Tableau IX: Grille d'appréciation de la qualité microbiologique	52
Tableau X: Traitement des rats	63
Tableau XI: Durée et fréquence de consommation des bouillons par ville	75
Tableau XII : Notes d'appréciation des formulations	79
Tableau XIII: Proportions des ingrédients pour le Néré-bouillon.....	80
Tableau XIV : Dénombrement des germes	81
Tableau XV : Classement des bouillons sensorielle organoleptique	83
Tableau XVI: Composition physico-chimique du Néré-bouillon.....	87
Tableau XVII: Composition minérale du Néré-bouillon.....	88
Tableau XVIII: Composition bioactive et anti-nutritionnelle du Néré-bouillon.....	88
Tableau XIX: Activités antioxydantes du Néré-bouillon.....	89
Tableau XX: Composition en acide gras du Néré-bouillon.....	89
Tableau XXI: Poids relatif des organes de rats	94
Tableau XXII: Concentration en électrolytes sanguin des rats	97
Tableau XXIII: Influence de bouillon sur l'activité les enzymes sanguins des rats	100
Tableau XXIV: Influence des bouillons sur la fonction rénale des rats.....	102
Tableau XXV: Influence de bouillon sur les paramètres érythrocytaires	104

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Figure 1: Arbre du néré et fruits (<i>Parkia biglobosa</i>)	5
Figure 2 : Feuilles de persil	10
Figure 3: Gousses d'oignon.....	13
Figure 4: Epis de poivre vert	16
Figure 5: Gousses d'ail.....	20
Figure 6: Rhizome de gingembre	23
Figure 7: Ingrédients utilisés pour la formulation	39
Figure 8: <i>Ratus norvegicus</i>	40
Figure 9: Localisation des zones d'étude	43
Figure 10: Diagramme de formulation du Néré -bouillon	46
Figure 11: Préparation des milieux de cultures	49
Figure 12: Type et choix préférentiel des bouillons des ménages	73
Figure 13: Distribution de la consommation des bouillons dans les ménages selon les villes	74
Figure 14 : Néré-bouillon.....	79
Figure 15: Présence de germes dans les bouillons formulés	80
Figure 16: Qualité microbiologique des échantillons analysés	81
Figure 17 : Evolution de la flore aérobie mésophile totale (FAMT) du jour 01 au jour 13... ..	82
Figure 18 : Evaluation du gain en masse des rats	93
Figure 19 : Paramètres leucocytaires des rats après 14 jours de traitement.....	104
Figure 20 : Paramètres leucocytaires après 28 jours de traitements	105

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** Fiche d'enquête sur la consommation des bouillons en Côte-d'Ivoire
- Annex e 2 :** Questionnaire de cadre de formulation
- Annexe 3 :** Formulaire d'analyse sensorielle du test hédonique
- Annexe 4 :** Equipements de laboratoire
- Annexe 5 :** Tableau de Friedman pour l'étude du caractère organoleptique
- Annexe 6 :** Communication 1
- Annexe 7 :** Communication 2
- Annexe 8 :** Publications

INTRODUCTION

De nos jours, les bouillons d'assaisonnement sont devenus des ingrédients quasi-incontournables dans la préparation des repas, notamment en Afrique subsaharienne, où plus de 80 % des ménages y ont recours quotidiennement (Diarra, 2019 ; Diao *et al.*, 2022 ; Vikou *et al.*, 2023). En effet, la production annuelle de ces bouillons est estimée à plus de 75 000 tonnes, avec une consommation dépassant les 65 milliards de cubes en 2016 sur le marché africain, dominé par des multinationales telles que Nestlé, Jumbo et KUB (Africanews, 2019 ; Ouédraogo *et al.*, 2021 ; Burlone & Mévellec, 2021). Les bouillons sont appréciés pour leur rôle d'exhausteur de goût et leur prix abordable, ce qui explique leur large adoption, notamment dans les pays en développement où la croissance démographique accentue la demande en solutions culinaires pratiques (Milandou *et al.*, 2023 ; Nairi, 2023). Toutefois, leur utilisation répétée et souvent excessive soulève d'importantes préoccupations sanitaires. En effet, plusieurs études ont révélé la présence d'additifs alimentaires, notamment le glutamate monosodique (GMS ou E621), en quantités parfois supérieures aux normes recommandées (Hall *et al.*, 2022 ; Appla *et al.*, 2023). Ce composé, bien qu'autorisé, est au cœur de controverses scientifiques en raison de son implication potentielle dans divers troubles de santé : hypertension, troubles neurocomportementaux, maladies cardiovasculaires, troubles endocriniens, et même maladies neurodégénératives comme Parkinson ou Alzheimer (Gong *et al.*, 1995 ; Khalaf *et al.*, 2015 ; Sadok, 2020 ; Ramdane *et al.*, 2023).

Or, la combinaison du SMS et d'une forte teneur en sel augmente le risque de maladies non transmissibles, en particulier dans les ménages où l'on ajoute simultanément des bouillons et du sel dans les plats (Robert *et al.*, 2017 ; Boubal, 2022). Face à ces risques, il devient crucial de proposer des alternatives naturelles, biologiques, saines et culturellement acceptables. La Côte d'Ivoire, riche en ressources végétales, offre un potentiel prometteur à travers des ingrédients tels que les grains de néré (*Parkia biglobosa*) et diverses épices locales. Le soumara, produit fermenté issu de ces graines, est traditionnellement utilisé comme condiment et possède de nombreuses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques (Koné *et al.*, 2002 ; Gadikou *et al.*, 2022). En effet, les grains fermentés de néré sont riches en protéines, en minéraux et en vitamines du groupe B, et contiennent des composés bioactifs tels que des flavonoïdes, des saponines et des tanins qui leur confèrent des effets antioxydants, antimicrobiens, antihypertenseurs et anti-inflammatoires (Lokossou, *et al.*, 2019 ; Elfane *et al.*, 2024). En outre, les épices locales sont reconnues pour leur capacité à améliorer la saveur, la couleur et la conservation des aliments, tout en jouant un rôle protecteur vis-à-vis du système cardiovasculaire (Charles *et al.*, 2015 ; Barakat *et al.*, 2022).

Bien que les effets délétères des bouillons industriels aient été largement documentés dans la littérature scientifique, leur usage demeure courant au sein des habitudes alimentaires en Côte d'Ivoire. La recherche d'alternatives naturelles reste encore marginale, faute de formulation standardisée, d'évaluation toxicologique rigoureuse et de valorisation scientifique des ressources locales. Dès lors, comment peut-on formuler un bouillon naturel, nutritif, fonctionnel et sans danger, à base de grains fermentés de *Parkia biglobosa* tout en garantissant sa sécurité sanitaire ? En d'autres termes, dans quelle mesure un bouillon formulé à partir de grains fermentés de néré peut-il constituer une alternative saine et sans danger aux bouillons industriels couramment consommés en Côte d'Ivoire ? En conséquence de ce qui précède, plusieurs questions essentielles sont posées :

- quelles sont les habitudes de consommation des bouillons industriels chez les populations ivoiriennes ?
- comment mettre au point un procédé de fabrication standardisé d'un bouillon naturel à base de *Parkia biglobosa* ?
- quelles sont les qualités nutritionnelles du bouillon formulé ?
- quel est l'impact du bouillon sur la santé (bio-tolérance) évalué sur les fonctions hépatiques, rénales, cardiovasculaires et sanguines chez le rat Wistar albinos ?

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui porte sur « Formulation et évaluation de la qualité sanitaire d'un bouillon alimentaire à base de grains fermentés de néré (*Parkia biglobosa*) en Côte d'Ivoire ». L'objectif général de cette étude est de contribuer à la préservation de la santé des populations en Côte d'Ivoire par la conception d'un bouillon alimentaire naturel à base de grains fermentés de néré (*Parkia biglobosa*). Il s'agit spécifiquement de :

- réaliser une enquête sur la consommation des bouillons industriels en Côte d'Ivoire ;
- élaborer un procédé de fabrication de bouillon à base de grains fermentés de néré ;
- effectuer une caractérisation nutritionnelle du bouillon formulé ;
- évaluer la bio-tolérance du bouillon sur les fonctions hépatiques, rénales, cardiovasculaires et hématologiques chez les rats *albinos Wistar*.

Outre l'introduction, la conclusion suivie de perspectives, les recommandations et les annexes, le présent mémoire qui rend compte de l'étude menée est organisé en trois parties. La première partie, comprend les généralités sur la matière première (soumara et autres épices), les nutriments et les bouillons alimentaires. La deuxième partie présente l'ensemble du matériel utilisé et les méthodes adoptées afin de mener à bien cette étude. Enfin, la troisième partie expose et discute les résultats obtenus. Les références bibliographiques mettent fin à ce mémoire.

PREMIERE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

1.1 MATIERES PREMIERES

1.1.1 Néré

1.1.1.1 Description botanique du néré (*Parkia biglobosa*)

Le néré (Figure 1) est une espèce commune des parcs agroforestiers de la savane soudanienne. Il est un arbre à farine appelé caroubier africain ou « african locust bean » (Burkill, 1995). Il est couramment désigné sous diverses appellations dans divers pays : Néré au Mali, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire et en Guinée ; dawa-dawa ou iru au Nigéria ; safitin au Bénin et nététo au Sénégal (Rongead, 2014 ; Coulibaly-Diakité *et al.*, 2020).

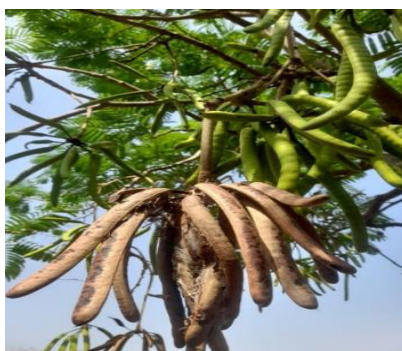


Figure 1: Fruits du néré (*Parkia biglobosa*)

Source : Appia *et al.* (2023)

Le néré appartient à la famille des Mimosaceae, du genre *Parkia* et de l'espèce *biglobosa*. Le genre compte aujourd'hui environ 34 espèces réparties dans trois zones de diversité différente : l'Amérique du Sud (18 espèces), l'Afrique (quatre espèces dont une à Madagascar) et l'Asie (312 espèces) (Luckow & Hopkins, 1995 ; Dagar *et al.*, 2020). Les trois espèces d'Afrique continentale se distinguent par le capitule rouge et la corolle fusionnée (Luckow & Hopkins 1995) et les feuilles. Les capitules (nombre et taille des fleurs), les gousses et les graines se distinguent d'une espèce à l'autre. De plus, l'arbre du néré a une taille moyenne de 10 à 20 mètres, pouvant aller jusqu'à 30 mètres (Zanklan *et al.*, 2007). Sa saison de floraison a lieu en saison sèche principalement entre décembre à mars, avec un pic souvent entre janvier et février (Houndonougbo *et al.*, 2020). Elle débute à l'âge de 5 à 7 ans (Sanou *et al.*, 2012) et dure entre 3 et 8 semaines en fonction de la région (Houndonougbo *et al.*, 2020). Les fruits sont de longues gousses d'environ 45 cm, de 2 cm de largeur, légèrement arquées, suspendues en grappes au réceptacle sur la fleur en forme de massue (Djoudi *et al.*, 2022). Avant la maturation, l'endocarpe remplit constamment toute la cavité des gousses entre les graines, devenant pulvérulent et jaune clair à la maturité (Djoudi *et al.*, 2022). Les gousses s'ouvrent à maturité et contiennent de nombreuses graines noires aplaties enrobées dans une pulpe jaune riche en

saccharose (Konan *et al.*, 2022). Un arbre produit annuellement entre 25 et 130 kg de fruit en fonction de l'année et du site (Dagar *et al.*, 2020). Selon Sorgho *et al.* (2016), les caractéristiques systématiques sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Sous-classe	: Rosidae
Ordre	: Fabales
Famille	: Mimosaceae
Genre	: <i>Parkia</i>
Espèce	: <i>Parkia biglobosa</i>

1.1.1.2 Production annuelle de grains de néré et méthode de fabrication du soumara

Les gousses sont récoltées manuellement, séchées, puis ouvertes pour extraire les graines. Celles-ci sont nettoyées pour éliminer les impuretés (Tahi *et al.*, 2024). La production mondiale de grains de néré est estimée à 200 000 à 250 000 tonnes par an (Traoré *et al.*, 2023). Cette production est exclusivement d'origine africaine (Ouédraogo *et al.*, 2007 ; Koné *et al.*, 2024). En Côte d'Ivoire, la production annuelle de grains de néré était estimée à 25000 à 35000 tonnes par entre 2018 et 2022 (Traoré *et al.*, 2023). Cette estimation repose sur le rendement moyen qui est de 300 à 500 kg de grains par hectare et la surface cultivée d'environ 80 000 à 100 000 hectares entre 2018 et 2022 (Traoré *et al.*, 2023 ; Koné *et al.*, 2024).

Les grains récoltés sont utilisés pour la production du soumara. Ce procédé consiste en trois étapes essentielles à savoir une double cuisson des graines, une fermentation des cotylédons et un séchage du produit fermenté (N'dir *et al.*, 1994).

La première phase consiste à cuire les grains pendant environ quatre à dix heures afin de ramollir les coques pour faciliter le décorticage ultérieurement. Cette phase qui nécessite une forte consommation de bois (Gutierrez *et al.*, 2002).

La deuxième phase correspond à l'étape de la fermentation qui se fait en 2 à 3 jours à température ambiante (30-35°C) après les opérations de décorticage, de rinçage, de tri et de deuxième cuisson (Coulibaly, *et al.*, 2020). Elle nécessite une importante quantité d'eau.

Enfin, la troisième phase est la phase de séchage et de conditionnement des grains fermentés. Elle comprend aussi l'opération de salage, puis de broyage partiel des grains et la mise en boule de la pâte avant la vente. La durée de conservation de soumara est d'environ cinq jours (Diawara, 1992).

La durée de ce procédé varie entre trois à cinq jours selon les stratégies employées et la dextérité de la productrice (spécialisation commerciale ou conservation d'un savoir-faire “traditionnel”).

1.1.1.3 Composition chimique des gains fermentés du néré (soumara)

Les grains fermentés du néré sont une bonne source de protéines, de fibres, de vitamines et de minéraux (Oguazu *et al.*, 2025). Elles contiennent généralement entre 30 et 40 % de protéines, ce qui fait d'eux une précieuses source de protéines dans les régimes alimentaires traditionnels, particulièrement dans les zones où l'accès à des sources de protéines animales est limité (Boko *et al.*, 2011 ; Akinmoladun *et al.*, 2018). Les grains fermentés de néré contiennent une quantité notable de glucides, principalement sous forme de polysaccharides complexes. Selon les études, la teneur en glucides peut atteindre environ 40 à 50 %, ce qui en fait une bonne source d'énergie. De plus ces glucides incluent également des fibres alimentaires, qui contribuent à la santé digestive (Adebo & Gabriela, 2020) ; Korese *et al.*, 2021). Les grains fermentés de néré sont particulièrement riches en fibres alimentaires, ce qui en fait un aliment utile pour la régulation du transit intestinal. La teneur en fibres peut varier entre 6 et 15 % selon la méthode de traitement des graines (Mouquet *et al.*, 2012 ; Kouadio *et al.*, 2016). Le contenu lipidique des graines de néré est relativement faible, représentant environ 3 à 7 % du poids sec. Les lipides présents sont principalement constitués d'acides gras insaturés, bien que les teneurs exacts dépendent des conditions de culture et de la préparation (Tchiagam *et al.*, 2011 ; Oyeyinka & Oyeyinka 2018 ; Oguazu *et al.*, 2025). Les graines fermentées de néré sont une source de plusieurs minéraux essentiels (Calcium, Phosphore, Potassium, Fer, Magnésium) (Tableau I) et de vitamines B (B1, B2, B3, B6) et C (Koffi *et al.*, 2019 ; Rafiu, *et al.*, 2021). Les graines fermentées du néré contiennent plusieurs composés antioxydants, dont des flavonoïdes, des tanins, et des saponines. Ces antioxydants naturels jouent un rôle important dans la protection cellulaire et la prévention des maladies chroniques (Ali & Suleiman, 2018 ; Adekanmi *et al.*, 2019). Ces antioxydants aident à lutter contre les radicaux libres dans le corps, réduisant ainsi le risque de maladies chroniques comme les maladies cardiaques, le cancer et le vieillissement prématuré (Fodouop *et al.*, 2015 ; Saidu & Salisu, 2020). Elles contiennent aussi des composés bioactifs qui lui confèrent des propriétés médicinales et thérapeutiques. Ces

composés incluent les saponines qui ont des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires. Elles sont également utilisées dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses affections, y compris les infections intestinales. Les tanins sont également présents dans le néré, et sont connus pour leurs effets antioxydants, antibactériens, et anti-inflammatoires. Les acides aminés essentiels présents dans les graines de néré incluent la lysine, la méthionine, et la thréonine, qui sont nécessaires à la croissance, à la réparation cellulaire, et à la production d'enzymes et d'hormones. La teneur en acides aminés est un autre facteur qui fait des graines de néré une bonne source de protéines végétales de haute qualité (Maoela *et al.*, 2009 ; Ghosh *et al.*, 2013).

Tableau I : Composition nutritionnelle de poudre de soumara (Cissé *et al.*, 2021)

Composition	Valeur nutritionnelle
Glucides totaux (g/100 g)	18,50 ± 0,50
Protéines totales (g/100 g)	28,60 ± 0,15
Lipides totaux (g/100 g)	35,03 ± 0,07
Fibres brutes (g/100 g)	10,49 ± 0,32
Eau (humidité) (g/100 g)	13,8 ± 0,4
Cendre (g/100 g)	4,07 ± 0,03
Calcium (mg/100 g)	59,12 ± 1,3
Sodium (mg/100 g)	160,61 ± 10
Potassium (mg/100 g)	2192,02 ± 192,47
Energie (Kcal/100 g)	503,67 ± 0,13

1.1.1.4 Utilisation des grains de néré

Le grains de néré présente de multiples usages et constitue une source inestimable de biens et services pour les communautés locales d'Afrique de l'Ouest (Sina, 2006). En effet, les graines fermentées (soumara, netetu ou dawadawa) sont largement consommées par les populations rurales et urbaines (Guinko & Pasgo, 1992 ; Ki, 1994 ; Burkill *et al.*, 1995 ; Muhammad & Amusa, 2003 Termote *et al.*, 2022). Tous les atouts ont augmenté la consommation du soumara dans les milieux ruraux ainsi dans les centres urbains de la Côte

d'Ivoire. Resté longtemps une consommation locale, de nos jours, le soumara se trouve sur les marchés urbains de différentes villes du pays. Il est consommé sans distinction de classe sociale et d'ethnie (Koudou *et al.*, 2025).

L'analyse de la composition chimique et biochimique des produits du *P. biglobosa* met en exergue les multiples propriétés hypotenseur, anti-diarrhéique, antiseptique, vasodilatateur, anticoagulante, antivenimeuse, analgésique, anti-inflammatoire, etc (Kerharo & Adam 1974 ; Kouadio *et al.*, 2000 ; Koné *et al.*, 2002 ; Asuzu & Harvey, 2003 ; Omafuvbe *et al.*, 2004). Ainsi, en Afrique de l'Ouest, les différents organes de l'arbre sont beaucoup utilisés en médecine et pharmacopée traditionnelle par les populations. Ils sont utilisés aussi en association avec d'autres plantes pour le traitement de plusieurs affections telles que les affections parasitaires, les affections de l'appareil circulatoire, de l'appareil respiratoire, de la peau et la plupart des affections de l'appareil digestif. Le rameau de la plante est un remède contre la morsure de serpent. Les fleurs soignent la lèpre et la pulpe du fruit lutte contre la fièvre jaune, la constipation, l'ictère. La pulpe et les graines sont des sources de revenus pour les populations. Les feuilles combinées à l'écorce sont efficaces contre la carie dentaire. Au niveau artisanal et culturel, le bois du néré sert à la production d'énergie. Le néré sert également d'ombrage, une espèce agro-sylvo-pastorale reconnue comme fourragère, fertilisant le sol et mellifère. De plus, il est aussi une espèce pourvoyeuse de revenus plus particulièrement en milieu rural.

1.1.2 Persil (*Petroselinum crispum*)

1.1.2.1 Historique du persil

Le persil (Figure 2) est originaire de la région méditerranéenne où il est trouvé à l'état sauvage. Il est principalement cultivé et récolté de façon saisonnière (Lowry *et al.*, 2024). Le persil est un légume à feuilles, riche en de nombreux composés biologiquement actifs. Son nom *Petroselinum* est dérivé du grec et désigne « céleri des rochers ». Il se distingue des autres herbes vertes à feuilles par son arôme unique. Dans les zones ensoleillées de conditions environnementales appropriées (sol humide avec un pH de 5,3 – 7,3), le persil peut atteindre jusqu'à 60 – 120 cm de hauteur (Barbouchi *et al.*, 2019).



Figure 2 : Feuilles de persil

Source : Dobričević *et al.*, 2019)

1.1.2.2 Description botanique et production du persil

Le persil appartient à la famille des Apiaceae, du genre *Petroselinum* et de l'espèce *Petroselinum crispum* (El & Chait, 2017). Le persil est sensible au stress hydrique, surtout s'il est planté en été et à la fin du printemps. Pour augmenter la production et améliorer la qualité, il faut lui fournir une source d'eau permanente. Le stade de croissance et le type de persil déterminent tous deux la sensibilité des plantes au stress hydrique (Marzougui *et al.*, 2010 ; Najla *et al.*, 2012). Le persil frais a une durée de conservation de 1 à 2 mois à 0 °C à une humidité relative de 95 à 100 % (Diao *et al.*, 2019) et de plus de 12 jours dans un entrepôt frigorifique de 0 à 2 °C à une humidité relative de 95 à 97 %. Cependant, de 18 à 20 °C à une humidité relative de 85 à 90 %, il ne peut être stocké que pendant 3 jours (Lisiewska *et al.*, 1997). Comme indiqué précédemment, le persil peut être conservé au froid, mais il est sensible aux dommages. Il se présente sous trois variétés que sont : *Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum* (à grosse racine ou tubéreux), *Petroselinum crispum* ssp. *crispum* (feuille frisée) et *Petroselinum crispum* ssp. *neapolitanum* (à feuilles plates) (Dobričević *et al.*, 2019). Selon Heywood (1995), les caractéristiques systématiques sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Division	: Angiosperms
Classe	: Eudicots
Ordre	: Apiales
Famille	: Apiaceae
Genre	: <i>Petroselinum</i>
Espèce	: <i>Petroselinum crispum</i>

Le persil est l'une des plantes les plus produites dans le monde (Najla *et al.*, 2012). La production mondiale de persil en 2022 était estimée à environ 250 000 à 300 000 tonnes (Dosso

et al., 2023). Cette production a montré une tendance à la hausse ces dernières années, en raison de la demande croissante, en particulier sur les marchés alimentaire et médicinal. La production totale de persil en Afrique est estimée à environ 100 000 à 120 000 tonnes par an. L'Égypte, la Tunisie et le Maroc dominent ce marché, avec des volumes combinés représentant environ 70 % de la production totale du continent (Ababsa *et al.*, 2020). En Côte d'Ivoire, la production annuelle de persil est estimée à environ 5 000 à 7 000 tonnes par an. Cette estimation est basée sur des rendements moyens de 15 à 20 tonnes par hectare et une superficie cultivée d'environ 300 à 350 hectares pour la période de 2018 à 2022 (Bencheikh *et al.*, 2024).

1.1.2.3 Composition chimique du persil

La présence d'hydrocarbures mono terpéniques, principalement le β -phellandrène, le p-mentha-1,3,8-triène, le 4-isopropényl-1-méthyl benzène et le terpinolène, est à l'origine de l'odeur caractéristique du persil (Alibas, 2019). Le persil est l'une des principales sources de polyphénols, de vitamines et d'oligo-éléments.

Parmi les polyphénols, les flavonoïdes sont particulièrement présents, notamment l'apigénine, l'apiine, la 6''-acétylapiine et les catéchines. Une autre étude a mis en évidence la présence d'apigénine-glucuronide, de lucénine-2 et d'acide lithospermique, ainsi que de dérivés d'acide p-coumarique (Kaiser *et al.*, 2013). De plus, cette plante est l'une des principales sources d'apigénine, un flavone aux propriétés chimio-préventives. Le persil aurait notamment des effets pro-apoptotiques sur certains mélanomes et inhiberait la prolifération et la migration de cellules cancéreuses dans le traitement du cancer du sein (Danciu *et al.*, 2018). Le persil a également de fortes teneurs en quercétine, un flavonoïde qui intervient dans la réduction des risques de troubles neurodégénératifs, de cancers, de troubles allergiques, de thrombose, d'hypertension, de maladies cardiovasculaires, d'athérosclérose et d'arythmie, grâce à ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires très prononcées (Elumalai & Uddin, 2016).

Le persil a une teneur notable en vitamine C et E, en riboflavine, en β -carotène et en thiamine, lui confèrent des effets diurétiques et hypotenseurs (Alibas, 2019).

Le persil frais est riche en vitamine C. Le rôle que joue la vitamine C dans l'organisme va au-delà de ses propriétés antioxydantes. Elle contribue à la santé des os, des cartilages, des dents et des gencives. De plus, elle protège contre les infections, favorise l'absorption du fer contenu dans les végétaux et accélère la cicatrisation. Renfermant des teneurs notables en vitamines notamment la vitamine C, les minéraux, huiles essentielles, chlorophylle, polyphénols, caroténoïdes et autres composés bioactifs, le persil présente des activités antioxydantes élevées (Kuzma *et al.*, 2014 ; Dobričević *et al.*, 2019).

Le persil déshydraté et le persil frais sont de bonnes sources de vitamine K pour la femme et pour l'homme. Cette vitamine est nécessaire pour la synthèse de protéines qui jouent un rôle dans la coagulation du sang (autant dans la stimulation que dans l'inhibition de la coagulation sanguine). Elle est également utile à la formation des os. En plus de se retrouver dans l'alimentation, la vitamine K est fabriquée par les bactéries présentes dans l'intestin, d'où la rareté des carences en cette vitamine.

Au niveau des minéraux, le persil déshydraté est très riche en fer pour l'homme. Chaque cellule du corps contient du fer. Ce minéral est essentiel pour le transport de l'oxygène mais aussi dans la formation des globules rouges dans le sang. Il intervient dans la fabrication de nouvelles cellules, d'hormones et de neurotransmetteurs. Il faut noter que le fer contenu dans les végétaux n'est pas aussi bien absorbé par l'organisme que le fer présent dans les aliments d'origine animale. Toutefois, l'absorption du fer présent dans les végétaux est favorisée en le consommant avec certains nutriments, comme la vitamine C. le persil déshydraté est une source de manganèse. Le manganèse agit comme cofacteur de plusieurs enzymes qui facilitent une douzaine de différents processus métaboliques. Il participe également à la prévention des dommages causés par les radicaux libres.

1.1.2.4 Utilisations du persil

Initialement cultivé pour ses valeurs médicinales et nutritionnelles, le persil est rapidement devenu un produit commercial et beaucoup consommé par la population. En effet, il est utilisé comme condiment, décoratif de plats avec une odeur aromatisante. Le persil n'est pas consommé généralement en grande quantité. En tant qu'assaisonnements, il ne peut donc pas apporter tous les avantages qui lui sont attribués. L'ajout régulier et significatif de persil aux aliments contribue à l'apport d'antioxydants à l'alimentation (Slimani, 2017).

Les graines de *Petroselinum sativum apioliferum* contiennent une huile essentielle composée de composés actifs (Dosso *et al.*, 2023). Cette huile essentielle est reconnue pour ses vertus antioxydants, diurétique et anti inflammatoire (Djousse, *et al.*, 2022). De plus, l'huile essentielle de persil présente des propriétés toniques et apéritives du fait de sa richesse en monoterpènes (Pinènes, P-menthatriène) (Kaupp *et al.*, 2024).

Elle peut être utilisée pour lutter contre les maladies cardiovasculaires (Zhang & Casanova, 2024). Le persil participe à la régulatrice du cycle menstruel, tonique utérine en favorisant les menstruations et en stimulant le flux sanguin dans région pelvienne et l'utérus.

1.1.3 Oignon (*Allium cepa*)

1.1.3.1 Historique de l'oignon

L'oignon (Figure 3) est venu de l'Asie centrale, mais très rapidement, il a été planté dans toutes les régions tempérées de la planète (Richardson & Rejmánek, 2011 ; Gioria *et al.*, 2023). Depuis la fin du Moyen-Age, il est retrouvé dans les pays du Nord et de l'Est de l'Europe (Drocourt, 2024). L'introduction de l'oignon en Côte d'Ivoire date de la période coloniale en début XX^e siècle (Goshit *et al.*, 2025). En Côte d'Ivoire, l'oignon est essentiellement cultivé dans le nord (Konan *et al.*, 2024). Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, les premières migrations indiennes se sont installées sur la côte ouest de Madagascar et les premières extensions de l'oignon proviennent, semble-t-il de cette région. D'autres variétés furent introduites par les missionnaires français à partir du XIX^e siècle (Sett *et al.*, 2022).



Figure 3: Gousses d'oignon

Source : Quan *et al.* (2024).

1.1.3.2 Description botanique et production de l'oignon

L'oignon est une plante herbacée de la famille des Liliaceae, du genre *Allium* et de l'espèce *cepa*. L'oignon (*Allium cepa*) est structuré par le bulbe, les feuilles, le fruit, la fleur et les tiges.

Le bulbe est constitué des nombreuses feuilles dont la base est très épaissie. C'est un organe de réserves de la plante qui entoure un bourgeon central (Tano *et al.*, 2011).

Les feuilles du centre sont vertes et creuses au lieu d'être charnues. Elles poussent et sortent de terre ; constituent les dix sépales, dix pétales, six étamines et un seul pistil.

L'oignon se cultive à travers le monde, en particulier dans les régions chaudes. En 2022, la production mondiale d'oignons était estimée à environ 55 millions de tonnes (Koffi *et al.*, 2025). La même année, la production d'oignon de l'Afrique était estimée à environ 6 millions de tonnes, dont la part de la Côte d'Ivoire était estimée à 330 000 tonnes.

Selon Cohat (1994), les caractéristiques systématiques sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Liliopsida
Ordre	: Liliale
Famille	: Liliaceae
Genre	: <i>Allium</i>
Espèce	: <i>Allium cepa</i>

1.1.3.3 Composition chimique de l'oignon

L'oignon est riche en eau, en fibres alimentaires et en vitamines en vitamine C (Tableau II). En outre, l'oignon contient des minéraux tels que le potassium et le calcium. L'oignon est également une source modérée de flavonoïdes, en particulier la quercétine (Ventura *et al.*, 2015).

1.1.3.4 Utilisation de l'oignon

L'oignon (*Allium cepa*) est l'un des légumes les plus consommés à travers le monde, non seulement pour ses propriétés gustatives mais aussi pour ses multiples bienfaits pour la santé (Pieroni *et al.*, 2005). L'oignon est un ingrédient essentiel dans de nombreuses cuisines à travers le monde en raison de sa saveur unique, qui varie en fonction de la préparation (cru, cuit, caramélisé, etc.). Il peut être utilisé sous plusieurs formes (Andretto 2023). Cru, il est souvent utilisé dans des salades, des soupes, ou des garnitures pour ajouter de la fraîcheur et du croquant. Il est également utilisé pour aromatiser des sauces et des vinaigrettes. Lorsqu'il est cuit, l'oignon développe une saveur sucrée et douce. Il peut être sauté, grillé, caramélisé, ou ajouté dans des plats comme des soupes, des currys, des sauces, des ragoûts et des plats de viande. La cuisson modifie la structure de l'oignon, réduisant ainsi leur piquant et leur acidité (Mrad, *et al.*, 2014). Sous forme de poudre ou extrait, l'oignon est largement utilisé dans l'industrie alimentaire pour assaisonner des soupes, des sauces, des bouillons et des mélanges d'épices (Birlouez, 2016).

Tableau II : Composition nutritionnelle de poudre d'oignon (Tano *et al.*, 2011)

Composition	Valeur nutritionnelle dans 100 g
Glucides	7,10 g
Protides	1,30 g
Lipides	0,20 g
Eau	80,00 g
Fibres alimentaires	2,10 g
Vitamine C	7,00 mg
Provitamine A	0,01 mg
Vitamine B1	0,38 mg
Vitamine B2	0,02 mg
Vitamine B3	0,30 mg
Vitamine B5	0,11 mg
Vitamine B6	0,14 mg
Vitamine B9	0,02 mg
Vitamine E	1,14 mg

L'extrait d'oignon est également utilisé dans les produits alimentaires pour ajouter une saveur d'oignon intense sans avoir à utiliser des oignons frais. L'oignon peut être congelé ou déshydraté pour une utilisation à long terme. L'oignon déshydraté est largement utilisé dans les soupes en sachet, les mélanges d'épices et les produits alimentaires transformés. Il peut également être conservé sous forme de pickles dans certains plats (Andretto *et al.*, 2023 ; Sare *et al.*, 2023).

Sur le plan pharmacologique, l'oignon est reconnu pour ses effets thérapeutiques dans diverses pathologies. Il est utilisé pour le soulagement des inflammations chroniques, la protection contre le vieillissement cellulaire et le stress oxydatif à cause des composés bioactifs qu'il contient (Rahman., 2015 ; Alpert *et al.*, 2018 ; Sagar *et al.*, 2022). L'oignon a également montré des effets bénéfiques sur la santé tels que la prévention de l'hypertension et de l'hypercholestérolémie (Lecerf, 2016 ; Wang *et al.*, 2014). Les thiosulfates contenus dans l'oignon aident à réduire l'agrégation plaquettaire et à améliorer la circulation sanguine, réduisant ainsi les risques de maladies cardiovasculaires (Choudhary *et al.*, 2022).

1.1.4 Poivre (*Piper nigrum*)

1.1.4.1 Historique du poivre

Le poivre (Figure 4) est l'une des épices les plus anciennement connues et utilisée depuis au moins trois mille ans. Il est également le plus largement commercialisé. Le poivre a été une épice très chère au moyen âge. En effet, le poivre était parfois utilisé comme monnaie d'échange, d'où l'expression "Payer en épice" qui deviendra "Payer en espèce" (Maillefert & Serra, 2025).



Figure 4: Epis de poivre vert

Source : Ramena (2014)

Le poivrier est une plante qui s'est développée sur la côte-ouest de l'Inde (côte de Malabar), dans l'État du Kerala, puis s'est propagée dans d'autres pays d'Asie du Sud-est, le Madagascar et le Brésil. L'introduction du poivrier en Côte d'Ivoire est relativement récente et ne remonte guère au-delà des premières années du XX^e siècle, mais elle n'a pas été suivie d'une expansion culturelle. D'après Djedji et collaborateurs (2023), les poivres de teinte verte, blanche, noire ou rouge proviennent tous d'un même grain de poivre récolté à différentes étapes de maturité. L'un des plus grands producteurs africains du poivre est Madagascar. La culture extensive du poivre au Madagascar commence en 1980, avec une densité moyenne de 200 pieds à l'hectare. Actuellement, la superficie cultivée est estimée à 4 600 hectares, avec production moyenne évaluée à 2 200 tonnes (Bahre *et al.*, 2024).

1.1.4.2 Description botanique et production des poivres

Le poivre est une épice obtenue à partir des baies du poivrier de la famille des pipéracées (Guarrera *et al.*, 2016), du genre *Piper* et de l'espèce *nigrum*. Il existe plusieurs genres, mais seuls les fruits du genre *Piper nigrum* ont le droit légal d'appellation de poivre (Andriamandimby *et al.*, 2016). Selon Mongeke *et al.* (2018), les caractéristiques systématiques sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Ordre	: Piperales
Famille	: Piperaceae
Genre	: <i>Piper</i>
Espèce	: <i>Piper nigrum</i> Linne

Le poivrier est une plante à enracinement relativement peu profonde compris entre 30 et 60 cm de profondeur (Ramena, 2014). Il se présente sous la forme d'une liane pérenne, à feuillage persistant, grimpant sur un tuteur et pouvant atteindre alors 10 mètres de hauteur. Ses feuilles sont alternées de pétiolées et simples. Un dimorphisme foliaire existe entre les feuilles et les tiges, qui sont de forme régulière et de couleur foncée ; celui des rameaux, qui sont asymétrique par rapport à leur nervure principale et de teinte plus claire (Andriamandimby, 2016). Les inflorescences oppositives liées naissent exclusivement sur le bois pléiotropique et se présentent comme un épi de 7 à 12 cm de longueur, portant sur son axe plusieurs spirales, 20 à 50 fleurs qui occupent chacun l'aisselle d'une bractée. Il peut y avoir jusqu'à 150 fleurs par épi (Addis, *et al.*, 2023). Ces fleurs donnent des baies vertes virant au jaune puis au rouge au fur et à mesure de la maturation. Le fruit est une baie sessile, monosperme, sphérique de 4 à 8 mm de diamètre (Etoga & Ombolo, 2022). La graine renferme, sous ses téguments, un endoderme farineux dont le sommet est occupé par un albumen réduit qui enveloppe un très petit embryon (Abdy, 2008 ; Addis *et al.*, 2023).

En 2022, la production mondiale de poivre était estimée à 520 000 tonnes, avec une légère augmentation par rapport aux années précédentes (Mombo, 2024). Cette augmentation a été obtenue grâce à une expansion des surfaces cultivées dans des pays comme le Vietnam et l'Indonésie, ainsi que par une amélioration des rendements grâce à de meilleures pratiques agricoles et à des innovations dans les techniques de culture (Garruchet *et al.*, 2023). En Afrique, plusieurs pays se distinguent par leur production de poivre, bien que leur contribution à la production mondiale soit encore faible (Mombo, 2024). Les principaux producteurs africains de poivre sont le Sénégal, Madagascar, la Côte d'Ivoire, le Nigeria et l'Afrique du Sud (Hunde, 2017). En 2022, la production totale de poivre en Afrique était estimée à environ 25000 tonnes avec une contribution de la Côte d'Ivoire qui s'élevait à environ 3 000 à 4 000 tonnes

(Mombo, 2024). Bien que cette production reste modeste par rapport à d'autres pays producteurs, elle a montré une tendance à la hausse ces dernières années. Cette augmentation est liée à l'expansion des superficies cultivées, à l'amélioration des techniques agricoles et à une demande croissante sur le marché local et international (Garruchet *et al.*, 2023). Cette production est exportée vers les marchés en Afrique de l'Ouest, en Europe, et dans certains pays du Moyen-Orient

1.1.4.3 Composition chimique du poivre

L'ensemble « fruit et graine » renferment trois substances principales, les huiles essentielles, les alcaloïdes et les oléorésines, qui confèrent au poivre ses propriétés gustatives et aromatiques (Abdy, 2008 ; Addis *et al.*, 2023). Le poivre (*Piper nigrum*) présente une composition chimique variée (Tableau III) et est riche en composés bioactifs. La pipérine, l'alcaloïde principal, est responsable du goût piquant et représente environ 5-9 % du poids sec des grains de poivre (Hussain *et al.*, 2017). Ce composé possède des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et améliore la biodisponibilité de certains nutriments (Nair *et al.*, 2015). Par ailleurs, les huiles essentielles, principalement des terpènes comme le limonène et le pinène, contribuent à son arôme (Ghosh *et al.*, 2014). Il est aussi riche en flavonoïdes tels que la quercétine et en tanins, qui ont des propriétés antioxydants et antimicrobiens (Mishra *et al.*, 2014). Les graines de poivre sont également une source de protéines (10 – 12 %), de lipides (3 – 5 %) et de glucides (50 %), ainsi que de minéraux comme le calcium et le fer (Moulin *et al.*, 2018). Le poivre noir est une épice riche en composés bioactifs, notamment la pipérine, un alcaloïde principal qui confère au poivre son goût piquant caractéristique. Sur le plan nutritionnel, le poivre contient des quantités modestes de vitamines et de minéraux, notamment des vitamines B (comme la vitamine B6), du calcium, du fer, et du potassium. Cependant, sa principale valeur nutritionnelle réside dans ses composés phytochimiques, qui lui confèrent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Le poivre noir est également une source significative de fibres alimentaires, bien que la consommation de grandes quantités de poivre pour obtenir un effet notable sur les apports en fibres ne soit pas courante dans l'alimentation quotidienne. Toutefois, ses effets sur la biodisponibilité d'autres nutriments sont plus remarquables, notamment dans le contexte de la pipérine, qui améliore l'absorption de certains composés bioactifs (Patil *et al.*, 2012) (Tableau III).

Tableau III : Composition nutritionnelle de poudre de poivre (Tchiégang *et al.*, 2023)

Composition	Valeur nutritionnelle (100 g)
Glucides (g/100 g)	64,81 g
Protides (g/100 g)	10,95 g
Lipides (g/100 g)	3,26 g
Eau (humidité) (g/100 g)	10,51 g
Cendre (g/100 g)	4,33 g
Fibres	26,5 g
Alcool	0 g
Acide alpha-linolénique	0,16 mg
Energie (Kcal /100 g)	255 Kcal

1.1.4.4 Utilisations du poivre

Le poivre noir (*Piper nigrum*) est une épice largement utilisée à travers le monde, non seulement pour ses qualités organoleptiques mais aussi pour ses bienfaits potentiels sur la santé (Dghais *et al.*, 2023). Les effets nutritionnels et pharmacologiques du poivre mettent en lumière ses composés bioactifs, ses mécanismes d'action et ses applications thérapeutiques.

Depuis des siècles, le poivre a été utilisé dans la médecine traditionnelle pour ses propriétés médicinales (Fokou *et al.*, 2015). Les effets thérapeutiques du poivre sont largement attribués à la pipérine et à d'autres composés présents dans la plante. Il est utilisé pour une protection cellulaire, prévention du stress oxydatif avec une amélioration de la mémoire, concentration, et fonction neuronale (Kaur *et al.*, 2017). La pipérine a la capacité d'améliorer la biodisponibilité de divers nutriments et médicaments (Shukla *et al.*, 2013). En 2008, Gnanamani et collaborateurs ont montré que des extraits de poivre noir avaient une activité antibactérienne contre des pathogènes courants, tels qu'*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*.

1.1.5 Ail (*Allium sativum*)

1.1.5.1 Historique de l'ail

Selon Birlouez (2016), l'ail (Figure 5) serait originaire de l'Asie Centrale.



Figure 5 : Gousses d'ail

Source : Paris RR (1976)

Cette théorie a été confirmée par des analyses phylogénétiques basées sur des marqueurs cellulaires et biochimiques (Iserin, 2001). Premièrement, l'utilisation d'"ail" a été mentionnée dans le papyrus d'Ebers 1550 ans avant J.-C. Puis, il fût utilisé par les grecs, les romains et les égyptiens (Wilde *et al.*, 2025). Depuis des milliers d'années, il est connu comme une plante alimentaire et condimentaire apprécié pour ses vertus médicinales liées à la présence des substances actives dans le bulbe.

Au moyen âge, pour sa capacité à éloigner de la peste, les ouvriers des pyramides d'Egypte consommaient l'ail pour décupler leur force. Mais, au XIX^e siècle, Louis Pasteur a découvert ses propriétés antibactériennes. Il fut même utilisé pendant la seconde guerre mondiale pour soigner certaines blessures (Makombani, 2022).

1.1.5.2 Description botanique et production de l'ail

L'ail est de la famille des Liliaceae du genre *Allium* et de l'espèce *sativum*. Le nom "*Allium*" vient du celtique "all" qui veut dire saveur brulante, acre "*sativum*" qui vient du latin *serere* et de *orum* signifiant cultiver, planter, les moissons, les récoltes, les semences (Musette *et al.*, 2001). L'ail est une plante herbacée, vivace par son bulbe souterrain, dont toutes les parties dégagent une odeur forte et piquante. Il peut atteindre une hauteur totale d'environ 40 à 50 cm. L'inflorescence, très rare chez le cultivar, n'apparaît qu'occasionnellement en cas de stress (Birlouez, 2016) ; Caburet *et al.*, 2002), botaniste américain, propose un système classification qui fait encore référence aujourd'hui. Elle est basée sur des critères de ressemblances morphologiques, anatomiques et chimiques et réunit dans des groupes communs les végétaux qui présentent entre eux un nombre plus ou moins élevé de ressemblances

profondes (Zannoni, 2009). Il existe plusieurs classifications des variétés d'ail. Caburet et *al.* (2002) les classent en trois (03) groupes principaux :

- les variétés traditionnelles d'Afrique de l'Est (ramification tropicale de l'ail rose espagnol à hampes florales), très aromatique, caïeux rouge vineux, ayant des bulbes très petits.
- les variétés tropicales de montagne (Mexique, Pérou, Thaïlande) à gros caïeux mauves ou violets.
- les variétés Sud-Méditerranéennes et tropicales de plaine, qui ont des bulbes composés de nombreux petits caïeux.

En 2022, la production mondiale d'ail était estimée à environ 30 millions de tonnes (Maloum *et al.*, 2022). En Afrique, elle est passée d'environ 450 000 tonnes en 2018 à environ 600 000 tonnes en 2022. Cependant, cette production était relativement faible par rapport à d'autres régions comme l'Asie. En effet, l'Afrique contribue à environ 2 % de la production mondiale grâce aux pays de l'Afrique du Nord et de l'Est (Guessan-Bi *et al.*, 2024). En ce qui concerne la Côte d'Ivoire, en 2022, la production d'ail a été estimée à environ 15 000 à 20 000 tonnes, avec une tendance à la hausse ces dernières années. en raison de l'intérêt croissant des producteurs pour cette culture, qui présente l'avantage de nécessiter peu d'entretien par rapport à d'autres cultures maraîchères (Guessan-Bi *et al.*, 2024). Selon Schlienger (2007), les caractéristiques systématiques sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Liliopsida
Sous-classe	: Liliidae
Ordre	: Liliale
Famille	: Liliaceae
Genre	: <i>Allium</i>
Espèce	: <i>Allium sativum</i>

1.1.5.3 Composition chimique de l'ail

Les principaux constituants de l'ail sont : les huiles essentielles comme, les disulfures de diallyle, l'allicine, l'alliine, l'alliinase, l'inuline, les *glucides*, le sélénium, les vitamines, les composés soufrés (Le Bon, 2016).

Tableau IV : Valeur nutritionnelle de poudre de l'ail (Gambogou, 2019)

Constituants	Valeur nutritionnelle (en g) dans 100 g
Eau	58,58
Protéines	6,36
Glucides	33,07
Fibres alimentaires	2,10
Sucres totaux	1,00
Lipides	0,50
Micronutriments	Valeur nutritionnelle (en mg) dans 100 g d'ail
Calcium	181,00
Fer	1,70
Phosphore,	15,00
Zinc	100,02
Cuivre	401,00
Vitamine C, Vitamine B1	17,00

1.1.5.4 Utilisations de l'ail

L'ail est utilisé à des fins culinaires et thérapeutiques.

Au niveau culinaire, en plus du bourgeon, la tige et la fleur sont consommées cuites à la vapeur, grillées ou coupées finement et sautées. L'ail est cultivé pour ses bulbes. Il est utilisé en cuisine comme condiment à l'état cru ou cuit, mais aussi pour relever la saveur des plats du fait de son odeur et de son goût forts (Gambogou, 2019).

L'ail (*Allium sativum*) est largement reconnu pour ses propriétés thérapeutiques et pharmacologiques. Il est particulièrement célèbre pour ses effets antimicrobiens et antibactériens, notamment contre des pathogènes tels que *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* (Rahman *et al.*, 2001). L'ail est également utilisé pour ses propriétés anti-inflammatoires, contribuant à réduire l'inflammation systémique, et il est efficace dans la gestion des maladies

cardiovasculaires en abaissant la pression artérielle et les niveaux de cholestérol (Ried, 2016). De plus, l'ail possède des propriétés antioxydantes grâce à la présence de composés comme l'allicine, qui protège les cellules contre les dommages oxydatifs (Thomson *et al.*, 2004). Des études ont montré que l'ail aide à prévenir certains cancers, en particulier le cancer colorectal, grâce à ses effets anti-cancéreux et immunomodulateurs (Cao *et al.*, 2016). Enfin, l'ail joue un rôle dans la prise en charge du diabète en réduisant les niveaux de glucose sanguin et en améliorant la sensibilité à l'insuline (Vita, 2001).

1.1.6 Gingembre (*Zingiber officinale*)

1.1.6.1 Historique du gingembre

Le gingembre (Figure 6) provient du sud de l'Inde et de la Chine. Le mot "gingembre" est un terme dérivé du sanskrit qui signifie "en forme du bois du cerf".

En Egypte antique, il est utilisé dans le processus de momification (Gigon, 2012). Répandu en Europe dès le I^{er} siècle, il est rapidement employé en cuisine par les grecs et les romains. À cette époque, Pline l'Ancien (23-79 ap. J.-C.) trouve les origines du gingembre et rectifie la croyance selon laquelle le gingembre aurait été la racine du poivrier. Le traité de cuisine *De recoquinaria* d'Apicius, publié au III^{ème} ou IV^{ème} siècle, mentionne les vertus aromatiques du gingembre, en particulier dans les plats en sauce (Andriatsihoarana, 2009).



Figure 6 : Rhizome de gingembre

Source : Moro (2017)

1.1.6.2 Description botanique et production du gingembre

Le gingembre est une plante herbacée de la famille des Zingiberaceae, du genre *Zingiber* et de l'espèce *officinale*. Le gingembre ou *Zingiber officinale* est une plante vivace d'environ 0,9 m de haute issue d'un rhizome (Idakou *et al.*, 2016). Les feuilles persistantes sont longues et odorantes. Sa partie souterraine est constituée par un rhizome couvert de feuilles écailleuses et pourvu en sa partie inférieure de racines adventives cylindriques (Zareef *et al.*, 2023). Ce

rhizome à rameux, porte des tubercules palmés, charnus. Les feuilles sont alternées. Certaines sont pourvues d'un limbe linéaire et acuminé de 15 -20 cm de long et 2 - 3cm de large, se prolongeant en une gaine transparente sur la tige (Saboorizadeh *et al.*, 2024). Les fleurs naissent par une ou deux à l'aisselle d'une bractée. Elles possèdent un calice verdâtre de 1 cm de longueur et possède 3 sépales unis à la base (Gupta & Wagh, 2024). Les trois pétales de la corolle, alternée avec les divisions du calice extérieur, sont unis à leur base sur 2 cm environ avant de se séparer en 3 lobes (Mbadiko *et al.*, 2020). Des trois étamines de la plante, une seule est fertile et les deux stériles sont soudées ensemble en une lame (Gigon, 2012).

Les différents produits à base de gingembre disponibles dans le commerce (Andriatsihoarana, 2009) sont le gingembre vert fait à partir de rhizome frais et non pelé ou uniquement pelé sur les côtés, le gingembre gris et noir (simplement séché) ou blanc (séché et pelé) et le gingembre en conserve fait à partir de gingembre conservé dans des solutions de sucre ou du vinaigre et le gingembre broyé (introduit plus tardivement dans une boisson ou une sauce) (Mbadiko *et al.*, 2020). Selon Vidal & Wall (1968), les caractéristiques systématiques sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Liliopsida
Ordre	: Zingiberales
Famille	: Zingiberaceae
Genre	: <i>Zingiber</i>
Espèce	: <i>Zingiber officinale</i>

La production mondiale de gingembre en 2022 était estimée à environ 3,5 à 4 millions de tonnes, avec une croissance soutenue par la demande croissante, en particulier en Asie et en Europe (Faso, 2024). Cette production a augmenté ces dernières années, en grande partie grâce à l'expansion des superficies cultivées et à l'amélioration des rendements dans certains pays producteurs. En 2022, la production estimée de gingembre sur le continent africain était d'environ 600 000 à 700 000 tonnes, avec une tendance à la hausse en raison de la demande croissante, notamment pour l'exportation vers l'Europe, l'Asie et le Moyen-Orient. En 2022, la

production annuelle de la Côte d’Ivoire estimée de gingembre était d’environ 50 000 à 55 000 tonnes, marquant une augmentation significative par rapport aux années précédentes où la production oscillait entre 40 000 et 45 000 tonnes par an. Cette croissance peut être attribuée à une meilleure organisation du secteur, une augmentation des surfaces cultivées et un intérêt accru pour l’exportation (Boutin, 2019) ; Traore *et al.*, 2023).

1.1.6.3 Composition chimique du gingembre

Le gingembre est essentiellement composé d’eau et de glucides (Tableau V). Il contient également de faibles proportions de protides, de lipides et de fibres alimentaires. Le gingembre est une bonne source de potassium, de phosphore, du calcium, du magnésium, du sodium, du fer et du cuivre, mais également de vitamines telles que les vitamines C et vitamine B3 (Tene *et al.*, 2024).

Tableau V : Composition chimique pour 100 g de Gingembre (Amani, *et al.*, 2004)

Composants	Quantité dans 100 g de rhizomes frais
Glucides	10
Protides	1,80
Lipides	1,50
Eau	85,00
Fibres alimentaires	1,00
Minéraux	Quantité (mg)
Potassium	112,60
Phosphore	144,00
Calcium	43,00
Magnésium	157,00
Sodium	33,00
Fer	14,00
Cuivre	0,40
Vitamines	Quantité (mg)
Vitamines C	35
Vitamines B1	0,05
Vitamines B2	0,20
Vitamines B3	5,20

1.1.6.4 Utilisations du gingembre

Le gingembre est utilisé à des fins alimentaires et thérapeutiques.

Au plan alimentaire, le gingembre est reconnu pour ses parfums citronnés et camphrés (en particulier lorsqu'il est frais) et son goût poivré, piquant et légèrement amer (le piquant se manifestant lorsque le gingembre est sec). Il est important de le doser avec prudence en raison de sa saveur très aromatique, surtout lorsqu'il est frais.

En Côte d'Ivoire, le gingembre est beaucoup consommé sous forme de boisson communément appelée « Gnamakoudji » (N'gg, 2004). En France à Jarnac, dans le département de la Charente, une liqueur dénommée « Domaine de Canton Ginger Liqueur » est produite à base de gingembre (Kadiata *et al.*, 2022). Le gingembre est transformé selon ses utilisations, c'est aussi un moyen de le conserver. Il peut être sous la forme d'huile, de bière à base de gingembre (soda sans alcool) fabriquée à la Jamaïque et appelée « ginger beer » essentielle, d'oléorésine et de gingembre en conserve (Kamutambayi *et al.*, 2023).

Au plan médicinal, le gingembre est très efficace pour réduire les nausées et vomissements, notamment lors de la grossesse (nausées matinales), du mal des transports, ou des traitements de chimiothérapie (Hébert *et al.*, 2018). Il contient des composés actifs (gingérols, shogaols) qui ont des propriétés anti-inflammatoires, aidant à réduire les douleurs articulaires et musculaires, notamment dans l'arthrose ou les rhumatismes (Tshimbangila, 2023).

1.2 SÉCHAGE

1.2.1 Définition et rôle du séchage

Le séchage est une opération unitaire qui consiste en une élimination totale ou partielle l'eau qui imprègne le matériau par vaporisation en apportant de l'énergie thermique (Lembarki & Ouddane, 2022). Il permet de réduire l'activité de l'eau de l'aliment, ce qui empêche la croissance et les réactions microbiennes et les brunissements enzymatiques contribuant ainsi à stabiliser le produit et prolonger sa durée de conservation (Misbah *et al.*, 2022 ; Mudaliar *et al.*, 2024). Le produit final est sec et homogène (Sellier *et al.*, 2018), ce qui réduit considérablement la masse et le volume du produit facilitant le transport, le stockage et la manutention (Charlou *et al.*, 2013). Le séchage est une étape cruciale dans le traitement post-récolte des épices, déterminant leur qualité, leur durée de conservation et leur valeur marchande (El-Akhal *et al.*, 2014 ; Soumahoro *et al.*, 2020). En effet, une teneur élevée en humidité après récolte les rend

rapidement périssables, ce qui influe sur la qualité finale de l'épice, notamment en termes de couleur, d'arôme, et de composition chimique.

1.2.2 Méthodes de séchage

Diverses méthodes sont utilisées, allant du séchage traditionnel au soleil aux technologies modernes comme le séchage par micro-ondes ou infrarouge. Le séchage traditionnel au soleil reste une méthode largement utilisée dans les pays tropicaux. Elle est simple et peu coûteuse, mais dépend fortement des conditions climatiques et peut entraîner des pertes de qualité (Tambo *et al.*, 2019 ; Kouadio *et al.*, 2024). Le séchage à air chaud est la méthode mécanique la plus répandue. Elle permet un meilleur contrôle des paramètres de séchage, bien que des températures excessives puissent altérer les composés volatils (Jamel *et al.*, 2012 ; Zuo *et al.*, 2024). Le séchage innovant, comme le séchage par micro-ondes, infrarouge, ou lyophilisation ont montré leur efficacité pour préserver les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des épices (Benabid & Louerrad, 2023). Ces méthodes de séchage, bien que plus coûteuses, gagnent en popularité dans les industries à forte valeur ajoutée.

1.2.3 Effets du séchage sur les qualités des épices

Le processus de séchage affecte la couleur, le goût, et la teneur en huiles essentielles. Par exemple, le séchage au soleil peut entraîner un brunissement des produits, alors que le séchage par micro-ondes tend à préserver la couleur et l'arôme d'origine (Poulain, 2024). Le séchage réduit la teneur en humidité du produit, augmentant ainsi leur durée de conservation (Boroze, 2011). Il permet d'éviter les pertes de produits après récoltes (Boroze, 2011), de réduire du volume des produits et par ricochet les couts d'expédition et de stockage (Amadou, 2007), de diminuer l'activité de l'eau afin d'inactiver les enzymes responsables de la dégradation des aliments et l'inhibition de la croissance des microorganismes (Brennan in Lahbari, 2015). Bien que le séchage présente plusieurs avantages, une exposition prolongée à la température peut favoriser le durcissement superficiel si la vitesse de séchage est très rapide, la formation de couches superficielles sèches imperméables au transfert d'humidité ultérieur (Ekechukwu & Norton, 1999). Il entraine également une perte de valeur nutritionnelle des aliments : vitamines, arômes et changements de la couleur et de la texture (Fournier, 2003), l'insolubilisation des protéines entrainant le gout de cuit et parfois la réaction de Maillard après surchauffe (Lahbari, 2015). Cependant, le séchage présente moins d'inconvénients que les autres procédés de conservation (congélation, traitements aseptiques) (Nguyen, 2015).

Dans le cas particulier des épices, le séchage constitue un maillon fondamental dans la chaîne de valeur des épices pour préserver la nature de l'épice et garantir une qualité optimale. L'avenir du séchage des épices s'oriente vers une technologie de plus en plus précise, durable et respectueuse des qualités naturelles du produit.

1.3 FORMULATION ALIMENTAIRE

1.3.1 Définition et rôle de la formulation

Les formulations alimentaires désignent le processus de conception et d'assemblage des ingrédients pour créer un produit répondant à des objectifs nutritionnels, organoleptiques, technologiques ou économiques (Serhan & Yannou-Lebris, 2021 ; Randrianandrasana *et al.*, 2024). Dans un contexte mondial marqué par une demande croissante des aliments plus sains, durables et adaptés à divers régimes alimentaires, la formulation constitue un pilier central de l'innovation agroalimentaire (Rezaeian *et al.*, 2024 ; Prokop *et al.*, 2025). La formulation alimentaire à base d'ingrédients naturels est une alternative saine et durable aux produits conventionnels (Louati & El Jaoudi, 2022 ; Ledoux, 2024).

1.3.2 Principes des formulations alimentaires

La formulation alimentaire repose sur plusieurs piliers : la sécurité sanitaire, la stabilité du produit, la valeur nutritionnelle, les caractéristiques sensorielles (goût, texture, apparence) et la viabilité économique (Berdai, 2016 ; Bekkis *et al.*, 2022). Chaque ingrédient joue un rôle fonctionnel spécifique et doit être sélectionné selon des critères précis d'interaction physico-chimique et d'acceptabilité réglementaire (Soutjis, 2020 ; Benamouzig, & Blanck, 2023).

1.3.3 Méthodes de formulation alimentaire

Les différentes méthodes de formulation alimentaire visent à créer des aliments avec des propriétés nutritionnelles spécifiques en combinant divers ingrédients (Sarter *et al.*, 2010 ; Brah *et al.*, 2015). Ces méthodes peuvent être manuelles (carré de Pearson, méthode algébrique) ou numériques, et tiennent compte des besoins nutritionnels, des contraintes réglementaires et des préférences des consommateurs (Chiffolleau *et al.*, 2020 ; Lulovicova & Bouissou, 2024).

Les méthodes de formulation alimentaire manuelles sont des techniques dans lesquelles la composition d'un produit alimentaire est calculée sans utiliser d'ordinateur ou de logiciel complexe (Flibert *et al.*, 2016). Les méthodes manuelles ont des avantages caractérisés par la simplicité des calculs, l'accessibilité, la compréhension des difficultés et la rapidité d'exécution

même avec peu d'ingrédients (Milandou *et al.*, 2023). Elles sont limitées par des risques d'erreur humaine avec peu d'exploration de solutions (Delnat, 2025 ; Belkhanchi *et al.*, 2023).

Les méthodes de formulation alimentaire numériques désignent l'ensemble des outils, techniques et algorithmes informatiques utilisés pour concevoir, optimiser et tester des produits alimentaires de manière virtuelle avant leur fabrication réelle (Brah *et al.*, 2015). Ces méthodes ont un rôle crucial dans l'industrie agroalimentaire moderne, car elles permettent de gagner du temps, de réduire les coûts, de limiter les essais physiques et répondre à des exigences nutritionnelles, gustatives, réglementaires et de durabilité (Hannachi *et al.*, 2017 ; Boffi *et al.*, 2025).

1.4 BOUILLONS ALIMENTAIRES

1.4.1 Définition des bouillons alimentaires

Selon le CODEX STAN 117-1981, le bouillon se définit comme une préparation culinaire liquide, cuit assez longtemps composé d'un mélange d'un ou plusieurs aliments tels que la viande, le poisson, les légumes, les épices, les substances aromates et les assaisonnements. Pendant la cuisson, la saveur, la couleur et les nutriments sont transformés par osmose à la phase aqueuse. Une cuisson longue 100 °C attendrit les tissus, les rendent fondant sans risques de les abimer par des températures trop élevées (Marini, 2017).

En industrie alimentaire, le bouillon concentré culinaire résulte de la réduction extrême soit d'un bouillon à base animale (viande, poisson, volaille) soit à base végétale (légume, épice,) mélangé à des concentrés aromatiques et des saveurs avec ou sans addition exhausteurs de goût (Cardon & Delaunay-Téterel, 2006) ; Martuccelli, 2015). Cela permet plus tard d'effectuer une sauce dans une autre préparation culinaire. Il est vendu sous forme de cube ou granulé déshydraté, salé et emballés (CODEX STAN 117-1981) (Barijaona *et al.*, 2017).

1.4.2 Composition des bouillons culinaires

Les principaux ingrédients d'un bouillon cube sont le sel, le maltodextrine, des exhausteurs de goût (glutamate, guanylate, inosinate ou extrait de levure), de l'huile, des concentrés d'arômes (Ndao *et al.*, 2023). Le chlorure de sodium (NaCl) et le glutamate monosodique (GMS) constituent les ingrédients actifs majeurs des bouillons culinaires (Ndao *et al.*, 2023), en plus de l'inosine 5'-monophosphate (IMP) et de la guanosine 5'-monophosphate (GMP). Selon le produit, peuvent être ajoutés de l'extrait de viande ou de légumes et du sucre en synergie avec le glutamate monosodique pour accentuer le goût des bouillons. En effet, le glutamate monosodique est le sel sodium de l'acide glutamique (un des

20 acides aminés naturels non essentiels qui composent les protéines). Cela explique le nom de « glutamate de monosodique ». Concrètement, c'est une poudre blanche dont la dissolution est simple et rapidement dans l'eau ou la salive (Engasser & Ghoul, 2025). Une fois dissoute, cette substance se sépare sous forme de sodium et de glutamate. Le glutamate est obtenu par la fermentation d'un féculent et d'un sucre (comme la canne à sucre, la mélasse). L'acide glutamique a été isolé en premier lieu à partir du gluten (blé) (Guterl & Sieber 2013). Il fut découvert comme l'essence des goûts délicieux des bonnes soupes préparées au Japon. C'est une substance chimique présente à l'état naturel, « protéines hydrolysés » et « épices » dans une étiquette de produit alimentaire qui est parfois caché dans les étiquettes alimentaires sous différents noms comme assaisonnements naturels avec des risques très élevés (Auffray-Gallet & Rouger, 2024).

1.4.3 Types de bouillon

Les bouillons alimentaires d'assaisonnement peuvent se présenter sous formes : liquide, solide, pâte et poudre (Redon *et al.*, 1989).

Le bouillon liquide est un liquide prêt à l'emploi, idéal pour les poêlées à cause de son apport de texture fondante et de goût tout en préservant leurs saveurs naturelles. Il est aussi parfait pour les soupes, pour cuire des légumes en cocotte, ou pour les plats au four (légumes, pommes de terre...) (Cousin, 2002).

Le bouillon pâte est conçu rapidement dans la préparation d'un bouillon. Il est souvent à base de végétal et, utilisé dans les soupes légumes. Sa composition lui permet d'être rapidement et facilement transformé en marinade, pour accompagner les légumes cuits au four ou grillés (Cousin, 2002).

Le bouillon solide est la présentation de bouillon d'assaisonnement rencontré sur le marché public, soit sous forme de poudre (cas de bouillon des soupes instantanées) ou soit sous forme de cube (comme Jumbo, Maggi étoile...) (Sadouni, 2023).

En effet, le bouillon cube fut inventé par Claude Émile Théodore Urban dans les années 1870. Il s'agissait au début d'extrait de viande. En 1908, Julius Maggi l'a commercialisé sous forme de cube d'où son appellation commerciale bouillon cube (Versari, 2003). Aujourd'hui, il existe différents types de concentrés en cubes dépourvus de viande (Braine, 2016). En Côte d'Ivoire, les bouillons cubes se présentent sous les marques jumbo, Maggi tablette, crevette etc (Fouquet, 2019 ; Hien *et al.*, 2023).

Ces bouillons contiennent aussi de faibles quantités de matière grasse végétale, de l'amidon, du sucre, des épices, du caramel qui sont de plus en plus supplémentés en iode, en fer et en vitamine A (Ndao *et al.*, 2024).

1.4.4 Normes de composition des bouillons

Les bouillons alimentaires fabriqués et/ou commercialisés, doivent être conformes aux normes de qualité suivante (CODEX, 2015)

Tableau VI : Composition des bouillons

Dénomination	Constituants	Quantités / litre de bouillon
Bouillon de viande	Viande fraîche	10 g
	Extrait de viande	0,67 g
	Chlorure de sodium	12,5 g
Bouillon de volaille	Azote total	100 mg
	Chlorure de sodium	12,5 g
Bouillon végétal	Azote total	50 mg
	Chlorure de sodium	12 g

Source : CODEX (2015)

1.4.5 Effets de la consommation des bouillons industriels chez l'homme

1.4.5.1 Ingrédients

Les ingrédients doivent être propres, sains répondant au besoin de la consommation humaine. Ils doivent être conformes à la dernière édition des codes d'hygiène. Cependant la consommation du sel qui fait partir des principaux ingrédients, présente des risques sanitaires chez l'homme. Selon l'OMS, la consommation excessive du sel est l'une des principales causes des maladies non-transmissibles, notamment certains types de cancers, les maladies cardio-vasculaires, les accidents vasculaires cérébraux (AVC) et l'hypertension (Bergeaud-Blackler, 2017). Selon les industriels, tous les ingrédients utilisés sont approuvés par les autorités réglementaires Chen *et al.*, (2022). De même les bouillons subissent des centaines de contrôle qualité. Donc contrairement à certaines idées reçues, les bouillons ne contiennent aucun ingrédient dangereux pour la santé (Francezon *et al.*, 2021). De façon spécifique, les ingrédients constituant les bouillons culinaires ne représentent aucun danger pour la santé de l'homme (Marfaing, 2017). Cependant, la combinaison de plusieurs l'élément en un petit cube et sa consommation quotidienne et fréquente révèle des caractères toxiques chez l'homme (Ye

et al., 2025). Ainsi, la consommation intense et régulière des bouillons pourrait entraîner chez l'homme la faible sexuelle, le gonflement de la prostate, chez la femme des saignements vaginaux, des troubles uro-génitaux, des troubles de comportement chez l'enfant et bien d'autres pathologies (Kone *et al.*, 2014).

1.4.5.2 Glutamate mono sodique et ses effets sur la santé

1.4.5.2.1 Présentation du glutamate monosodique (GMS)

En 1908, le Professeur Kikunae Ikeda isola de l'algue laminaire japonaise, kombu, l'acide glutamique par extraction aqueuse et cristallisation. La saveur obtenue différente du sucré, du salé, de l'acide et de l'amer, fut nommé le goût « umami » (= savoureux). Il étudia les propriétés gustatives de plusieurs sels de glutamate tels que le calcium, le potassium, l'ammonium et celui du magnésium pour vérifier que l'acide glutamique ionisé était responsable du goût umami. Tous les sels ont engendré l'umami et un goût métallique dû aux autres minéraux. Le glutamate de sodium était le sel le plus soluble, le plus savoureux et se cristallisait facilement (Charve, 2013). L'acide glutamique est un acide aminé très commun. Il est présent dans de nombreuses protéines végétales et animales (Tshite, 2015). C'est aussi, l'acide aminé le plus abondant de l'alimentation humaine. Sa saveur spécifique est détectable seulement s'il est présent à l'état libre. La quantité de glutamate employée devrait normalement correspondre à la quantité minimale requise pour l'obtention de l'effet recherché soit 0,1 à 0,8% du poids de l'aliment. Cependant, le glutamate monosodique peut atteindre de fortes concentrations, puisqu'il n'est soumis à aucune réglementation en terme quantitatif. Le GMS permet de réduire la quantité de matières premières (Ren, 2011 ; Fernstrom, 2000), Ainsi il présente un avantage économique considérable pour l'industrie agroalimentaire. Il entre dans la composition de nombreux aliments surtout assaisonnés et dans une large variété de produits (Diarra, 2019).

1.4.5.2.2 Effets du glutamate monosodique sur la santé

Le glutamate monosodique (GMS) est un sel de l'acide glutamique, un acide aminé non essentiel naturellement produit par l'organisme. Cependant, en cas de production insuffisante, un apport alimentaire devient nécessaire (Ndao *et al.*, 2024). Dans le cerveau, il est formé à partir de l'acide α -cétoglutarique et contribue notamment à la détoxification de l'ammoniac (Dossou-Yovo *et al.*, 2016 ; Tiendrebeogo, 2021). À fortes doses, le GMS devient toxique en induisant une pénétration excessive de sodium (Na^+) et de calcium (Ca^{2+}) dans les cellules nerveuses, causant ainsi une excitotoxicité, un processus pathologique qui peut aboutir à la mort

neuronale (Gouget, 2008 ; Deppenweiler, 2014 ; Bossi, 2017). Une étude chez les jeunes rats ayant reçu 5 g/jour de GMS a révélé une toxicité neuronale ainsi qu'un impact sur la régulation de l'appétit (Hermanussen et al., 2006). Une étude menée au Nigéria par Nnadozie *et al.*, (2019) sur des rats albinos Wistar a montré que l'ingestion chronique de GMS, à des doses comparables à celles autorisées chez l'humain, entraînait une hausse significative de la mortalité (23 décès contre 0 chez les témoins), une baisse de la fertilité (48 naissances contre 117) et des altérations organiques majeures. Le GMS est également associé à des troubles neurologiques comme l'épilepsie et les dépendances, par le biais de l'excitotoxicité (Bossi, 2017 ; Deppenweiler, 2014 ; Jennife *et al.*, 2009). Une recherche mexicaine a identifié des altérations morphologiques des cellules du noyau suprachiasmatique (SCN) chez les nouveau-nés exposés au GMS, susceptibles de provoquer des troubles comportementaux (Rojas *et al.*, 2016). Chez les rates gestantes, Auffray-Gallet *et al.* (2024) ont observé que l'administration de GMS, orale ou parentérale, pendant la seconde moitié de la gestation et après la naissance, entraînait la destruction quasi totale du noyau arqué, un centre clé de la régulation hormonale et de l'appétit. Une étude chinoise menée par Gong *et al.*, (1995) a montré que le GMS induisait chez les rats mâles une accumulation de graisse abdominale, une réduction de la taille de l'hypophyse et des testicules, une baisse des hormones LH, FSH, GH, TSH et TS, accompagnée d'une hausse significative de la prolactine (PRL). Enfin, Aisha (2013) a mené une expérience sur 30 jeunes rats Wistar mâles, démontrant qu'une exposition prolongée au GMS (30 à 60 g/kg) entraînait une prise de poids significative, accompagnée d'altérations testiculaires.

1.5 NUTRIMENTS

1.5.1 Définition des nutriments

Les nutriments sont des substances chimiques fournies par les aliments, essentielles au fonctionnement, à la croissance et à l'entretien de l'organisme (Schlienger, 2024). Ils permettent de produire de l'énergie, de construire et réparer les tissus, et de réguler les fonctions biologiques (Catherine *et al.*, 2024).

1.5.2 Importances des nutriments

Les nutriments sont des composés organiques ou minéraux (molécules, ions) provenant de la transformation des aliments dans l'organisme. Au cours de leur métabolisme, ceux-ci ont la capacité de libérer de l'énergie et/ou de servir de matériaux de construction ou de protection afin de couvrir les besoins nutritionnels (énergétiques et plastiques) de l'individu (Mandjeka,

2016). Les nutriments essentiels pour la santé se trouvent dans la nourriture et sont classés en deux catégories que sont les macronutriments et les micronutriments (Millimono *et al.*, 2020).

1.5.3 Macronutriments

Les macronutriments sont des substances chimiques qui sont nécessaires en grande quantité au bon fonctionnement de l'organisme (Bédard, 2005 ; Erenstein, *et al.*, 2022). Ils sont responsables de l'apport énergétique et des constituants pour l'anabolisme. Il s'agit des protéines, glucides, lipides, et certains sels minéraux dont les apports sont supérieurs à 1g/jour (Mandjeka, 2016).

1.5.3.1 Protéines

Les protéines sont des macromolécules constituées d'un enchainement d'acides aminés (AA) spécifique, reliés entre eux par des liaisons peptidiques (Guéguen *et al.*, 2016). Elles jouent un rôle essentiel à la vie d'une part un rôle structurale dans la composition des tissus musculaires, des phanères, de la matière osseuse, de la peau et d'autre part un rôle fonctionnel et de messenger interne grâce aux hormones, enzymes et récepteurs (Baulande & Langlois, 2010). Les protéines sont des nutriments énergétiques et représentent la source majeure d'acide aminés (20 acides aminés) et d'azote. Elles peuvent être de sources animales (viande, poisson, lait), végétales (blé, riz, soja) et de sources alternatives pour les microbes (Tome *et al.*, 1997).

1.5.3.2 Lipides

Les lipides, aussi appelés corps gras alimentaires, constituent l'ensemble des graisses comestibles provenant de l'alimentation humaine (Klenk & Debuch, 1959). Ils peuvent être solides à température ambiante (beurre) et liquides comme les huiles de palme, d'olive, arachide, ou extraites de graines oléagineuses, de fruits (coton). Les lipides assurent plusieurs fonctions en fonction de leur nature et leur distribution dans l'organisme (Legrand, 2013). Il s'agit des fonctions de réserve d'énergie par leur accumulation dans le tissu adipeux sous-cutané, les fonctions de structures à travers la formation des bicouches lipidiques et les fonctions de médiateurs grâce aux lipides fonctionnels tels que les hormones lipophiles, les prostaglandines et les vitamines liposolubles (Ghandour, 2016).

1.5.3.3 Glucides

Les glucides constituent une source d'énergie qui fournissent du glucose nécessaire au bon fonctionnement de toutes les cellules du corps, particulièrement celles du cerveau (Idrissa *et al.*, 2020). Selon Vázquez-García *et al.*, (20220) ils interviennent dans les processus

physiologiques en tant que fibres alimentaires et confèrent des propriétés texturales cruciales en tant que source d'énergie majeure importante dans les aliments. Ils procurent de la satiété et contribuent également à d'autres attributs tels que la rétention d'eau, la viscosité, le volume, la stabilité des émulsions et des mousses (Kouadio *et al.*, 2024). Les glucides représentent plus de 70% de la valeur calorique de l'alimentation humaine dans le monde (Vázquez-García *et al.*, 2020). Ils se rencontrent naturellement dans les produits céréaliers, les fruits et les légumes, les légumineuses, le lait et le yaourt mais aussi, dans le sucre, le miel, les sirops et tout autre produit sucré ex. : friandises, boissons gazeuses (Apfelbaum *et al.*, 2009).

1.5.4 Micronutriments

Les micronutriments sont définis comme étant des nutriments dépourvus de calorie. Ce sont des éléments minéraux organiques et inorganiques essentiels pour l'organisme en très faible quantités (Matte *et al.*, 2017). Ne pouvant, pour la plupart, être synthétisé par l'organisme, ils doivent être apportés le plus souvent par l'alimentation. Ils représentent 2% des nutriments ingérés (Cho & Bureau, 2001). Ils jouent deux fonctions principales au sein de l'organisme dont celle de cofacteurs ou coenzymes dans le métabolisme intermédiaire et celle de neutralisation des radicaux libres permettant la protection de l'organisme contre le stress oxydant (Mandjeka, 2016). Classiquement, il s'agit des vitamines, des minéraux et des oligoéléments (Paquot *et al.*, 2006).

1.5.4.1 Minéraux

Les minéraux sont des éléments essentiels à notre organisme selon leurs indispensabilités pour les fonctions biologiques du corps (Kamal, 2021). Les apports en minéraux se font principalement par les denrées alimentaires surtout les boissons pouvant être synthétisées par l'organisme. Ils sont classés en deux catégories :

- les sels macroéléments dont la quantité dans l'organisme dépasse 1/10000 de la valeur du poids corporels. Il s'agit du calcium, chlore, magnésium, phosphore, potassium, soufre et sodium (Gonzalez-Nunez *et al.*, 2024).
- les oligoéléments, présents dans le corps en très faibles quantités et de concentration inférieure à 1 mg/kg de poids corporels. Il s'agit du chrome, du cuivre, du fer, du fluor de l'iode, du sélénium et du zinc (Berthélémy, 2008).

1.5.4.2 Fer

Le fer est un élément vital pour l'organisme et joue un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions biologiques (Bohic *et al.*, 2011). Il est indispensable à la synthèse d'hémoglobine

(nécessaire à l'oxygénation des tissus) et de la myoglobine (protéine du muscle permettant de stocker l'oxygène) et entre dans la composition des systèmes enzymatiques dans divers tissus (Dumonceau *et al.*, 2014). L'organisme d'un homme adulte renferme environ 4 à 6 g de fer qui se présente sous les formes héminique 70 % et de fer non héminique 30 % (Bohic *et al.*, 2011; Baron, 2014). Le fer héminique (incorporé dans la structure de l'hème) entre dans la composition de l'hémoglobine des hématies (60 % du fer total), de la myoglobine des muscles et des enzymes hémoprotéiques (Baron *et al.*, 2014). Le fer non héminique entre dans la constitution de la ferritine, de l'hémosidérine ou des enzymes non héminiques (Gupta, 2014).

1.5.4.3 Zinc

Le zinc représente l'élément trace le plus répandu dans le corps humain après le fer. Il est indispensable à la vie de tout être vivant (Rink, 2011) et intervient principalement dans toutes les étapes de la synthèse protéique. Celui-ci active les ADN et ARN polymérases et participe à la régulation des histones (Rink, 2011). Indispensable à l'activité de la tubuline, il intervient dans la multiplication cellulaire (Baron, 2014). Il participe au maintien de l'intégrité de la peau (6% du zinc corporel se trouve au niveau de la peau), par son action trophique indispensable dans les phénomènes de cicatrisation et de régénération (Mansouri, 2018). Il se trouve principalement dans les aliments riches en protéines animales (viandes, poissons, produits laitiers et œufs).

L'apport nutritionnel conseillé (ANC) est de l'ordre de 12 mg/jour chez l'homme, de 10mg/jour chez la femme, de 14 mg/jour chez la femme enceinte et va jusqu'à 19 mg/jour chez la femme allaitante (Baron, 2014).

1.5.4.4 Sodium et chlore

Ces deux minéraux sont généralement associés sous forme de chlorure de sodium. Ces ions sont quantitativement les plus présents dans les liquides extracellulaires (Baron, 2014). Ils participent avec le potassium à la répartition de l'eau dans l'organisme et contribuent au maintien de la pression osmotique et de l'équilibre acido-basique (Berthélémy, 2008). Le maintien du milieu extracellulaire est effectué par le système rénine-angiotensine-aldostérone. Le sodium est indispensable à la conduction de l'influx nerveux et la contraction musculaire. Les besoins quotidiens en chlorure de sodium (NaCl) sont de 2 à 4 g/L (Berthélémy, 2008).

1.5.4.5 Calcium

Le calcium est indispensable au bon fonctionnement du corps humain, particulièrement pour la « santé osseuse » (Esterle *et al.*, 2010). Il s'agit du minéral le plus important du corps

humain. L'organisme en contient 1000 à 1500 g, dont 99 % se trouvent dans le squelette et les dents. La teneur en calcium dans le plasma, ou calcémie normale, est de 95 à 100 mg/L (Koukoui *et al.*, 2022 ; Sanou *et al.*, 2024). Sous forme d'ions, le (Ca^{2+}) intervient dans la coagulation sanguine (Barrs *et al.*, 2020 ; Zuñiga-Puelles *et al.*, 2025). Il assure la perméabilité membranaire, la conduction des influx nerveux, la contraction musculaire et un rythme cardiaque normal (Trewavas, 2004 ; Ślebarski *et al.*, 2015). En cas de carence, l'organisme utilise le calcium du squelette et des os (Berthélémy, 2008). Un déficit chronique peut provoquer des risques de fractures osseuses. Le calcium est surtout apporté par le laitage, par certains légumes-feuilles et le chou, les fruits secs et quelques eaux minérales (Peric *et al.*, 2007). Les apports journaliers recommandés sont de 1200 à 1500 mg/j pour l'adulte et varient de 700-900 mg/j pour les enfants de 4 à 8 ans et 1200 mg/jour pour les enfants de 9 à 13 ans et les adolescents de 13 à 20 ans (Berthélémy, 2008 ; Apfelbaum *et al.*, 2009).

1.5.4.6 Vitamines

Les vitamines sont des composés organiques qui sont sans valeur énergétique spécifique qui agissent à faible dose. Elles sont indispensables à l'organisme et doivent être apportées essentiellement par l'alimentation, car la synthèse humaine est insuffisante (Iravani *et al.*, 2020). Elles sont essentielles pour le maintien de la vie car leur carence dans la ration alimentaire engendre, à moyen ou à long terme, le développement de maladies de carence. Il existe treize familles de vitamines classées en deux catégories en fonction de leur solubilité : les vitamines hydrosolubles (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B9, B12 et C) et les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (Koffi-Tessio, 2003).

DEUXIEME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 Matériel biologique

2.1.1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de plusieurs ingrédients (Figure 7) : grains fermentés de *Biglobosa parkia* (A), feuilles de *Petroselinum crispum* (B), gousses d'*Allium sativum* (C), gousses d'*Allium cepa* (D), grains de *Piper nigrum* (E) et rhizomes de *Zingiber officinale* (F).

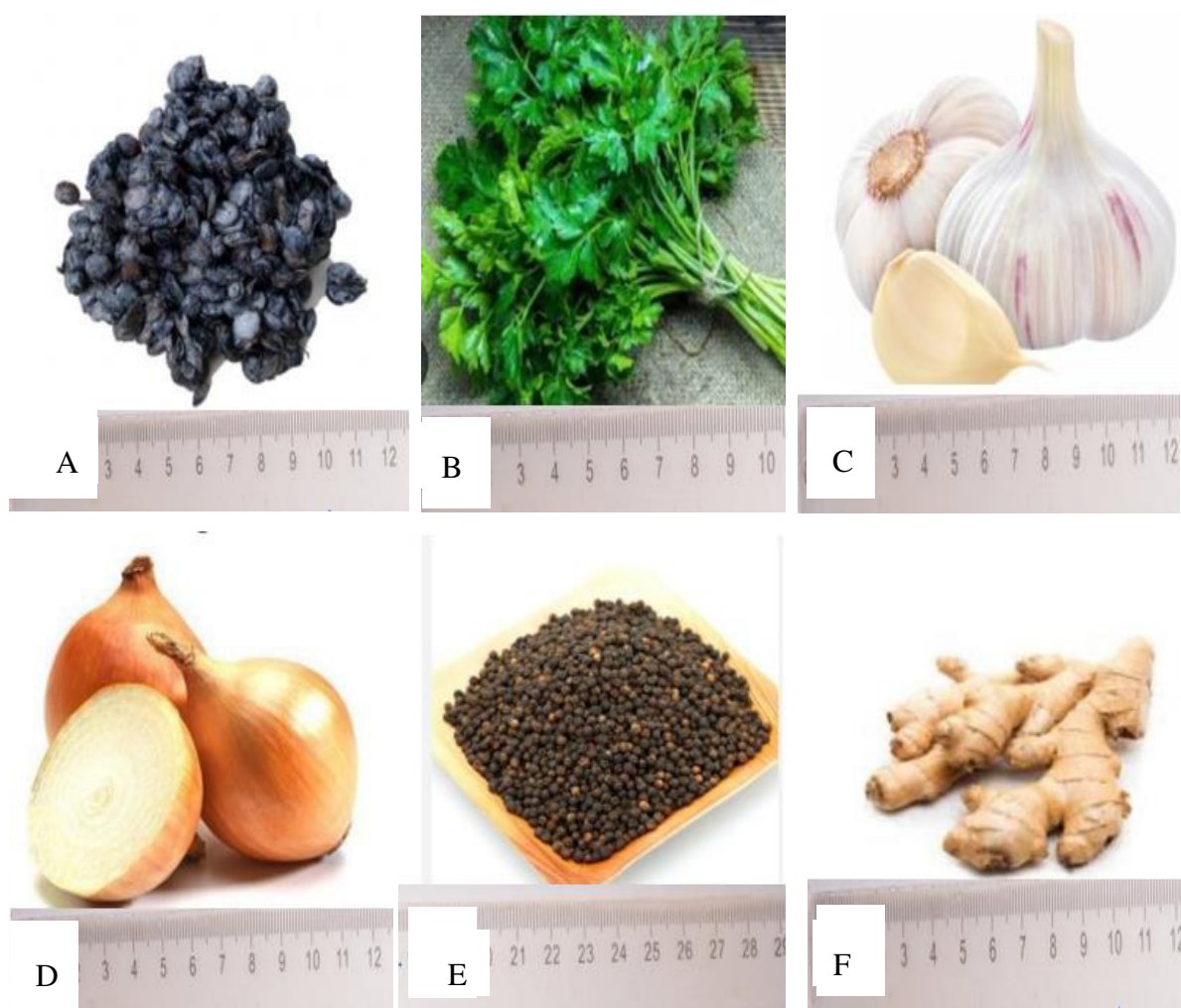


Figure 7 : Ingrédients utilisés pour la formulation

2.1.1.2 Matériel animal

Le matériel animal était composé des rats de la souche Wistar (*Ratus norvegicus*) âgés de 60 jours, dont les poids variaient entre 100 et 120 g (Figure 8).



Figure 8 : *Ratus norvegicus*

Population d'étude

Elle est constituée des habitants de la Côte d'Ivoire plus précisément des villes d'Abidjan, de Bouake et de Daloa pour l'enquête. Ensuite pour l'analyse sensorielle, la ville d'Abidjan a été retenue

2.1.2 Matériel technique

Le matériel technique est essentiellement constitué d'équipements, de verrerie, de produits chimiques et de consommables.

2.1.2.1 Equipements

Les équipements étaient constitués de :

- lyophilisateur (TELSA, HUCHUAN[®], Chine) qui a permis de déshydrater des aliments et d'autres produits
- bac de lavage (Thermo Fisher, Scientific Inc, États-Unis) qui a permis de séparer les impuretés et de nettoyer les ingrédients ;
- unité Kjeldahl de distillation automatique (K-370 buchi, Suisse) pour le dosage des protéines et de l'azote ;
- extracteur Soxhlet (Dimroth-Lenz, Allemagne) pour l'extraction par solvant en continu d'une espèce chimique contenue dans une poudre solide ;
- cristallisateur (VWR[®], Hitachi, USA) pour concentrer une solution aqueuse en sels ou en sucres par évaporation,
- broyeur à couteaux (RETSCH, RETSCH GmbH, Allemagne) qui a servi à broyer, hacher, ou réduire en poudre les ingrédients ;

- spectrophotomètre (MS-V5100, henzhen MSLab, China) qui a permis de mesurer de divers composés dans des solutions ;
- automate d'hématologie (Sysmex XN-1000, Sysmex Corporation, Japon) pour la Numération Formule Sanguine (NFS) et le taux de réticulocyte ;
- automate de biochimie (Cobas C 311, Roche Diagnostics, Suisse) pour le dosage des paramètres biochimiques ;
- analyseur d'électrolytes (Roche Diagnostics 9180, Roche Diagnostics, Suisse) pour l'ionogramme ;
- plaques chauffantes (J.P SELECTA, AGIMATIC-N, Espagne) qui ont servi à chauffer les solutions
- autoclave (SANOCLAV-WOLF 73312, Allemagne) qui a permis la stérilisation des milieux de cultures, des cônes pour micropipette et la destruction du matériel contaminé (boîtes de pétriensemencées) ;
- bain-marie (LABOVOLT, LV3b, France) qui a permis le maintien en surfusion des milieux de cultures ;
- hotte à flux laminaire verticale (FULFRANCE ESI, supcris 19, France) qui a permis l'ensemencement des boîtes de pétri dans des conditions stériles ;
- étuves (EMMERT, B 40, Allemagne) qui ont été utilisées pour l'incubation des cultures en boîtes de pétri et en tubes à essai ;
- compteur de colonnes (WTW, KEIMZAHNGERAT BZG 28, Allemagne) qui a servi dans le comptage des colonies ;
- sonde à gavage (Drencher, Kerbl, Allemagne) ;
- tubes collecteurs contenant de l'EDTA (Dmi) et de tubes secs (Dmi) ;
- broyeur mécanique (Retsch, M6951, Retsch GmbH, Allemagne) ;
- agitateur magnétique (IKAMAG RCT, IKA, Allemagne) ;
- mixeur (Blender, Bruon H-999A, Allemagne).

2.1.2.2 Verrerie

La verrerie est composée des tubes à essai, des boîtes de Pétri, des ballons, des pipettes graduées, des éprouvettes, des cristallisoirs, des erlenmeyers, des capsules d'incinération et les béchers.

2.1.2.3 Produits chimiques, milieux de culture et consommables

Les réactifs utilisés étaient les suivants :

- acide sulfurique (H₂SO₄) (BASF, BASF SE, Allemagne);
- pastille de KJEDAHN ou autres catalyseurs (sélénium ou un mélange de K₂SO₄ et du CuSO₄) (Merck, Allemagne) ;
- soude (NaOH) (BASF, BASF SE, Allemagne) ;
- acide borique (H₃BO₃) (Merck, Allemagne) ;
- réactifs de TASHIRO (Merck, Allemagne) ;
- chlorure de sodium (NaCl) (Merck, Allemagne) ;
- gélose Plate Count Agar (PCA, Difco, France) pour l'énumération des germes aérobies mésophiles (GAM) ;
- gélose Lactosée Biliée au crystal Violet et au Rouge neutre (VRBL) (Merck, France) pour l'isolement et l'énumération des coliformes totaux (CT) et thermosensibles (CTH) ;
- gélose Tryptone Bile-X-glucuronique (TBX) (Biokar Diagnostics, France) pour l'isolement et le dénombrement des *Escherichia coli* ;
- eau peptonée tamponnée (Merck, France) pour diluer le produit à analyser ;
- gélose Baird Parker (BP) (Merck, France) pour l'isolement et l'énumération de *Staphylococcus aureus* ;
- gélose Sabouraud (Merck, France) pour l'isolement et l'énumération des levures et moisissure ;
- rapport Vissialidis Soja (RVS) (Merck, France) pour l'isolement et le dénombrement de *Salmonella sp* ;
- hektöen Enteric Agar (HEA) (Biokar Diagnostics, France) pour l'isolement et le dénombrement de *Salmonella sp*.

2.2 METHODES

2.2.1.1 Echantillonnage et collecte des données

Des missions d'enquête ont été menées du 2 juin au 10 août 2022 dans les villes d'Abidjan, de Bouaké et de Daloa, soit une durée totale de 69 jours. Ces missions se sont déroulées en deux phases : une phase de pré-enquête, suivie de l'enquête proprement dite. La collecte des données a été réalisée à l'aide d'un questionnaire destiné exclusivement ménages, conformément à la méthode décrite par Dossou-Yovo *et al.* (2016). Ce questionnaire comportait des questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées, avec des champs prévus pour noter d'éventuelles réponses alternatives. Il portait principalement sur les préférences en

matière de bouillons alimentaires, la durée d'utilisation de ces produits ainsi que la fréquence de leur consommation au sein des ménages. Le nombre de ménages à interroger a été déterminé à l'aide de l'outil en ligne Survey Monkey Audience, sur la base d'une formule statistique adaptée à l'étude :

$$n_{\text{ajusté}} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{m^2}}{1 + \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{m^2} - 1}{N}} \quad (1)$$

$n_{\text{ajusté}}$ est le nombre de personne à interroger ; $z = 1.96$, pour un niveau de confiance de 95 % et $z = 2.575$ pour un niveau de confiance de 99 % ; p est la proportion de réponse ($p = 0.5$) ; m = marge d'erreur tolérée et N est le nombre total de ménages (Abidjan = 1 261 750 ; Bouaké = 152 187 et Daloa = 80 584).

Ainsi le nombre total de ménage obtenus à partir de la formule était de 385 qui a été ensuite complété à 656 ménages pour augmenter la fiabilité des réponses. L'entretien se faisait en personne et en une seule fois selon le principe de l'enquête de consommation du type « rappel de 24 heures » (Kouadio, 2021).

En ce qui concerne la qualité microbiologique, 42 échantillons y compris les ingrédients ont servi l'évaluation de la qualité du bouillon formulé.

Pour l'analyse sensorielle 30 personnes ont servi à l'évaluation du choix du produit optimal et 100 personnes le classement hédonique des bouillons

2.2.2 Enquêtes de consommation

2.2.2.1 Zones d'enquête

Cette enquête a été menée dans trois grandes villes de la Côte d'Ivoire : Abidjan, Bouaké et Daloa (Figure 9).

Abidjan, capitale économique située au sud du pays, compte 5 616 633 habitants répartis en 1261750 ménages, avec une taille moyenne de 4,5 personnes par ménage (RGPCI, 2021). Bouaké, chef-lieu de la région du Gbêkê au centre du pays, est la deuxième ville la plus peuplée après Abidjan et la troisième sur le plan économique. Elle abrite 832 371 habitants répartis en 152187 ménages, avec une taille moyenne de 5,4 personnes (RGPCI, 2021).

Daloa, située au centre-ouest dans la région du Haut-Sassandra, est la troisième ville la plus peuplée du pays. Sa population est estimée à 421 879 habitants, regroupés en 80 584 ménages, avec une taille moyenne de 5,2 personnes. Ce sont les villes les plus peuplées du pays (RGPCI, 2021).

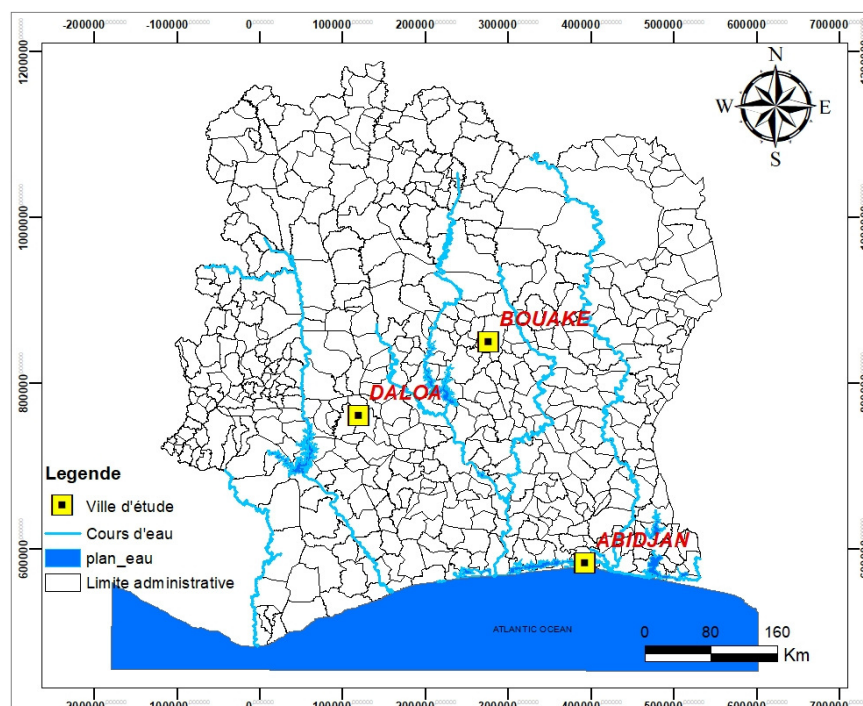


Figure 9 : Localisation des zones d'étude

2.2.3 Formulation du Néré-bouillon

Le bouillon formulé dans cette étude est désigné par Néré-bouillon.

2.2.3.1 Critères de choix et prétraitement des matières premières pour la formulation

2.2.3.1.1 Choix des ingrédients

Le choix des ingrédients utilisés pour la formulation du bouillon naturel s'est appuyé sur une revue bibliographique portant sur leur disponibilité, leur usage culinaire traditionnel, ainsi que leurs propriétés nutritionnelles et pharmacologiques (Chardigny, 2017 ; Laisse *et al.*, 2019 ; Tiendrebeogo *et al.*, 2021).

Ainsi, six ingrédients ont été sélectionnés : l'ail (*Allium sativum*), l'oignon (*Allium cepa*), le persil (*Petroselinum crispum*), le gingembre (*Zingiber officinale*), le soumara (grains fermentés de *Parkia biglobosa*) et le poivre vert sec (*Piper nigrum*). Ces ingrédients sont

couramment utilisés dans la cuisine ivoirienne et africaine, et sont reconnus pour leurs apports à la fois organoleptiques et fonctionnels dans l'alimentation. Ils sont sur le marché

2.2.3.1.2 Prétraitement des matières premières pour la conception du bouillon

La préparation des matières premières a suivi une série d'étapes rigoureuses visant à garantir l'hygiène et la qualité des ingrédients. Dans un premier temps, tous les ingrédients (ail, oignon, persil, gingembre, soumara et poivre vert) ont été soigneusement lavés afin d'éliminer les impuretés, notamment les résidus de poussière, les agents phytosanitaires et les microorganismes superficiels, conformément aux recommandations de Robert *et al.* (2021). Le lavage a été réalisé par immersion des matières premières dans des bacs contenant une solution d'eau chlorée (hypochlorite de sodium – NaClO) à une concentration de 0,2 %, pendant une durée de 5 minutes. Cette étape a été suivie d'un rinçage abondant à l'eau potable courante afin d'éliminer tout résidu de chlore (Godos *et al.*, 2024).

Après le rinçage, un tri minutieux a été effectué pour retirer les éléments non conformes tels que les parties abîmées, pourries ou trop mures. Les ingrédients conformes ont ensuite été préparés en fonction de leur forme de transformation : l'ail, l'oignon et le gingembre ont été découpés en tranches à l'aide d'un robot coupe adapté. Les matières premières égouttées (ail, oignon, persil, poivre vert, gingembre et soumara) ont ensuite été soumises à un séchage par lyophilisation à l'aide d'un lyophilisateur de marque TELSA (HUCHUAN®, Chine), permettant de préserver leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques.

Enfin, les produits lyophilisés ont été réduits en poudre à l'aide d'un mixeur de type Blender (Bruon H-999A, Allemagne), conformément à la méthode décrite par Hemery *et al.* (2007)

2.2.3.2 Cadrage de la formulation

Cette étape a consisté à formuler le bouillon en pesant et en mélangeant des quantités déterminées de sel, de soumara et d'épices (ail, oignon, gingembre, poivre) dans un récipient, conformément à la méthode décrite par Gallen (2005).

La détermination des proportions des ingrédients a suivi une démarche progressive en deux phases :

- (1) Une première formulation a été établie sur la base des données bibliographiques disponibles et d'essais préliminaires de fabrication d'échantillons.

(2) Les proportions initiales ont ensuite été ajustées en tenant compte des contraintes technologiques, notamment l'intensité du goût et de l'arôme des ingrédients, ainsi que la couleur finale du bouillon.

À chaque essai, les ajustements ont été validés à partir d'un test sensoriel réalisé par cinq groupes de six évaluateurs externes (cf. Annexe 2). Ce test de validation reposait sur trois critères d'évaluation sensorielle : le goût, l'odeur et la couleur.

Au cours du processus, les proportions de soumara et de sel ont été maintenues fixes à respectivement 55 % et 12,5 %. En revanche, les proportions des autres ingrédients persil, ail, oignon, gingembre et poivre ont été modifiées selon les différents essais, comme illustré dans la Figure 10.

Chaque formulation testée a fait l'objet d'une appréciation basée sur un système de notation sur 10, permettant de juger la pertinence de l'essai au regard des critères définis. Le résultat de chaque test était soit validé, soit rejeté en fonction du niveau de satisfaction des critères sensoriels (Tableau VII). Ce processus rigoureux a permis d'optimiser la formulation du bouillon en fonction des préférences organoleptiques.

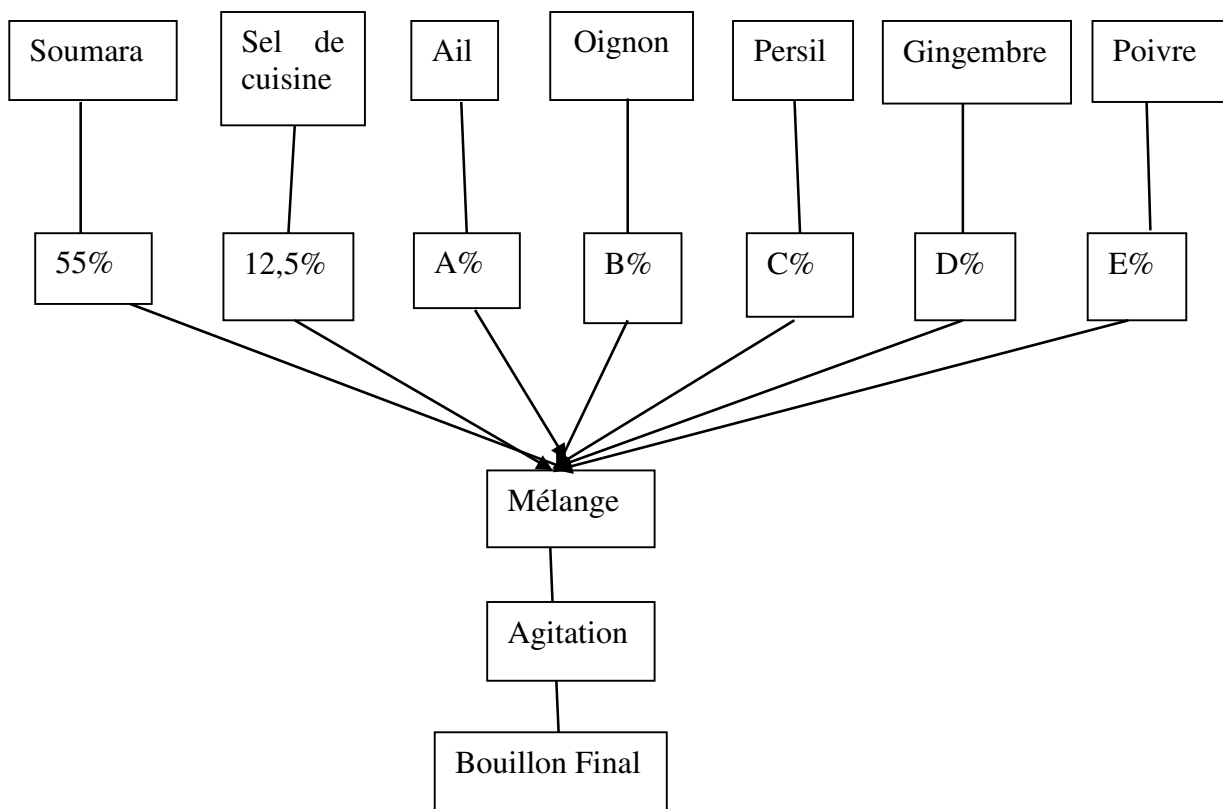


Figure 10 : Diagramme de formulation du Néré -bouillon

Avec A, B, C, D et E sont les pourcentages respectivement pour l'ail, l'oignon, persil, gingembre et poivre fonction ; Q : Quantité du bouillon final

Tableau VII : Essai de formulation de bouillon et notes d'appréciation

Ingrédients	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3
Soumara	55 %	55 %	55 %
Sel	12, 5 %	12,50 %	12,5 %
Ail	[5 ; 7] %	[10 ; 12] %	[8 ; 9] %
Persil	[5 ; 7] %	[11 ; 13] %	[7 ; 8] %
Oignon	[5 ; 7] %	[8 ; 10] %	[7; 8] %
Gingembre	[5 ; 7] %	[1 ; 3] %	[4; 6] %
Poivre vert	[5 ; 7] %	[0,5 ; 3] %	[3 ; 5] %

2.2.3.3 Analyse microbiologique du bouillon alimentaire

2.2.3.3.1 Echantillonnage

Dans le cadre de cette étude, deux niveaux d'échantillonnage ont été réalisés pour l'analyse microbiologique de 42 échantillons.

Le premier niveau a consisté à évaluer la qualité microbiologique individuelle de chacun des ingrédients entrant dans la formulation du bouillon, à savoir : l'ail (*Allium sativum*), l'oignon (*Allium cepa*), le soumara (grains fermentés de *Parkia biglobosa*), le persil (*Petroselinum crispum*), le gingembre (*Zingiber officinale*) et le poivre vert (*Piper nigrum*). Cette étape visait à s'assurer que les matières premières utilisées ne présentent aucun risque microbiologique pouvant compromettre la sécurité du produit final. Le second niveau d'échantillonnage a porté sur le produit formulé, dénommé « Néré-bouillon ». Une analyse microbiologique complète a été réalisée sur ce produit fini afin de vérifier sa conformité aux normes de sécurité alimentaire.

Pour chaque analyse, un échantillon de 30 g a été prélevé et conditionné dans un sachet hermétique à fermeture zip, conformément à la norme ISO 2859-1, afin de prévenir toute contamination externe ou l'introduction de xénobiotiques susceptibles d'altérer les résultats

microbiologiques (Chao-Pérez *et al.*, 2008). Cette méthode d'échantillonnage rigoureuse garantit l'intégrité des échantillons et la fiabilité des données obtenues.

2.2.3.3.2 Recherche des microorganismes dans les échantillons

L'analyse microbiologique a porté sur la quantification de plusieurs groupes de micro-organismes indicateurs d'hygiène et de sécurité sanitaire des aliments. Les paramètres évalués comprennent:

- la flore aérobie mésophile totale, indicatrice de la charge microbienne générale et de l'hygiène de transformation ;
- les coliformes totaux et les coliformes fécaux, témoins d'une éventuelle contamination d'origine fécale ou environnementale ;
- *Escherichia coli*, indicateur spécifique d'une contamination fécale récente ;
- *Staphylococcus aureus*, dont la présence reflète une contamination post-transformation, souvent liée à la manipulation humaine ;
- les levures et moisissures, représentatives de la flore fongique, pouvant altérer la qualité du produit et entraîner des risques mycotoxiques ;
- la recherche de *Salmonella sp.*, agent pathogène majeur impliqué dans les toxi-infections alimentaires d'origine bactérienne.

L'ensemble de ces analyses a permis de vérifier la conformité microbiologique des échantillons aux normes de qualité en vigueur, garantissant ainsi la sécurité du produit destiné à la consommation.

2.2.3.3.2.1 Préparation des solutions

La préparation des échantillons pour l'analyse microbiologique a été réalisée conformément à la norme AFNOR NF V08-010-2 (1996), qui définit les méthodes de préparation des suspensions mères et des dilutions décimales.

Pour chaque échantillon, une masse de 25 g a été prélevée de manière aseptique, puis introduite dans un sac stérile contenant 225 mL d'eau peptonée tamponnée (EPT). Ce mélange a été homogénéisé afin d'obtenir la suspension mère au rapport 1/10.

Cette suspension mère a permis la réalisation d'une gamme de dilutions décimales sérielles. Ainsi, 1 mL de la suspension mère a été transféré dans un tube contenant 9 mL d'EPT, puis agité à l'aide d'un vortex pour obtenir la dilution 10^{-1} . La dilution 10^{-2} a ensuite été obtenue en

prélevant 1 mL de la dilution précédente (10^{-1}), ajoutée à 9 mL d'EPT, puis de nouveau homogénéisée.

Ce procédé a été répété jusqu'à obtention des dilutions souhaitées pour l'ensemencement des milieux de culture. La Figure 11 illustre le schéma de préparation des dilutions décimales. Cette étape est essentielle pour assurer la reproductibilité et la fiabilité des analyses microbiologiques.

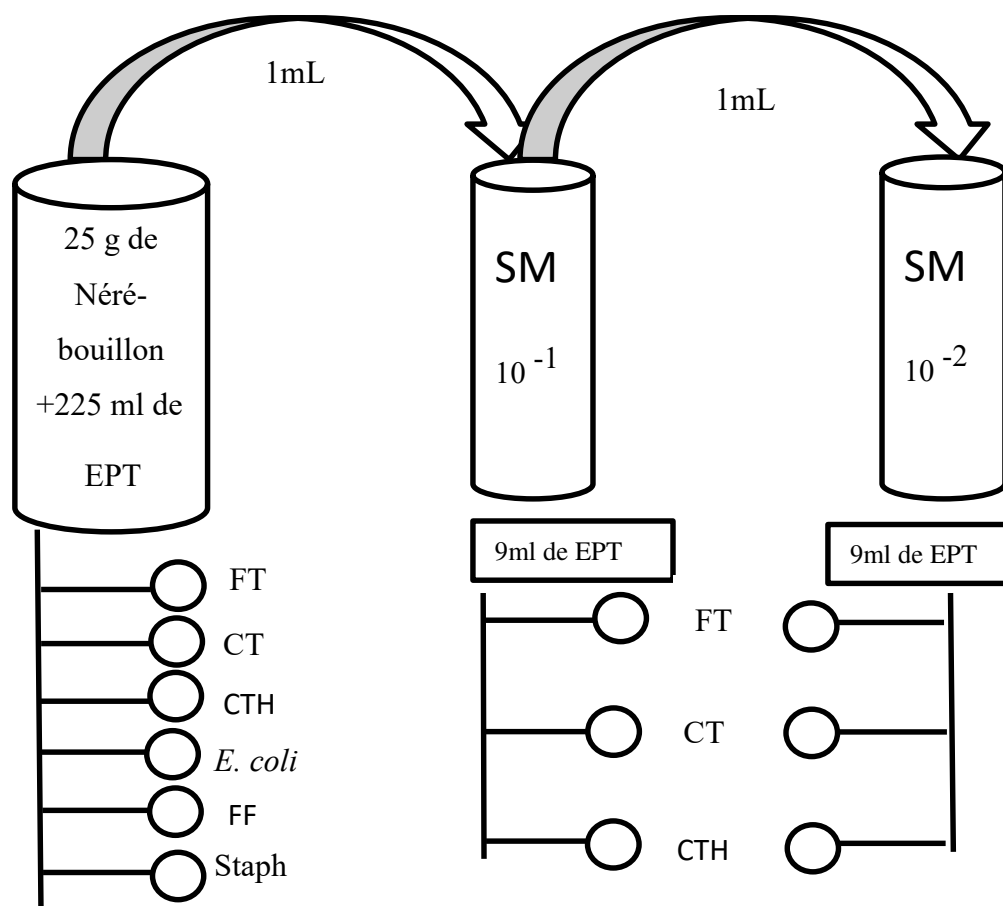


Figure 11 : Préparation des milieux de cultures

2.2.3.3.2 Dénombrement de la flore aérobique mésophile totale

Le dénombrement des GAM a été effectué sur la Gélose plat count agar (PCA) selon la norme UNI EN ISO 4833-1 (ISO, 2013). Pour cette étude, un ensemencement dans la masse a été utilisé comme méthode. En pratique, un volume de 1 mL de chaque solution diluée préalablement préparée a été introduite dans une boîte de pétri à l'aide d'une pipette stérile de 2 mL. Ensuite, un volume de 15 mL du milieu PCA, préparé selon le fabricant et conservé à une température de 47 °C (+/- 2 °C) au bain-marie, a été coulé dans les boîtes contenant les

échantillons. Le mélange obtenu a été homogénéisé par agitation pendant 1 minute. Après solidification, un volume de 5 mL du même milieu gélose PCA a été coulé. Puis, l'ensemble a été incubé après solidification à 37°C pendant 48 heures. Les boîtes dont les colonies sont comprises entre 30 et 300 ont été retenues pour le dénombrement.

2.2.3.3.2.3 Dénombrement des coliformes totaux et thermosensibles

La norme NF V08-060 (ISO, 2009) a permis le dénombrement des Coliformes totaux et fécaux à l'aide de la technique d'ensemencement dans la masse. Selon cette norme, dans une boîte de Pétri contenant un volume de 1 mL de chaque solution diluée, un volume de 15 mL de la gélose VRBL fondue a été versé. L'ensemble est rapidement homogénéisé à l'aide d'un vortex. Après solidification de la première couche, un volume de 10 mL gélose VRBL fondue a été coulé. Les boîtes de Pétri sont alors placées dans un incubateur à 30°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes thermosensibles. La lecture des boîtes a été faite après 24 heures d'incubation.

2.2.3.3.2.4 Dénombrement de *Escherichia coli*

Le dénombrement de *Escherichia coli* a été réalisé selon la Norme ISO 16649-3 (ISO, 2016) par la technique d'ensemencement dans la masse. A cet effet, dans une boîte de Pétri contenant un volume de 0,1 mL de la solution mère ou l'inoculum, un volume de 15 mL du milieu gélosé TBX préparé selon le fabricant et conservé à une température de 47 °C (+/- 2 °C) au bain-marie a été coulé. Le mélange obtenu a été homogénéisé par agitation à l'aide d'un vortex pendant 1 minute. Après solidification, une seconde couche de 5 mL de milieu gélosé TBX a été coulée et les boîtes ont été mise en incubation à 44 °C pendant 24 heures. Les colonies caractéristiques de *E. coli* avec une coloration bleu-vert ont été dénombrées.

2.2.3.3.2.5 Dénombrement de *Salmonella sp*

La recherche de ce germe a été effectuée par la technique de microbiologie classique selon la norme ISO 6579-1 (ISO, 2017). D'abord, un pré-enrichissement a été réalisé avec une prise d'essai de 25 g du bouillon formulé dans 225 mL d'eau peptonée tamponnée (EPT) puis incubée à 37 °C pendant 24 heures. Ensuite, un enrichissement sélectif a été réalisé en introduisant un volume de 0,1 mL du milieu pré-enrichi dans 10 mL de rappaport vassiliadis (RV10). L'ensemble obtenu a été incubé à 44 °C pendant 24 heures. Après incubation, un isolement a été effectué par la technique de stries d'épuisement, en prélevant un aliquot 0,1 mL de culture d'enrichissement suivi de l'ensemencement sur le milieu Hektoën. Les boîtes de Pétri ont été par la suite incubées à 37 °C pendant 24 heures. La lecture des boîtes a été faite après 72 heures.

2.2.3.3.2.6 Dénombrement des *Staphylocoques auréus*

Les techniques de microbiologie classique selon les normes ISO 6888-1 (ISO, 2021) ont été utilisées. Un volume de 0,1 mL de chaque dilution (10^{-1} à 10^{-4}), prélevé à l'aide d'une pipette sérologique de 2 mL stérile, a été introduit dans une boîte de Pétri contenant le milieu gélosé Baird Parker préalablement coulé et séché. Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubées à 37 °C pendant 24 heures. Les colonies caractéristiques de *S. aureus* ont été dénombrées.

2.2.3.3.2.7 Dénombrement des flores fongiques

Le dénombrement des levures et des moisissures s'est fait sur la gélose Yeast extract Glucose Chloramphenicol (YGC) selon les normes NF ISO 21527-1 : 2008 et NF ISO 21527-2 : 2008. Pour ce faire, un volume de 15 mL de la gélose a été coulé dans une boîte de Pétri. Après solidification à la température ambiante, un volume de 0,1 mL de la solution mère ou inoculum a été respectivement déposé dans les différentes boîtes préparées à cet effet. L'inoculum a été ensuite étalé rapidement sur la gélose à l'aide d'une pipette râteau, puis l'ensemble a été incubé à 30°C pendant 48 heures avant la lecture.

2.2.3.3.2.8 Détermination des charges bactériennes

Selon la norme ISO 7218, le nombre total de colonies présentes dans l'unité d'échantillonnage a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{(n1 + n2)d v} \quad (2)$$

N : désigne le nombre de colonie par g ou ml de produit et est exprimé en UFC., $\sum C$: désigne la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues, n1 : désigne le nombre de boîte retenu lors de la première dilution, n2 : désigne le nombre de boîte retenu lors de la deuxième dilution, d : désigne le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue V : Volume de l'inoculum prélevé.

Les quantités des flores obtenues ont été comparées aux critères de référence afin d'apprécier leur niveau de qualité microbiologique (Tableau VIII, IX)

Tableau VIII : Critère de référence (UFC/g)

Germes	Unité	Références	Critères maximum
Flore Totale	UFC/g	NF EN ISO 6 222	10 ⁵
Coliforme Totaux	UFC/g	NF V08-050	10 ³
Colif. thermo.	UFC/g	NF EN ISO 9308-1	10 ³
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	NF EN ISO 9308-1	10
Salmonella	Prés. Abs/25 g	NF V08-061	Absent
<i>Staph. Aureus</i>	UFC/g	NF T90-412	10 ³
Levures	UFC/g	EN ISO 7954	10 ³
Moisissures	UFC/g	EN ISO 7954	10 ³

Tableau IX : Grille d'appréciation de la qualité microbiologique

Valeur de N et Appréciations	Conditions	
N < m ; salmonella = 0	QMTS	Les dénombrements sont tous inférieurs au critère m avec absence de salmonella.
N < 3m ; salmonella = 0	QMS	Les dénombrements sont tous inférieurs à 3 fois le critère m avec absence de salmonella.
3m < N < 10m ; salmonella = 0	QMA	Le dénombrement est compris entre 3 et 10 fois le critère m avec absence de salmonella
10m < N < 500m ; salmonella = 0	QMNS	Les dénombrements sont compris entre 10 et 500 fois le critère m avec absence de salmonella.
500m < N < 1000m	QC	Un dénombrement compris entre 500 et 1000 fois le critère m avec présence de salmonella.

N : désigne le nombre de colonies par g ou ml de produit et est exprimé en UFC
 Q : qualité , M : microbiologie, T : très , N : non, S : satisfaisant, C : corrompu , m : critère maximum d'appréciation

2.2.3.4 Détermination de la Date Limite de Consommation du Néré-bouillon

La Date Limite de Consommation (DLC) a été déterminée en mesurant la cinétique de croissance des flores aérobies mésophiles totales (FAMT) et les flores fongiques (FF) à partir

d'un test de vieillissement réalisé dans des conditions de stockage normales. Les flores sont des indicateurs essentiels qui permettent d'évaluer la durée de conservation et le potentiel à se détériorer d'un produit alimentaire. Ils offrent ainsi un éclairage précieux sur la stabilité microbiologique d'un aliment.

Pour ce faire, des échantillons du Néré-bouillon (125 g) ont été conservés à la température ambiante. Ensuite, une série de dénombrements ont été effectués aux jours J0, J4, J8 et J12. Ces analyses ont permis de tracer la courbe de croissance de ces microorganismes. Ensuite, cette croissance a été modélisée par une courbe de tendance d'équation $y = at + b$, avec y le nombre d'unités formant une colonie par g d'échantillon et x est le temps. Ainsi la DLC correspond au temps (t) à partir de laquelle la quantité de germes dépasse le seuil critique $m = 10^5$ (critère de référence, Tableau VIII) soit $m = y$. La DLC est calculée avec une marge α de 5%.

$$\text{DLC} = t \pm 5\%$$

(3)

2.2.3.5 Evaluation sensorielle du Néré-bouillon

Dans le cadre de cette étude, le test de classement hédonique a été employé pour évaluer caractère sensoriel du Néré bouillon. Pour ce test, il n'est pas nécessaire de spécifier la nature de la différence et l'ordre des produits n'est pas connu d'avance.

Pour le test de classement hédonique, les cubes Tablette et Crevette ont été utilisée comme des témoins compte tenu de leur forte consommation observée à partir des résultats d'enquête. Ainsi, les chips de banane ont été imprégnées des différentes saveurs des bouillons et identifiées par chips à la tablette, chips à la crevette et chips du Néré bouillon. Ces différentes chips ont été codifiées X, Y et Z pour le chip au Néré-bouillon, pour le chip au bouillon crevette et pour le chip au bouillon tablette respectivement. Ces chips ont été ensuite soumis à l'évaluation d'un jury composés de 100 dégustateurs. Le test non paramétrique de Friedman a été utilisé pour analyser les résultats en calculant la somme des rangs attribués à chaque produit.

Ces sommes permettent de comparer les résultats et de juger de la différence observée entre elles. Ainsi, plus la somme des rangs est élevée, moins l'échantillon est classé et vice versa.

La valeur observée (F) et la valeur théorique (z) sont à déterminer et ont été comparées pour savoir s'il y a une différence entre les produits.

- Si $F < z$ alors les produits ne sont pas différents
- Si $F > z$ alors les produits sont globalement différents

Valeurs observée = $|R_i - R_j|$

Si $|R_i - R_j| < \delta$ alors R_i et R_j ne sont pas différents pour la caractéristique étudiée

Si $|R_i - R_j| > \delta$ alors R_i et R_j sont différents sur cette caractéristique.

2.2.4 Analyse des paramètres physico-chimiques et nutritifs

2.2.4.1 Analyses physico-chimiques

2.2.4.1.1 Détermination du potentiel d'Hydrogène et de l'acidité totale titrable

Le pH et l'acidité titrable ont été mesurés respectivement par potentiométrie à l'aide d'un pH-mètre et par titrimétrie en utilisant du NaOH à 0,1N. Pour ce faire, dix grammes (10 g) d'échantillon du produit ont été délayés dans 100 mL d'eau distillée pendant 3 min sous agitateur magnétique. La solution obtenue a été centrifugée à 1000 tours/min pendant 15 min en utilisant une centrifugeuse (Horizon 642 VES, THE DRUCKER CO., USA). Ensuite, 10 mL du surnageant ont été prélevés et l'électrode du pH-mètre (HANNA HI98240, Hanna Instruments, Chine) y a été soigneusement plongé. Le pH a été ensuite lu directement à l'écran du pH-mètre.

Après lecture du pH, 2 gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées à 10 mL du surnageant obtenu précédemment. Le mélange est ensuite dosé avec une solution de NaOH 0,1 N jusqu'au virage rose pâle. L'eau distillée a été utilisée pour le blanc dans les mêmes conditions que précédemment. L'acidité a été calculée en milliéquivalents pour 100 g d'échantillon (meq /100 g) selon la formule ci-après :

$$\text{Acidité (mEq/100g)} = \frac{N_1 \times V_1 \times 10^5}{m \times V_0} \quad (4)$$

N_1 : Normalité de NaOH ; m : Prise d'essai ; V_0 : Volume de la solution prélevé pour le titrage.

Trois déterminations ont été faites pour chaque échantillon. N_1 : Normalité de la solution prélevée ;

V_1 : Volume (mL) de la solution prélevée

2.2.4.1.2 Détermination de la teneur en eau

la teneur en eau a été déterminée selon les méthodes AOAC 935.14 et 992.24. (AOAC, 2005). Dans cette optique, cinq (5) grammes de bouillon ont été pesées dans un creuset en porcelaine préalablement pesé (M_0). L'ensemble échantillon-creuset (M_1) a été placé à 105 °C à l'étuve jusqu'à obtenir une masse constante. Le creuset a été ensuite retiré de l'étuve et placé

dans le dessiccateur pour le refroidissement, puis à nouveau pesé en M2. Cette opération a été répétée trois fois. la teneur en eau (Te) a été calculé en utilisant la formule ci-dessous :

$$Te(\%) = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100 \quad (5)$$

TMS : Taux de matière sèche ; M0 : Masse (g) du creuset à vide ; M1 : Masse (g) de l'ensemble creuset et échantillon avant étuvage ; M2 : Masse (g) de l'ensemble creuset et échantillon après étuvage.

2.2.4.1.3 Détermination du taux de cendres totales du Néré-bouillon

Le taux de cendres a été déterminé en utilisant les méthodes AOAC 935.14 et 992.24 (AOAC, 2005). Les cendres ont été déterminées en incinérant un échantillon jusqu'à ce qu'il y ait une cendre blanche. Cinq grammes (5 g) de bouillon (Pe) ont été pesé dans un creuset en porcelaine de masse connue (M0 en gramme) et ont été placés au four à moufle (Nabertherm GmbH, Allemagne) à 550 °C pendant 8 heures. Après calcination, le creuset contenant l'échantillon a été refroidi au dessiccateur pendant 30 minutes. Cette nouvelle masse de l'échantillon a été effectuée (M1). La quantité de cendres (C%) a été calculée en utilisant la formule ci-dessous.

$$C(\%) = \frac{M1 - M0}{Pe} \times 100 \quad (6)$$

M1 : Masse (g) du creuset vide + échantillon après incinération ; M0 : Masse (g) du creuset vide ; Pe : Prise d'essais (g) ; % C : quantité de cendres obtenue.

2.2.4.1.4 Détermination de la teneur en protéines brutes du Néré-bouillon

Les protéines brutes ont été mesurées en utilisant la méthode de Kjeldhal selon la méthode AOAC 935.14 et 992.24 (AOAC, 2005). Cette méthode se fait en 3 étapes qui sont : la minéralisation, la distillation et le titrage par l'acide sulfurique.

Minéralisation

Un aliquot de 1 g d'échantillon a été pesé dans un matras de minéralisation, auquel ont été ajoutés un catalyseur (95 % K₂SO₄ + CUSO₄ et 2 % de sélénium) et 20 mL d'acide sulfurique concentré (95 - 97 %). La minéralisation a été réalisée à 420 °C pendant 4 heures dans un

digesteur. Après refroidissement à la température ambiante, le minéralisât a été transféré dans une fiole jaugée de 100 mL, puis complété au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Distillation

Un volume de 10 mL de soude (NaOH) à 40 % (p/v) a été ajouté à 10 mL de minéralisât. Le mélange est mis dans le réservoir du distillateur. Ensuite, allonge du réfrigérant du distillateur est placé dans un récipient contenant 20 mL d'acide borique contenant un indicateur mixte (rouge de méthyle + vert de bromocrésol) à un pH de 4,4-5,8. La distillation est réalisée pendant 10 minutes jusqu'à l'obtention du distillat.

Titrage

Le distillat obtenu est ensuite dosé avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,1 N jusqu'au virage contre un blanc constitué d'eau distillée. Les formules suivantes ont été utilisées pour calculer la quantité totale de protéines.

$$\text{Azote Total} = \frac{[(V1 - V0) \times N \times 0,14]}{Me} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Protéines} = \text{Azote totale (\%)} \times 6,25 \quad (8)$$

V0 : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai à blanc, V1 : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai (échantillon), N : Normalité de la solution d'acide sulfurique (0,1 N), Me : Masse (g) de l'échantillon, 14 : Masse atomique de l'azote, 6,25 : Coefficient de conversion de l'azote en protéines.

2.2.4.1.5 Détermination de la teneur en matière grasse du Néré-bouillon

Les matières grasses (lipides) ont été extraites de l'échantillon à l'aide d'un extracteur multi-SOXHLET en utilisant du n-hexane conformément à la méthode décrite de AOAC 935.14 et 992.24 (AOAC, 2005). Une quantité de 10 g d'échantillon a été placée dans une cartouche de Whatman préalablement tarée. Ensuite, un volume de 300 mL de n-hexane a été ajouté au ballon d'extraction préalablement pesé à vide (M_0). Le ballon d'extraction a été placé sur la calotte et chauffé à reflux à 110 °C pendant 7 heures pour accomplir l'extraction. Le ballon a été extrait de l'appareil SOXHLET, et placé dans l'étuve à 100 °C pendant 20 minutes afin d'évaporer complètement du solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif (HEILDOLPH Laborata 4003 Control, Schwabach, Germany). Après l'évaporation, le ballon a été repesé (M_1) et la teneur en lipides a été déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Lipides} = \frac{(M1 - M0)}{Me} \times 100 \quad (9)$$

M_0 : Masse (g) du ballon vide, M_e : Masse (g) de l'échantillon, M_1 : Masse (g) de l'ensemble (ballon + lipides) après incinération.

2.2.4.1.6 Détermination de la teneur en fibres brutes

Les fibres brutes ou fibres insolubles regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses et la lignine. La teneur en fibres brutes (FB) des échantillons a été déterminée selon la méthode AOAC 935.14 et 992.24. (2005). Cette méthode consiste à traiter l'échantillon à ébullition par l'acide sulfurique et ensuite par la soude. Le résidu obtenu est séché puis calciné et pesé. Le mode opératoire a consisté à introduire 2 g (M) de l'échantillon de la farine des mets dans un bécher contenant 50 mL d'acide sulfurique 0,25 N. Le mélange a ensuite été porté à ébullition pendant 30 minutes. Cinquante (50) millilitres de soude 0,3 N ont été ajoutés au mélange en ébullition pendant 30 minutes sur une plaque chauffante. Après filtration, le résidu a été lavé plusieurs fois à l'eau distillée chaude jusqu'à élimination complète des alcalis. L'insoluble obtenu a été séché à 105 °C pendant 8 heures et pesé (M_1). Ce résidu sec a été soumis à une incinération à 550 °C au four à moufle à régulation automatique (Nabertherm GmbH, Germany), préalablement chauffé à 550 °C pendant 3 heures et les cendres ont été pesées (M_2). La teneur en fibres brutes (g/ 100g) a été donnée par la relation suivante :

$$\text{Fibres brutes} = \frac{(M_1 - M_2)}{M} \times 100 \quad (10)$$

Avec M : Masse (g) de l'échantillon prélevé, M_1 : Masse (g) de l'échantillon après 8 h de temps à l'étuve, M_2 : Masse (g) de résidu sec après une incinération à 550 °C pendant 3 h

2.2.4.1.7 Détermination du taux de glucides du Néré-bouillon

La quantité de glucides assimilables a été calculée selon la méthode de différence de la FAO (FAO, 2002) selon la formule mathématique suivante :

$$\text{Glucides (\% MS)} = [100 - (\% \text{ Protéines} + \% \text{ Lipides} + \% \text{ Fibres} + \% \text{ Cendres})] \quad (11)$$

2.2.4.1.8 Valeur énergétique du Néré-bouillon

La valeur énergétique (VE) a été calculée en utilisant la méthode appliquée par Yéboué *et al.*, (2017). Cette valeur a été obtenue à l'aide de la formule mathématique suivante :

$$\text{VE (Kcal/100g MS)} = 4 \times (\% \text{ Protéines}) + 9 \times (\% \text{ Lipides}) + 4 \times (\% \text{ Glucides}) \quad (12)$$

2.2.4.2 Dosage des minéraux du Néré-bouillon

2.2.4.2.1 Phosphore

La méthode de Henry (1974) a permis de doser le phosphore grâce à la réaction de Molybdate en UV. C'est une réaction photométrique selon laquelle, le phosphate inorganique réagit avec le molybdate d'ammonium en présence d'acide sulfurique pour donner du phosphomolybdate. La concentration du phosphomolybdate obtenu est directement proportionnelle à la concentration en phosphate inorganique.

En pratique, un volume de 2,5 µL de la solution a été ajouté à 90 µL d'acide sulfurique (0,36 mol/L) diluée dans 28 µL d'eau déionisée. Après homogénéisation, un volume de 38 µL d'une solution composée de Molybdate d'ammonium 3,5 mmol/L, d'acide sulfurique (0,36 mol/L) et de cholate de sodium (150 mmol/L) a été ajouté. L'ensemble obtenu a été homogénéisé. La lecture a été faite à la longueur d'onde de 340 nm.

$$P \text{ (mg/100 g)} = \frac{M_p \times C \times 0,05}{P_e} \quad (13)$$

P : Quantité de phosphore, C : Concentration en phosphore, M_p : Masse molaire du phosphore, P_e : Prise d'essai

2.2.4.2.2 Quantification des minéraux du Néré-bouillon

Les autres minéraux ont été évalués en utilisant les méthodes AOAC 935.14 et 992.24 (AOAC, 2005). Un échantillon de cendres (0,5 g) a été dissous dans 31 mL d'un mélange d'acide perchlorique (11,80 mol/L), d'acide nitrique (14,44 mol/L) et d'acide sulfurique (18,01 mol/L). Après agitation, le mélange a été chauffé sur une plaque chauffante jusqu'à ce que des fumées blanches épaisses apparaissent. Le milieu réactionnel obtenu a été refroidi à la température ambiante pendant 10 minutes. Après dilution dans 50 mL d'eau déionisée, le mélange a été réchauffé pendant 30 minutes, puis refroidi à nouveau dans les mêmes conditions. Le mélange obtenu a été filtré sur du papier filtre Whatman n° 4. Au filtrat obtenu, de l'eau distillée a été ajouté jusqu'à atteindre le trait de jauge de la fiole. Le mélange ainsi obtenu a servi à la détermination du taux de matière minérale à l'aide d'un spectrophotomètre atomique à flamme (SHIMADZUS 5, type A.A-6200) par comparaison avec les différentes solutions étalons à une longueur d'onde spécifique à chaque élément recherché. La formule suivante a été utilisée pour calculer les concentrations des minéraux :

$$A \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{C_o}{P_e} \cdot 100 \quad (14)$$

A : Quantité du minéral, Co : Concentration du minéral, Pe : Prise d'essai

2.2.4.3 Détermination des acides gras du Néré-bouillon

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) a permis de déterminer la composition en acides gras de la matière grasse, en utilisant des esters méthyliques des acides gras méthanolysés par un mélange BF₃-méthanol (Abidi, 2000). Les esters ainsi obtenus ont été examinés sur une colonne d'éthylène glycol adipate stabilisé (EGA). Elle se fait selon les étapes suivantes.

- **Transestérification au BF₃-méthanol**

Une masse de 10 mg d'huile extrait du bouillon final a été placée dans un tube. Ensuite 0,2 mL d'hexane et 0,5 mL du réactif BF₃ méthanol ont été ajoutés. Le tube fermé a été mis dans un bain marie à de 70 °C pendant 90 minutes.

Extraction des esters méthyliques : une fois la transestérification effectuée, le tube a été réfrigéré à température ambiante. Après ajout successif de 0,5 mL d'une solution saturée de NaCl, de 0,2 mL de H₂SO₄ 10 % et de 9 mL d'hexane, l'ensemble a été agité vigoureusement. Un volume de 0,5 mL de la couche supérieure de la solution a été injectée dans le chromatographe en phase gazeuse (HP 6890 séries GC système).

- **Analyse chromatographique**

Les acides gras ont été séparés par chromatographie en phase gazeuse (CPG). Une quantité de 0,5 µL des esters méthyliques obtenus précédemment est injecté sur un ensemble de deux (2) colonnes. La colonne capillaire utilisée a été une colonne de silice fondue (0,33 H-P-1 dimethylpolysiloxane) tandis que la colonne CP-WAS-52 (polyéthylène glycol) a été utilisée. La température de l'injecteur a été ajustée à 275 °C et celle du détecteur à 325 °C. À l'entrée de la colonne, la pression de l'azote, qui est le gaz vecteur, a fluctué entre 6,90 et 47,6 Kpa. Le taux de débit a été maintenu à 1 cm/minute et le temps de latence a été de 15 secondes. Des esters méthyliques d'acides gras de référence ont été utilisés pour identifier les pics, en comparant les distances de rétention de chaque pic du chromatogramme avec celles obtenues des standards.

2.2.4.4 Détermination de certains composés phytochimiques du Néré-bouillon.

2.2.4.4.1 Extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques totaux a été réalisée par macération à froid selon une méthode adaptée de Singleton & Rossi (1965), avec quelques modifications. Cinq grammes (5 g) d'échantillon lyophilisé ont été mélangés avec 50 mL d'un solvant hydroalcoolique composé de méthanol : eau (80:20, v/v). Le mélange a été homogénéisé à l'aide d'un vortex, puis placé sous agitation continue sur un agitateur orbital pendant 2 heures à température ambiante, à l'abri de la lumière afin de prévenir l'oxydation des composés phénoliques. Après extraction, les échantillons ont été centrifugés à 5000 tr/min pendant 15 minutes à 4 °C. Le surnageant a été récupéré et filtré à travers un papier filtre Whatman n°1. L'extrait ainsi obtenu a été stocké à -20 °C jusqu'à son utilisation pour les analyses spectrophotométriques.

2.2.4.4.2 Détermination des composés polyphénoliques du Néré-bouillon.

La teneur totale en polyphénols a été déterminée par spectrophotométrie en utilisant du réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Un prélèvement de 1 mL de l'extrait méthanolique a été introduit dans un tube à essai et additionné de 1 mL de réactif de Folin-ciocalteus diluée au 1/10 (v/v). Le tube a été laissé au repos pendant 3 minutes puis 1 mL de solution de carbonate de sodium à 20 % (p/v) y a été ajouté. Le contenu du tube a été complété à 10 mL avec de l'eau distillée et l'ensemble a été placé à l'obscurité pendant 30 minutes. La lecture de la densité optique (DO) a été effectuée au spectrophotomètre (JASCO V 530) à 765 nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été établie à partir d'une solution mère d'acide gallique 1 mg/mL.

2.2.4.4.3 Flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes a été évaluée en utilisant la méthode de Blasa *et al.* (2006), avec quelques modifications. Pour ce faire, un volume de 1 mL de l'échantillon (10 g/L) a été mélangé avec 0,3 mL de NaNO₂ (5 %) et 0,3 mL d'AlCl₃ (10 %). Après homogénéisation (2 minutes) du mélange au Vortex, la solution obtenue a été neutralisée avec 2 mL de solution de NaOH (1 M). La mesure de l'absorbance a été effectuée à 510 nm. Une droite d'étalonnage établie à partir d'une solution mère de quercétine à 0,1 mg/mL a permis de déterminer la quantité de flavonoïdes présents dans le Néré-bouillon. Les résultats sont donnés en mg d'équivalent quercétine (EQ) par gramme d'échantillon après trois répétitions en moyenne.

2.2.4.5 Facteurs antinutritionnels du Néré-bouillon.

2.2.4.5.1 Phytates

La méthode de Latta et Eskin (1980) a permis de déterminer les phytates en utilisant le réactif de Wade. Une quantité de 1 g de l'échantillon a été homogénéisée dans 20 mL de HCl 0,65 N. Après agitation pendant 12 heures à la température ambiante, le mélange obtenu a été centrifugé à une vitesse de 3000 tours/minute pendant 40 minutes. A un volume de 0,5 mL du surnageant, un volume de 3 mL de réactif de Wade a été ajouté. Après homogénéisation, l'ensemble a été laissé au repos pendant 20 minutes dans l'obscurité. La lecture de l'absorbance a été effectuée à 490 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre. Les concentrations de phytates ont été obtenues grâce à une courbe d'étalonnage réalisée à l'aide d'une gamme de concentrations d'acide phytique allant de 0 à 10 mg/mL pour. Les données ont été mesurées en mg d'acide phytique équivalent (EAP)/100g de matière sèche (MS).

2.2.4.5.2 Oxalates

Les oxalates ont été déterminés selon la méthode décrite par Day & Underwood (1986) et amélioré par Adiou *et al.* (2012). Une masse de 2 g de l'échantillon (Me) a été homogénéisée dans un volume de 75 mL de H₂SO₄ (3M). La préparation a été ensuite soumise à une agitation magnétique pendant une heure à température ambiante. L'ensemble obtenu a été filtré sur du filtre Whatman n°4. Une solution de permanganate de potassium (KMnO₄) à 0,05 M (Veq) a été utilisée pour titrer à chaud vingt-cinq (25) mL de filtrat jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistant. La quantité d'oxalates a été calculée en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Oxalates (mg/100g)} = \frac{2,2 \times Veq \times 100}{me} \quad (15)$$

Veq : Volume (mL) de KMnO₄ versé à l'équivalence, *Me* : Masse (g) de l'échantillon

2.2.4.6 Activités antioxydantes du Néré-bouillon

La méthode décrite par Brand-Williams *et al.* (1995) a été utilisée pour évaluer le potentiel antiradicalaire du Néré-bouillon en utilisant le 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle (DPPH) (Popovici *et al.*, 2009). Les antioxydants réduisent le radical DPPH de couleur violette afin de créer un composé de couleur jaune, le 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle (DPPH). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans un milieu riche en protons (Sanchez-Moreno, 2002). Une quantité de 2,5 mL d'extrait méthanolique a été ajoutée à 1 mL de solution de DPPH. Le tube a ensuite été laissé au repos

pendant une demi-heure dans l'obscurité. Finalement, l'absorbance a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre

(PG Instruments, Angleterre) à une longueur d'onde de 517 nm contre un blanc (eau distillée). Enfin, un tube de contrôle est réalisé et l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que l'essai. Elle est déterminée selon l'équation suivante.

$$AA (\%) = \frac{[DOc - (DOe - DOb)] \times 100}{DOc} \quad (16)$$

DOc : absorbance du tube contrôle (1 mL de DPPH + 2,5 mL de méthanol), *DOe* : absorbance du tube essai (1 mL de DPPH + 2,5 mL d'extrait méthanolique), *DOb* : absorbance du tube blanc ou témoin (1 mL de méthanol + 2,5 mL d'extrait méthanolique).

2.2.4.7 Test de réduction du fer (FRAP)

La capacité de nos extraits à réduire le fer (Fe^{3+}) est évaluée par la méthode de Oyaizu (1986). Le mécanisme est connu comme étant un indicateur de l'activité donatrice d'électron, caractéristique de l'action antioxydante des polyphénols (Yildirim *et al.*, 2001). Un volume de 1 mL de chacune des farines à une seule concentration, est ajouté à 2,5 mL de ferricyanure de potassium ($K_3Fe(CN)_6$) à 1 % et 2,5 mL d'une solution de tampon phosphate à 2M et pH 6,6. Après 20 minutes d'incubation à 50°C, 2,5 mL d'acide trichloracétique ($C_2HCl_3O_2$) à 10% sont ajoutés à la mixture. Le mélange est centrifugé à 3200 tours pendant 10 minutes.

À la fin, 0,5 mL d'une solution aqueuse de perchlorure de fer à 10% et 2,5 mL d'eau distillée sont ajoutées à 2,5 mL du surnageant. L'absorbance du milieu réactionnel est mesurée à 2=700 nm. Son augmentation révèle l'élévation de la capacité réductrice de nos farines.

2.2.5 Test de toxicité du Néré-bouillon

Pour la consommation de toute formulation alimentaire ou thérapeutique, il faut un test de toxicité pour connaître la portée de cet aliment. L'étude de la toxicité subaiguë pendant 28 jours par voie orale a été effectuée suivant la ligne directrice d'essai 407 de l'OCDE (OCDE, 2008).

2.2.5.1 Prétraitement des rats

Le régime alimentaire de base a été fait selon les fiches directives de nutrition animale de Pawlak & Pion (1968) relatives aux besoins alimentaires des rats. Des granulés de l'Ivograin® et de l'eau tout le long de l'expérience. Selon les relevés du thermohygromètre, les

rats ont été installés dans un vivarium où la température oscillait entre 29°C et 30°C, avec une humidité relative comprise entre 70% et 80%. Une semaine avant le début de la manipulation, les rats ont été nourris avec des granulés provenant de la société Ivograin®. De plus, l'eau de robinet a été utilisée pour les abreuver (Bouafou, 2007).

2.2.5.2 Traitement des rats.

Pour cette étude, 25 rats de la souche *Albinos Wistar* ont été utilisés. Ils provenaient de l'animalerie (vivarium) de l'Ecole Normale Supérieure au sein de l'Université Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire). Ces rats ont été répartis en lots de 5 rats dans des cages séparées avant d'être acclimatés pendant 7 jours avant le début des expérimentations.

Ainsi, les traitements ont été faits comme indiqués dans le tableau X.

Tableau X : Traitement des rats

Lots	Régime de base	Aliment différent	Quantité (g/kg/pc)	Durée (J)
Blanc	granulés de l'Ivograin	Eau distillée	2 Ml	28
NB0,25	granulés de l'Ivograin	Néré-bouillon	0, 25	28
NB3	granulés de l'Ivograin	Néré-bouillon	3	28
NB6	granulés de l'Ivograin	Néré-bouillon	6	28
Témoin	granulés de l'Ivograin	Bouillon industriel	3	28

2.2.5.3 Détermination des paramètres nutritionnels des rats nourris avec les bouillons

2.2.5.3.1 Détermination du gain de poids

Pour déterminer la masse corporelle, les rats ont été pesés individuellement par lot sur une balance (Sauter S1000, Allemagne) de précision (0,1g) selon Adrien *et al.* (1981), à l'aide des valeurs des masses des rats après chaque pesée. Le gain moyen quotidien a été calculé en faisant le rapport du gain moyen pendant une période sur la durée en jour selon la formule suivante :

$$M \text{ (g/j)} = \frac{M(\text{final} - \text{initial})}{\text{Nbre Jr}} \quad (17)$$

Avec M : Gain de Masse ; Nbre jr : Nombre de jour

2.2.5.3.2 Détermination du poids relatif des organes

Avant le prélèvement des organes, les rats ont été anesthésiés, puis sacrifiés pour le prélèvement des reins, du cœur et du foie conformément à la méthode décrite par Bouafou (2007). Après déshumification sur papier adsorbant, les organes prélevés ont été pesés. Le poids relatif des organes a été par la suite calculé en pourcentage (%) du poids vif en appliquant la formule suivante :

$$\text{PRO} = \frac{\text{PO}}{\text{PCA}} \times 100 \quad (18)$$

Avec PRO : Poids relatifs de l'organe ; PO : Poids de l'organe (g) ; PCA : Poids corporel de l'animal (g)

2.2.5.4 Dosage des paramètres hématologiques et biochimiques

2.2.5.4.1 Prélèvement et préparation du sang

Le prélèvement du sang a été réalisé à l'aide d'une pipette pasteur à travers le sinus rétro orbital de l'œil à J14 (deux semaines) selon la méthode décrite par Diehl *et al.* (2001). Le sang total a été prélevé en fonction du poids du rat dans un tube (anticoagulant ou EDTA) de couleur violet pour la NFS (Numération Formule Sanguine), tandis qu'un tube hépariné ou tube sec de couleur rouge a été utilisé pour le bilan biochimique. Le sang des rats a été placé dans une glacière avant d'être transporté à l'unité de biochimie et d'hémo biologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI site de Cocody) pour des analyses biochimiques et hématologiques. La totalité du sang collecté dans les tubes a été centrifugée à une vitesse de 3500 tours/min pendant 5 minutes. Les échantillons de sérum obtenus ont été prélevés dans des Eppendorf étiquetés et placés au congélateur à une température de - 20 °C jusqu'à la réalisation des analyses biochimiques. A la fin du quatrième semaine (J28), une fois que les différentes doses de bouillons ont été administrées, les rats ont été privés d'aliments pendant quelques heures et ont été anesthésiés à l'éther. Les étapes de prélèvement ont été effectuées et préparées dans les mêmes conditions que celles du premier jour.

2.2.5.4.2 Dosages des paramètres hématologiques

La technologie utilisant la variation d'indépendance et la cytométrie de flux a permis de doser automatiquement des marqueurs hématologiques (Ormerod *et al.*, 2004). Le Sysmex utilise les technologies de la cytométrie de flux fluorescent et de la focalisation hydrodynamique pour développer son système hématologique automatisé XN-1000i. Grâce à une table de travail équipée d'une photodiode laser, la cytométrie de flux fluorescent de Sysmex

offre la précision requise pour évaluer et distinguer les différentes catégories de cellules dans le sang.

Des paramètres hématologiques ont été déterminés à partir des prélèvements dans des tubes EDTA en utilisant un analyseur automatique de type SYXMEX XN-1000i. Ce dispositif permet de numériser les globules rouges et d'évaluer les indices érythrocytaires. Le prélèvement de 50 µL est aspiré par l'aiguille de l'automate. Ensuite, le sang est mélangé à une solution physiologique, puis réparti dans les différentes chambres de l'automate. Au sein de la chambre de mesure des leucocytes, l'échantillon est conservé pendant 10 secondes, puis la taille et le nombre de leucocytes sont évalués. Les valeurs mesurées sont également utilisées pour déterminer la taille et le nombre d'érythrocytes et de thrombocytes dans la chambre de mesures des érythrocytes.

2.2.5.4.3 Dosage des paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques étudiés ont concerné l'urée, la créatinine, l'alanine aminotransférase (ALAT/GPT), l'aspartate Aminotransférase (ASAT/STGO), la lactate déshydrogénase (LDH), gamma glutamyl transférase (γ -GT), la créatine phosphokinase (CPK) et des électrolytes (Na^+ , Cl^- et K^+). Ils ont été dosés à l'aide de kits prêts à l'emploi et des automates Cobas C311 (Hitachi de Roche diagnostic, France) et Electrolyte Analyzer 9180 (Roche Diagnostics, Allemagne).

2.2.5.4.4 Principe du Cobas C311 Hitachi

L'analyseur de biochimie clinique Cobas C311 est entièrement automatisé. Il repose sur le dosage automatique dans un circuit entièrement clos sans intervention humaine. Il est destiné à l'analyse qualitative et quantitative d'une grande variété d'analyses biochimiques dans divers liquides corporels. Il s'agit d'un appareil de diagnostic *in vitro* produit par Roche Diagnostic en Allemagne et commercialisé par Roche Diagnostic France. Différentes méthodes ont été utilisées pour mesurer les paramètres biochimiques après la calibration et le contrôle qualité des kits.

2.2.5.4.5 Méthode analytique des paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques ont été analysés de manière quantitative à partir de 500 µL de sérum après avoir calibré les kits et validé les résultats du contrôle qualité. Les absorbances ont été converti à partir des équations des droites d'étalonnage incorporées dans l'automate, les résultats sont obtenus directement en concentration. Différents principes et méthodes sont utilisés pour mesurer les marqueurs biochimiques, comme indiqué dans les notices qui accompagnent les kits des réactifs.

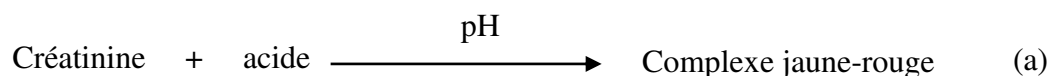
2.2.5.4.5.1 Dosage de l'urée

Il est réalisé par un test cinétique utilisant l'uréase et la glutamate déshydrogénase selon la méthode décrite par Talke & Schubert (1965) et optimisée par Tiffany *et al.* (1972). Le mode opératoire du dosage de l'urée se présente comme suit : 0,5 mL de réactif A contenant du salicylate de sodium (62 mmol/L), du nitroprussiate de sodium (3,4 mmol/L), du tampon phosphate pH 6,9 (20 mmol/L) et de l'uréase (> 500 UI / mL) et de 0,5 mL de réactif B contenant de l'hydrochlorite de sodium (7 mmol/L) et de l'hydroxyde de sodium (150 mmol/L) ont été mélangés pour constituer 1 mL de milieu réactionnel. A ce milieu a été ajouté 0,01 mL de produit à doser (étalon ou échantillons). Après une agitation automatique et une incubation à la température ambiante (16°C à 25°C) pendant 10 mn, la densité optique a permis d'obtenir l'absorbance (Abs) du produit à doser en comparaison avec le blanc réactif au spectrophotomètre à une longueur d'onde λ de 500 nm. L'expression des résultats de ce dosage est donnée par la relation ci-dessous :

$$\text{Concentration de l'urée (g/L)} = \frac{\text{Absorbance échantillon} \times 0,5}{\text{Absorbance de l'étalon}} \quad (19)$$

2.2.5.4.5.2 Dosage de la Créatinine

Le dosage de la créatinine a été effectué selon les méthodes de Murray (1984) et appliquée par Anderson & Anderson (2002). En milieu alcalin, la créatinine réagit avec l'acide picrique pour former un complexe rouge-orangé selon la réaction suivante :



La quantité de colorant formée (dont l'intensité de la couleur) est directement proportionnelle à la concentration de créatinine dans l'échantillon et l'absorbance est mesurable à une longueur d'onde λ égale à 520 nm.

Pendant 10 minutes, le milieu réactionnel composé de 0,5 mL d'acide picrique (17,5 mmol/L) et de 0,5 mL d'hydroxyde de sodium (0,29 mol/L) a été incubé à 37 °C. Ensuite, un volume de 0,10 mL de produit à doser (étalon ou échantillons) a été ajouté et l'ensemble a été agité. Après 30 et 90 secondes, les absorbances respectives A1 et A2 de l'ensemble du milieu

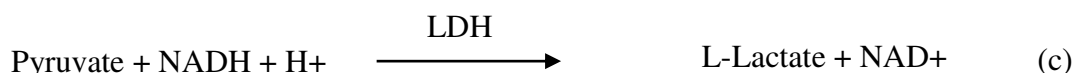
ont été obtenues à partir de la densité optique au spectrophotomètre à une longueur d'onde λ égale à 520 nm. L'expression des résultats de ce dosage est donnée par la relation ci-dessous :

$$\text{Concentration de la créatinine (mg / L)} = \frac{(A_2 - A_1) \text{ échantillon} \times 20}{(A_2 - A_1)} \quad (20)$$

Avec A_1 : Absorbance de la première lecture ; A_2 : Absorbance de la deuxième lecture.

2.2.5.4.5.3 Mesure de l'activité de l'alanine aminotransférase (ALAT/GPT)

En présence de déshydrogénase lactique (LDH) et de NADH, le pyruvate est réduit au fur et à mesure de sa formation en lactate (Valdiguie, 2000).

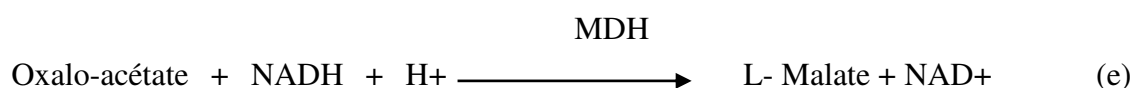


L'activité catalytique de l'ALAT a été déterminée en mesurant la vitesse de disparition du NADH à la longueur d'onde de 340 nm au spectrophotomètre. Pour ce faire, 0,5 mL de milieu réactionnel contenant du tampon Tris HCl (100 mM; pH 7,8), la L-alanine (500 mM), l' α -cétoglutarate (15 mM), le NADH (0,1 mM), le LDH (≥ 1428 UI/L) et l'azide de sodium 0,9 %, a été incubé au préalable au bain-marie à 37°C pendant 2 à 3 min. Un volume de 0,05 mL de sérum des rats des différents lots a été ensuite ajouté à cette préparation. Après agitation, la densité optique a été mesurée toutes les minutes pendant 3 min au spectrophotomètre à 340 nm. L'activité enzymatique de l'ALAT ($F_x = 1745$) exprimée en UI/L a été déterminée de la manière suivante :

$$\text{Activité enzymatique de ALAT en UI} = 1745 \times \frac{(\Delta \text{ DO})}{t(\text{min})} \quad (21)$$

2.2.5.4.5.4 Mesure de l'activité de l'aspartate Amino transférase (ASAT/STGO)

En présence de la déshydrogénase malique (MDH) et de NADH, l'oxalo-acétate est réduit au fur et à mesure de sa formation en malate (Desjarlais, 2006)

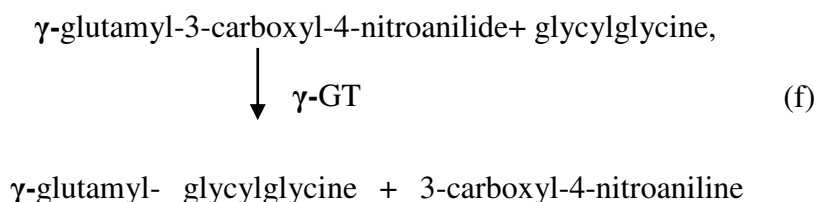


L'activité catalytique de l'ASAT a été déterminée en mesurant la vitesse de disparition du NADH à la longueur d'onde de 340 nm au spectrophotomètre. Ainsi, 0,5 mL du milieu réactionnel contenant du tampon Tris HCl (80 mM ; pH 7,8), l'aspartate (200 M), l' α -cétooglutarate (12 mM), le NADH (0,18 mM), le MDH (≥ 500 UI/L), le LDH (≥ 500 UI/L) et l'azide de sodium 0,9 % a été incubé au préalable au bain-marie à 37°C pendant 2 à 3 min. Un volume de 0,05 mL de sérum des rats des différents lots a été ensuite ajouté à ce mélange réactionnel. Après agitation, les densités optiques sont mesurées toutes les minutes pendant 3 min au spectrophotomètre à 340 nm. L'activité enzymatique de l'ASAT ($F_x = 1745$) exprimée en UI/L a été déterminée comme suite :

$$\text{L'activité enzymatique de ASAT (UI)} = 1745 \times \frac{(\Delta \text{ DO})}{t \text{ (min)}} \quad (22)$$

2.2.5.4.5.5 Mesure de l'activité de gamma glutamyl transférase (γ -GT)

La gamma glutamyl transférase (γ -GT) catalyse le transfert du groupe γ -glutamyl-3-carboxyl-4-nitroanilide à la glycylglycine, libérant le 3-carboxyl-4- nitroanilide.

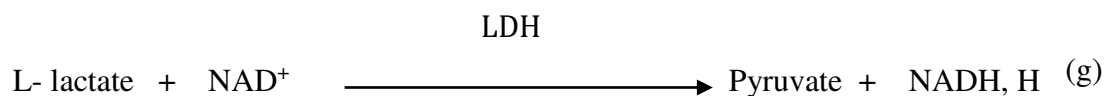


Un volume de 0,05 mL de sérum a été ajouté à un volume de 1 mL de milieu réactionnel contenant de la glycylglycine (164,8 mM) de l'hydroxyde de sodium (104 mM) et γ -glutamyl-3-carboxyl-4-nitroanilide (6,5 mM) et incubé au préalable au bain-marie à 37 °C pendant 2 à 3 min. Après agitation, la densité optique a été mesurée toutes les minutes pendant 3 min au spectrophotomètre à 405 nm. L'activité enzymatique de la γ -GT ($F_x = 1111$) exprimé en UI/L a été déterminée selon la formule suivante

$$\text{Activité enzymatique de } \gamma\text{-GT (UI)} = 1111 \times \frac{\Delta \text{ DO}}{t \text{ (min)}} \quad (23)$$

2.2.5.4.5.6 Mesure l'activité de lactate déshydrogénase (LDH)

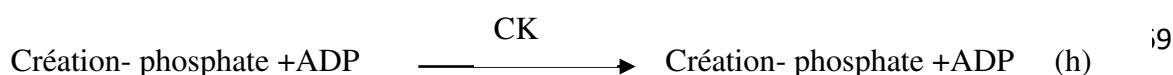
Le dosage des LDH a été effectué selon la méthode de Lum & Gambino (1974). La LDH oxyde la L-lactate en Pyruvate en réduisant le NAD^+ par transfert de proton (H^+) en NADH , H^+ selon la réaction suivante :



L'activité catalytique de la lactate déshydrogénase est déterminée à travers la disparition du NADH à une longueur d'onde λ égale à 340 nm au spectrophotomètre. A un volume de 110 μL de milieu réactionnel porté à 37°C pendant deux minutes, sont ajoutés 3,75 μL de produire à doser (échantillon ou contrôle) diluée dans 10 μL d'eau. Ce milieu réactionnel contient un tampon N-méthyl-D-glucamine (325 mmol / L) du lactate (50 mmol/L) et du NAD (10 mmol / L). Les densités optiques (DO) ont été déterminées toutes les minutes pendant quatre minutes au spectrophotomètre à une longueur d'onde λ égale à 340 nm. L'activité enzymatique de la LDH a été obtenue à l'aide de la relation suivante avec le facteur F_{LDH} égale 9682 :

$$\text{Activité enzymatique de la LDH (UI)} = 9682 \times \frac{\Delta \text{ DO}}{t \text{ (min)}} \quad (24)$$

de chimie clinique (Expert, 1979). La méthode de dosage de la Créatine-phosphokinase repose sur la chaîne de réactions suivantes :





Dans un tube EDTA contenant 1000 μL de réactif pré-incubé à 37°C pendant 2 à 3 min, 50 μL de l'échantillon à doser ont été ajoutés. Après agitation pendant 1 min et incubation pendant 2 min les densités optiques (DO) sont lues toutes au spectrophotomètre à 340 nm pour déterminer l'activité enzymatique de CPK à partir du facteur CPK, F_{CPK8096} et de la longueur d'onde λ égale à 340 nm. L'expression de l'activité est la suivante :

$$\text{L'activité enzymatique des CPK (UI)} = 8096 \times \frac{(\Delta \text{ DO})}{\lambda} \quad (25)$$

2.2.5.4.5.8 Méthode de dosage des électrolytes (Na^+ , Cl^- et K^+)

Le dosage des ions Na^+ , Cl^- et K^+ a été réalisé avec l'analyseur d'électrolytes® 9180. Les valeurs de l'électrolyte du spécimen ont été calculées en comparant une valeur inconnue à une valeur connue. En réalité, une membrane d'ions sélective provoque une réaction spécifique avec l'électrolyte correspondant du spécimen. Afin d'accomplir cela, 96 μL de sérum (échantillon) ont été prélevés dans un tube capillaire. Après avoir relevé la porte d'aspiration de l'analyseur, l'aiguille d'aspiration est introduite dans le tube capillaire. Une fois la porte fermée, les résultats du spécimen sont présentés et imprimés.

2.2.6 Analyses statistiques

Le logiciel Microsoft Excel 2013 a servi pour recueillir les données de cette étude. Le logiciel GraphPad.Prism version 8.4.2 (San Diego, Californie, USA). a été utilisé pour la détermination des moyennes $\pm$ écart-type et le tracé des graphiques. Pour le caractère organoleptique, le test de Friedman a permis de déterminer la valeur observée. La valeur théorique et la valeur observée ont été calculées respectivement comme suit :

$$valeur\ observée = \frac{12}{np(p+1)} (S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_P^2) - 3n(p+1) \quad (26)$$

Avec n= nombre de juges, p = nombre de produits, Si= somme des rangs pour le produit i

Les analyses physico-chimiques et biochimiques ont été réalisées en triplicata. La comparaison des variables catégorielles a été effectuée à l'aide du test du Chi² à l'aide du logiciel Sphinx Plus². Pour les variables quantitatives, une analyse de variance à un facteur (ANOVA One-Way) a été réalisée, suivie du test post-hoc de Dunnett pour la comparaison des moyennes à un groupe témoin. L'analyse de la variation des concentrations sériques en fonction du temps a été effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs (Two-Way ANOVA), suivie du test post-hoc de Newman-Keuls. Lorsque la comparaison portait sur deux moyennes uniquement, un test t de Student a été appliqué. Une différence a été considérée comme significative lorsque $p < 0,05$. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel GraphPadPrism version 8.4.2 (San Diego, Californie, USA). Les échantillons ont été analysés en triple lors des analyses biochimiques et physicochimiques

TROISIEME PARTIE :

RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Chapitre 1 : Profils de consommation des bouillons alimentaires en circulation.

3.1.1 Résultats

3.1.1.1 Différents types de bouillons consommés et préférence des ménages de l'étude

L'enquête a révélé deux types de bouillons culinaires consommés : les bouillons industriels (Maggi Crevette, Tablette, Tomate, Poulet, Etoile, Jumbo et Adja) et le bouillon traditionnel (Soumara) (Figure 12). Dans l'ensemble, les bouillons Maggi Tablette, Soumara et Crevette étaient les plus consommés avec respectivement 36 %, 18 % et 17 % des ménages enquêtés

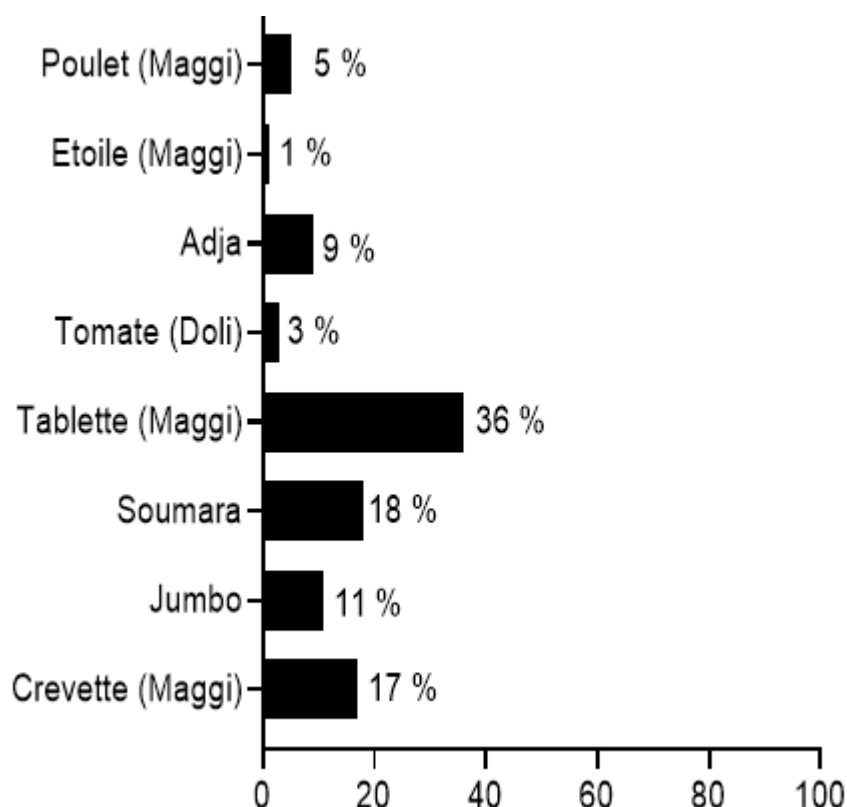


Figure 12 : Types et choix préférentiels des bouillons des ménages

3.1.1.2 Distribution des bouillons selon les ménages par ville

Dans l'ensemble, un attrait pour les bouillons a été observé dans les ménages des trois villes, à savoir Daloa, Bouaké et Abidjan. Le bouillon Maggi Crevette a été le plus consommé dans les ménages à Bouaké qu'Abidjan et Daloa. De plus tomate (Doli), et Maggi étoile sont essentiellement consommés à Bouaké puis à Daloa et enfin à Abidjan. Les bouillons Jumbo, Adja et Soumara consommés à Bouaké. En revanche, le nombre de ménages consommant le

bouillon Poulet (Maggi) était plus élevé à Daloa qu'Abidjan et Bouaké. Le bouillon Tablette (Maggi) a été plus consommé à Abidjan qu'à Daloa et Bouaké (Figure 13).

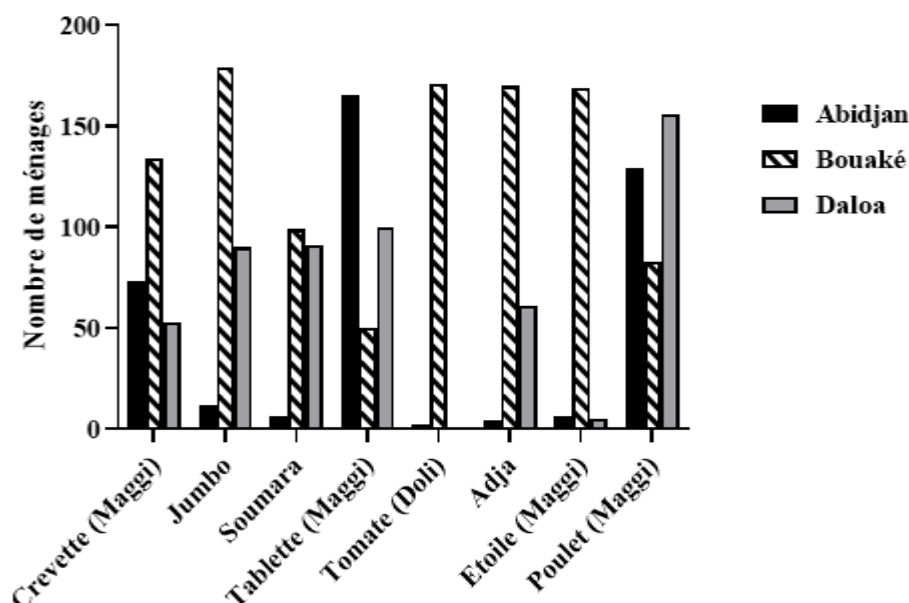


Figure 13 : Distribution de la consommation des bouillons dans les ménages selon les villes

3.1.1.3 Durée de consommation des bouillons des ménages

La durée de consommation fait référence à la période pendant laquelle des bouillons sont consommés selon les enquêtés dans les différentes familles. Ainsi, dans l'ensemble, la forte durée de consommation moyenne a été observée à Bouaké, soit 10 à 22 ans de consommation de bouillons Soumara (17 ans), Maggi Jumbo (22 ans) et Maggi Crevette (18 ans) les plus longtemps consommés. La faible durée de consommation moyenne a été observée à Daloa, avec le bouillon Adja (6 ans). La ville d'Abidjan a occupé la deuxième place derrière Bouaké avec 9 à 13 ans de consommation de bouillons avec le bouillon Maggi Tablette comme le plus longtemps consommé (13,3 ans). La troisième place était occupée par les ménages de Daloa avec des durées moyennes de consommation de bouillons qui allaient de 5,8 à 12 ans avec le bouillon Tomate (Doli) comme le plus longtemps consommé (12 ans) (Tableau XI).

3.1.1.4 Fréquence de consommation des bouillons des ménages

En ce qui concerne les fréquences de consommation journalières, elles étaient situées entre 1,17 et 2,75 fois / jr dans l'ensemble des ménages enquêtés. En effet, les ménages de Daloa ont enregistré des fréquences situées entre 1,6 et 2,13 fois / jr avec les bouillons Maggi Crevette, Maggi Tablette, Maggi Poulet et Soumara les plus consommés quotidiennement.

Celles de Bouaké avaient des fréquences allant de 2,03 à 2,75 fois / jr avec le bouillon Jumbo le plus fréquemment consommé. Les fréquences de consommation journalières des bouillons des ménages d'Abidjan étaient situées entre 1,17 et 2,50 fois / jr avec le bouillon Adja et les bouillons Maggi Tablette et Maggi Poulet les plus consommés (Tableau XI).

Tableau XI : Durée et fréquence de consommation des bouillons par ville

Bouillon	Ville	Durée (Année)	Fréquence (Bouillon/Jour)
Maggi Crevette	Abidjan	13,00 ± 0,89	1,52 ± 0,09
	Bouaké	18,00 ± 1,39	2,54 ± 0,16
	Daloa	9,00 ± 0,70	2,11 ± 0,07
Maggi Jumbo	Abidjan	9,13 ± 2,20	1,96 ± 0,56
	Bouaké	21,58 ± 3,85	2,75 ± 0,38
	Daloa	10,92 ± 0,76	2,02 ± 0,06
Soumara	Abidjan	12,5 ± 2,70	1,75 ± 0,40
	Bouake	17,12 ± 1,12	2,29 ± 0,10
	Daloa	10,90 ± 0,01	2,13 ± 0,06
Maggi Tablette	Abidjan	13,30 ± 0,53	1,52 ± 0,06
	Bouaké	10,70 ± 0,52	2,21 ± 0,08
	Daloa	7,25 ± 0,41	2,04 ± 0,05
Tomate	Abidjan	11,00 ± 4,00	1,33 ± 0,67
	Bouaké	9,56 ± 0,89	2,72 ± 0,19
	Daloa	12,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
Adja	Abidjan	9,50 ± 1,32	2,50 ± 1,19
	Bouaké	11,61 ± 1,49	2,03 ± 0,15
	Daloa	5,22 ± 0,41	1,79 ± 0,07
Maggi Etoile	Abidjan	12,67 ± 4,24	1,17 ± 0,28
	Bouake	11,62 ± 1,26	2,41 ± 0,20
	Daloa	5,80 ± 1,62	1,60 ± 0,24
Maggi Poulet	Abidjan	12,65 ± 0,61	1,55 ± 0,07
	Bouaké	10,32 ± 0,44	2,28 ± 0,09
	Daloa	8,03 ± 0,35	2,03 ± 0,04

3.1.2 Discussion

En Côte d'Ivoire et surtout dans les grandes villes, les habitudes alimentaires dans les ménages font que les bouillons d'assaisonnement s'achètent au jour le jour. Au vu des risques sur la santé des consommateurs que pourraient occasionner leur consommation excessive, il a paru nécessaire de mener une enquête de consommation afin de rechercher les différents bouillons d'assaisonnement consommés dans les ménages enquêtés à Abidjan, à Bouaké et à Daloa tout en mettant en évidence les facteurs d'attrait que sont la fréquence, la préférence et la durée.

L'enquête a révélé la présence de bouillons industriels comme Maggi Crevette, Jumbo, Maggi Tablette, Tomate (Doli), Adja, Maggi Etoile et Maggi Poulet et du bouillon traditionnel, soumara, fait à base de graines de « Néré » (*Parkia biglobosa*) dans les trois villes. Ces bouillons sont bien connus des populations. En effet, ils sont devenus un ingrédient indispensable de plus de 80% des ménages en Afrique de l'ouest (Fall, 2016 ; Diarra, 2019). De plus, les bouillons Maggi Tablette, Soumara et Maggi Crevette étaient les plus consommés dans respectivement 36%, 18% et 17% des ménages enquêtés. Un intérêt prononcé pour les bouillons Maggi Crevette, Jumbo, Soumara, Tomate (Doli), Adja et Maggi Etoile a été relevé dans les ménages de Bouaké, tandis que le bouillon Maggi Poulet a été le plus consommé à Daloa. Quant au bouillon Maggi Tablette, il a été plus consommé à Abidjan. En 2011, les bouillons de la marque Maggi étaient les plus présents en Afrique de l'ouest et centrale avec plus de cent millions de cubes vendus chaque jour (Talata *et al.*, 2021).

Dans l'ensemble des ménages enquêtés, les fréquences de consommation étaient situées entre 1,17 et 2,75 cubes de bouillons par jour avec des durées de consommation situées entre 8,03 et 21,58 ans. Cette tranche de durées de consommation montre l'intégration récente des bouillons dans les habitudes culinaires des ménages de ces villes de Côte d'Ivoire. En effet, les bouillons culinaires industriels ont fait leur apparition en Afrique dans les années 1950 avec un taux d'acceptation de plus de 70% dans les ménages (Talata *et al.*, 2021). Cependant, Bouaké a enregistré les plus longues durées de consommation soit 9,56 à 21,58 ans de consommation de bouillons Soumara (17,12 ans), Maggi Jumbo (21,58 ans) et Maggi Crevette (18 ans). Cette singularité de la ville de Bouaké pourrait s'expliquer par la présence de populations ayant déjà une culture de consommation des bouillons. En effet, Bouaké est une ville cosmopolite où vivent de fortes communautés de migrants venus des pays frontaliers tels que le Burkina Faso, le Mali, la Guinée (El Sheikha & Montet, 2015 ; Investin Bouaké, 2024). En effet, ces populations ont une longue histoire avec les bouillons culinaires. (Ouoba, 2017). Les

consommateurs préfèrent le bouillon dans leur alimentation quotidienne en raison de son appétence et de sa haute valeur nutritive (Zhou *et al.*, 2017 ; Li *et al.*, 2022). Les bouillons contiennent des substances riches en protéines et leurs dérivés qui jouent un rôle essentiel dans le goût (Perez-Palacios *et al.*, 2017 ; Moretti *et al.*, 2018). Ils contiennent également du sel, de la maltodextrine, des exhausteurs de goût, de l'huile et des arômes (Moretti *et al.*, 2018 ; Talata *et al.*, 2021).

Cependant, plusieurs décennies après leur introduction dans les ménages, des études scientifiques ont révélé leur caractère toxique. Selon ces études, les cubes seraient dangereux pour l'être humain à cause de la présence du Glutamate mono-sodique ou GMS (E 621) aussi appelé « potentialisateur de saveur » (Airaodion *et al.*, 2019). De plus, ces bouillons sont pourvoyeurs de sel dont la consommation excessive contribue de manière significative au développement de maladies non transmissibles telles que l'hypertension artérielle et d'autres maladies cardiovasculaires (Kotchen *et al.*, 2013 ; Kayode *et al.*, 2023 ; Kebe *et al.*, 2023).

Toutefois, il existe des ingrédients tels que le soumara, condiment alimentaire fermenté fabriqué à partir des cotylédons des graines de *Parkia biglobosa* « Néré », persil, ail, etc...qui sont utilisés pour assaisonner les plats et très apprécié par les communautés autochtones des pays d'Afrique subsaharienne (Souley *et al.*, 2020 ; Bompard *et al.*, 2020 ; Owusu-Kwarteng *et al.*, 2020 ; Kambire *et al.*, 2021). Par ailleurs, les recettes de soumara sont très appréciées non seulement pour leur goût, mais aussi pour leurs propriétés nutritionnelles (riches en protéines et vitamines) et médicinales. En effet, le soumara diminuerait l'hypertension artérielle, combattrait l'apparition du goitre, réduirait l'anémie, préviendrait le cancer et combattrait la constipation (Sankhon *et al.*, 2023). Cette présence de soumara dans les ménages a été confirmée par Ahon *et al.* (2023). En effet, en 2023, ces auteurs ont montré que cet ingrédient est très riche en nutriments, polyphénols et flavonoïdes. Ils ont, par ailleurs, révélé que le soumara produit en Côte d'Ivoire est relativement le plus consommée (55,77 %) que ceux produits dans les autres pays (44,23 %). Pour eux, ce produit artisanal était apprécié pour son goût par 50,97 % des consommateurs et pour son caractère thérapeutique par 37,5 %, sous forme de grain (68,27 %), de poudre (23,08 %) ou de pâte (8,65 %).

3.1.3 Conclusion partielle

En somme, cette enquête a révélé deux types de bouillons d'assaisonnement, à savoir les bouillons industriels (Maggi Crevette, Jumbo, Maggi Tablette, Tomate (Doli), Adja, Maggi Etoile et Maggi Poulet) et le bouillon traditionnel le soumara. Le bouillon Maggi Tablette était le plus consommé, suivi du soumara et enfin du bouillon Maggi Crevette. La ville de Bouaké avait enregistré les plus longues durées de consommation. Ces résultats ont conduit à la mise en valeur du bouillon traditionnel aux propriétés aussi bien alimentaire que médicinale très appréciées par les ménages.

3.2 Chapitre 2 : Formulation du Néré-bouillon

3.2.1 Résultats

3.2.1.1 Processus de fabrication du Néré-bouillon

Le tableau XII présente les notes obtenues au cours des essais de formulation. Il ressort que la formulation 2 a été obtenue la note moyenne la plus élevée (7,67/10) comparativement aux formulations 3 (5,33) et 1 (4,67). Cette formulation a donc été utilisée pour l'ajustement des proportions des épices ajustées afin d'obtenir le Néré-bouillon.

Tableau XII : Notes d'appréciation des formulations

Critères	Appréciation (note/10)		
	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3
Odeur	3	8	4
Couleur	6	7	6
Goût	5	8	6
Moyenne	4,67	7,67	5,33

La formulation dont le goût et l'odeur étaient proches de ceux des bouillons habituels avec une bonne intensité de la couleur (figure 14). Le Néré-bouillon contenait en fin de compte 55 % de soumara, 12,5 % de sel, $12 \pm 0,5$ % de persil, $10 \pm 0,32$ % d'ail, $8 \pm 0,43$ % d'oignon, $1,5 \pm 0,12$ % de gingembre et du poivre vert à $1 \pm 0,17\%$ (Tableau XIII)



Figure 14 : Néré-bouillon

Tableau XIII : Proportions des ingrédients pour le Néré-bouillon

Ingrédients	Proportion des ingrédients (%)
Soumara	$55 \pm 1,02 \%$
Ail	$10 \pm 0,32 \%$
Oignon	$8 \pm 0,43 \%$
Persil	$12 \pm 0,5 \%$
Poivre vert	$1 \pm 0,17 \%$
Gingembre	$1,5 \pm 0,12 \%$
Sel	$12,5 \pm 0,46 \%$

3.2.1.2 Qualité microbiologique du Néré-bouillon

Les dénombrements de germes ont révélé la présence de Germes Aérobie Mésophile (GAM) dans les 42 échantillons. Certains germes tels que les coliformes totaux (CT) ont été observés dans 14 échantillons ; les coliformes fécaux (CTH) dans 8 ; les moisissures (Moisis) dans 4 et les levures (Lev) dans 3 échantillons. Aucun germe pathogène tels que sont les staphylococcus (Staph), les salmonelles (Sal) et *Escherichia coli* n'a été observés (Figure 15)

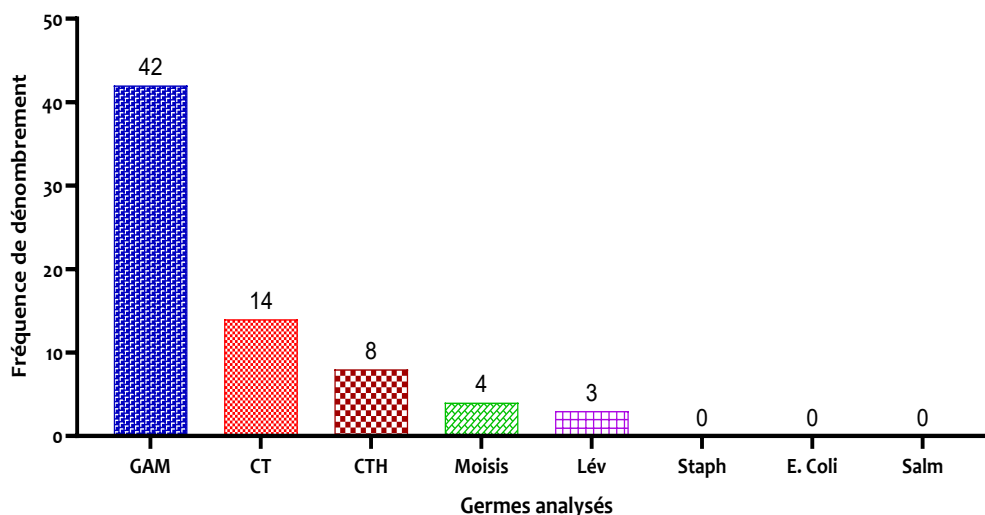


Figure 15 : Présence de germes dans les bouillons formulés

Les analyses microbiologiques ont révélé des échantillons de qualité microbiologique très satisfaisante (31 soit 73,81), des échantillons de qualité microbiologique satisfaisante (8

soit 19,05 %) et des échantillons de qualité microbiologique acceptable (3 soit 7,14 %) (Figure 16).

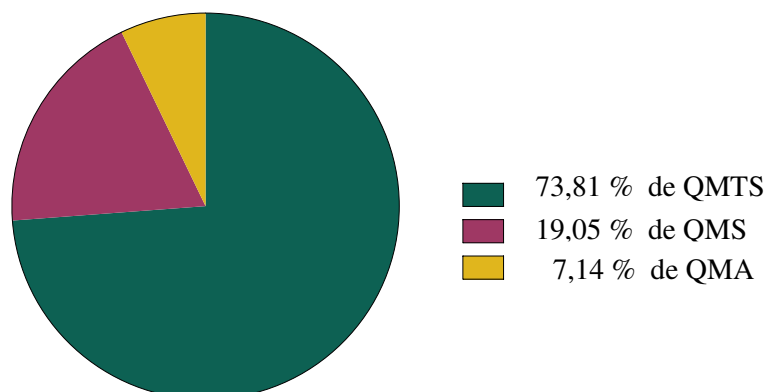


Figure 16 : Qualité microbiologique des échantillons analysés

Le dénombrement de la flore totale était en moyenne de $28,7.10^3 \pm 35$ UFC/g. Celles des coliformes (totaux et fécaux) étaient respectivement de $3,11.10^2 \pm 12$ UFC/g et de $1,52.10^2 \pm 07$ UFC/g. Concernant les levures et moisissures, les charges moyennes étaient 52 ± 04 UFC/g et 34 ± 02 UFC/g respectivement. La charge moyenne des germes dans les échantillons analysés est inférieure au critère maximum de référence selon les normes (Tableau VIIIIV).

Tableau IXV : Dénombrement des germes

Germes	Nombre de colonies (UFC/g)	Norme
Flore Totale	$28,7.10^3 \pm 35$	10^5
Coliformes Totaux	$3,11.10^2 \pm 12$	10^3
Coliformes thermosensibles	$1,52.10^2 \pm 07$	10^3
Levures	52 ± 04	10^3
Moisissures	34 ± 02	10^3
<i>Escherichia coli</i>	0	10^2
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	10^3
<i>Salmonella sp</i>	0	Absent

3.2.1.3 Date Limite de Consommation du Néré-bouillon.

La détermination de la DLC reposait sur le test de vieillissement sur le bouillon final s'était axé sur l'évolution des flores totale et fongique qui constituent les principaux germes à surveiller. La figure 17 présente l'évolution de flore aérobique mésophylle totale (FAMT) de jour 01 à jour 13 au profit des flores fongiques (levure et moisissure). La courbe de tendance qui modélise cette évolution montre une équation $(y) = 543,2 X - 1520$ avec un coefficient de détermination « R^2 » de 0,8117. La DLC déduite de cette équation au seuil critique $m = y = 10^5$ équivaut 186,89 jours $\pm 9,34$ jours soit 6 mois.

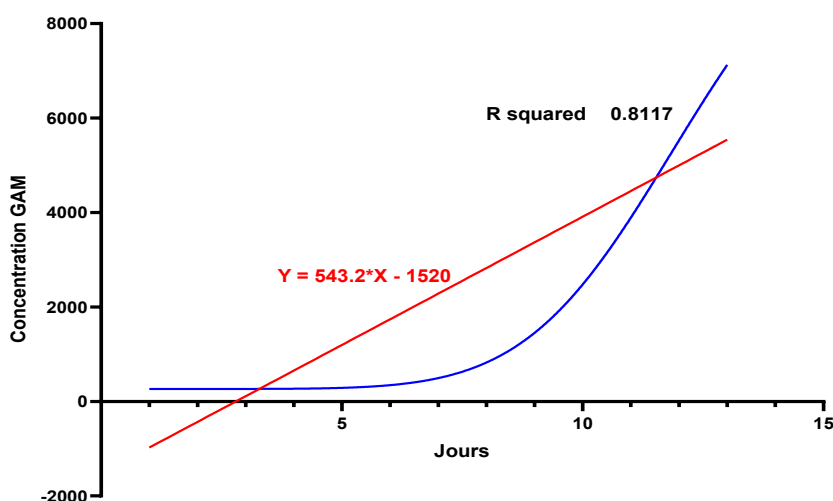


Figure 17 : Evolution de la flore aérobique mésophylle totale (FAMT) du jour 01 au jour 13

3.2.1.4 Analyse sensorielle du Néré-bouillon.

Le Tableau XV récapitule les résultats de l'analyse sensorielle obtenues à partir du test de classement de FRIEDMAN. Les résultats de l'analyse montrent qu'il n'y a pas de différence entre le néré-bouillon et la tablette. Par contre, la tablette et la crevette de même néré-bouillon et la crevette sont perçues différemment. Le tableau suivant montre le rang d'appréciation des bouillons (Tableau XV). Suite à l'analyse sensorielle, le néré-bouillon, a connu un intérêt organoleptique devant le Maggi crevette auprès du public et classé deuxième après Maggi tablette en plus de ses propriétés physico-chimiques (Tableau XV).

Tableau XV : Classement des bouillons sensorielle organoleptique

Bouillon	Tablette	Néré-bouillon	Crevette
Somme des rangs	179	190	231
Classement	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e

3.2.2 Discussion

La formulation du Néré-bouillon, composé de soumara et d'épices, a fait l'objet d'une série d'étapes de fabrication rigoureuses, qui a abouti à un produit en poudre dont les propriétés organoleptiques ont été validées par un panel de consommateurs. Après l'évaluation par cinq groupes de six personnes, la formulation optimale contient 55 % de soumara, 12 % de persil, 10 % d'ail, 8 % d'oignon, 1,5 % de gingembre, 1 % de poivre et 12,5 % de sel. Le bouillon sélectionné a satisfait les critères de goût, d'odeur et d'intensité de couleur avec une moyenne de 7,67/10.

Ce résultat s'inscrivait dans une tendance observée dans d'autres études, où l'optimisation des ingrédients et des procédés de fabrication permet de produire des bouillons à la fois agréables et nutritifs. Par exemple, une étude de Mbadiko *et al.* (2019) a démontré que l'utilisation des épices locales dans la préparation de bouillons améliore non seulement les qualités organoleptiques mais aussi la valeur nutritionnelle, en particulier en ce qui concerne la teneur en antioxydants et en minéraux. De même, une étude menée par Diouf & Pote (2015) a montré que l'optimisation des proportions de soumara et d'autres plantes dans la préparation de bouillons permet de réduire la quantité de sel tout en conservant un goût intense et apprécié des consommateurs.

L'approche sensorielle appliquée dans cette étude, en s'appuyant sur des critères comme le goût, l'odeur et la couleur avec une moyenne de 7,67/10 est en adéquation avec les méthodes de validation des produits alimentaires développées par Makhoul *et al.* (2015). Ces auteurs ont recommandé une évaluation subjective auprès des consommateurs pour affiner les formulations. Pour les proportions des ingrédients et leur influence sur le produit final, la proportion de soumara (55 %) dans la formulation est une caractéristique clé de ce bouillon. Le soumara est un produit fermenté riche en protéines. Par conséquent, la forte proportion du soumara utilisée dans le Néré-bouillon (55 %) assurerait non seulement une texture et une saveur spécifiques, mais aussi des avantages nutritionnels, notamment en termes de teneurs élevées en protéines végétales et en probiotiques ($17,41 \pm 0,367$ %), bénéfiques pour la santé

digestive (Edouba, 2022). Ce ratio de soumara dans le bouillon est élevé et pourrait expliquer l'intensité et le goût prononcé du produit final. Le Néré-bouillon obtenu dans cette étude a une teneur en protéines comparable aux bouillons traditionnels à base de soja formulés par Abdelhamid *et al.* (2025). Ces auteurs ont montré que leurs bouillons formulés étaient riches en protéines et en acides aminés bénéfiques pour la santé digestive, avec des effets positifs sur le microbiote intestinal grâce à la présence de bactéries lactiques produites lors de la fermentation. Les autres ingrédients tels que l'ail, l'oignon, le persil, le poivre, et le gingembre apportent non seulement des notes aromatiques distinctes, mais ont également des propriétés fonctionnelles. Par exemple, l'ail et le gingembre sont connus pour leurs effets antimicrobiens et anti-inflammatoires. Ils permettent de renforcer l'acceptabilité du produit, tout en améliorant sa richesse aromatique (Birlouez, 2019), ce qui pourrait être bénéfique pour la santé lorsque le bouillon est consommé régulièrement. De plus, le Néré-bouillon sans conservateurs artificiels dans notre étude, offre une alternative plus saine en matière de composition. En outre, la limitation de la teneur en sel à 12,5 % dans cette formulation, sans additifs chimiques, permet de limiter les effets néfastes liés à l'excès de sodium, un facteur clé dans l'hypertension et les maladies cardiovasculaires (Descaillot & Laville, 2015). Enfin, la réduction de sel sans altérer la qualité sensorielle est en accord avec les études de Diler *et al.* (2019), et cette approche est validée par Benyagoub (2019) pour ses effets bénéfiques sur la santé publique. Plusieurs études, comme celle de Mestaghanmi *et al.* (2021), ont montré que l'ajout d'épices et de plantes peut compenser la baisse de sodium tout en maintenant une saveur agréable. En outre, l'utilisation des épices locales sans additifs chimiques répond à une demande croissante de produits plus naturels (Jenc *et al.*, 2004 ; Lepille & Yount-André, 2019). De plus, des recherches ont démontré que l'ajout de ces ingrédients naturels permet une bonne conservation sans conservateurs chimiques (Diouf *et al.*, 2015). Les résultats de cette étude suggèrent que le Néré-bouillon formulé, pourrait constituer une alternative locale et saine aux bouillons industriels, tout en répondant aux attentes gustatives des consommateurs.

L'analyse microbiologique du bouillon formulé a révélé des résultats satisfaisants en matière de sécurité alimentaire, en particulier l'absence de germes pathogènes tels que *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella sp.* Ces résultats confirment que le produit est sans danger pour la consommation, et ne présente aucun risque sanitaire pour les consommateurs. Ces conclusions sont en accord avec les normes microbiologiques du Codex Alimentarius (2015), qui recommandent des critères stricts pour la transformation des épices en produits alimentaires, et qui spécifient l'absence de pathogènes dans les produits finis (FAO, 2015). Ces résultats sont comparables à ceux de Ka, (2020 et Gregory *et al.*, (2022) sur les

bouillons industriels. En effet, ces auteurs ont montré que les bouillons industriels sont exempts de *Staphylococcus aureus*, de *Escherichia coli* et de *Salmonella sp*, notamment grâce aux ajouts de conservateurs, aux traitements thermiques (stérilisation) et à la réduction de l'humidité, qui limitent la prolifération des micro-organismes (Ratsimba, 2017 ; FAO, 2020). L'absence de ces pathogènes dans le Néré bouillon formulé suggère que la sécurité alimentaire du produit a été correctement assurée lors du processus de fabrication, sans l'ajout de conservateurs.

Cette étude a également mis en évidence une Date Limite de Consommation (DLC) de 186,89 jours pour le bouillon formulé, soit six mois de plus que celle d'un bouillon à base de moringa (Morinstro) avec une DLC de 143 jours (Bokomena en 2021). Cette DLC du bouillon formulé est due à la faible présence de flores aérobies mésophiles totale et de flores fongiques qui est généralement associée à une meilleure qualité microbiologique et à une durée de vie plus longue. Dans cette étude, en absence d'additifs de conservation, une DLC de 186,89 jours suggère que des facteurs autres que les conservateurs chimiques peuvent influencer la stabilité microbiologique du produit. En effet, la qualité des ingrédients utilisés et le taux de sels (12,5 %) peuvent influencer la conservation et la qualité microbiologique du bouillon formulé (Li *et al.*, 2021). La DLC du Néré bouillon est élevée que Morinstro (143 jours), formulé par Bokomena (2021). Cependant, la DLC du Néré bouillon obtenu est inférieure de celle des bouillons Maggi qui va jusqu'à 18 mois. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence de DLC. Selon Li *et al.* (2021), les conservateurs chimiques, comme les antimicrobiens (par exemple, le benzoate de sodium ou les sulfites), contribuent à prolonger la durée de vie des produits alimentaires en inhibant la croissance des micro-organismes responsables de l'altération. Cependant, ces substances chimiques peuvent soulever des préoccupations de santé, en particulier en ce qui concerne la consommation à long terme. Les études sur les additifs chimiques, comme celles de Chung *et al.* (2020), ont montré que malgré leurs pouvoirs conservateurs, ces produits pourraient avoir des effets négatifs sur la santé. Par exemple, un excès de sel ou l'utilisation de conservateurs chimiques pourrait être lié à des maladies cardiovasculaires, des troubles gastro-intestinaux ou des réactions allergiques. De plus, les bouillons industriels ont souvent une DLC plus longue grâce à l'ajout d'additifs chimiques et à un taux élevé de sel (Li *et al.*, 2021).

En ce qui concerne l'analyse sensorielle de la formulation, une appréciation moyenne a été relevée pour le bouillon formulé, le classant après Maggi Tablette et avant Maggi Crevette. Ce résultat est similaire à celui de Ekpo *et al.* (2024) qui indiquaient que bien que les consommateurs préfèrent souvent les marques établies, des produits alternatifs peuvent être modérément acceptés s'ils respectent des critères sensoriels clés. En effet, l'utilisation

d'ingrédients naturels pourrait améliorer l'acceptation sensorielle (Abraha *et al.* 2018). Cette assertion est partagée par Birlouez (2019) qui ont montré qu'une modification des saveurs à base d'ingrédients naturels peut renforcer l'acceptation du produit. Cependant, malgré la qualité des produits locaux, ceux-ci ont du mal à rivaliser avec les géants industriels en termes de saveur (Diouf *et al.*, 2015). Cette position du bouillon formulé obtenu pourrait s'expliquer par la familiarité des consommateurs avec les marques (Makhoul *et al.*, 2015). Pourtant, les protéines présentes dans les grains de néré, notamment les globulines, sont modifiées pendant la fermentation et les peptides formés pourraient jouer un rôle crucial dans l'amélioration de la saveur du bouillon formulé en plus de l'acide glutamique, l'un des composants majeur responsable du goût du soumara (Benmaghnia *et al.*, 2019).

3.2.3 Conclusion partielle

En somme, les résultats de cette étude ont montré que le Néré bouillon formulé à partir du soumara, de l'ail, de l'oignon et d'autres épices, représente une alternative saine et nutritive aux bouillons industriels. Les proportions bien choisies des ingrédients garantissent une saveur et une acceptabilité sensorielles élevées, tout en offrant des bénéfices pour la santé, notamment grâce aux propriétés probiotiques du soumara. De plus, la faible teneur en sel et l'absence d'additifs chimiques renforcent la valeur nutritionnelle du produit. La durée de conservation semble compétitive par rapport à d'autres bouillons faits maison, sans compromettre la qualité microbiologique. Ces résultats sont en accord avec d'autres recherches dans le domaine des bouillons traditionnels et des produits fermentés, suggérant que les bouillons à base d'ingrédients naturels fermentés peuvent offrir des avantages comparables aux produits industriels tout en répondant aux attentes gustatives des consommateurs. Des investigations seront menées pour connaître les qualités nutritionnelles du Néré-bouillon.

3.3 Chapitre 3 : Qualité nutritionnelle du Néré-bouillon

3.3.1 Résultats

3.3.1.1 Analyse physico-chimique du Néré-bouillon

Les résultats de la composition physico-chimique du bouillon formulé à base de soumara sont consignés dans le Tableau XVI. Un faible taux d'humidité du néré-bouillon a été observé (5,85 %). Le pH et l'acidité titrable sont respectivement de $6,6 \pm 0,1$ et de $0,02 \pm 0,02$ Meq/100 g. La teneur des glucides totaux est de $9,99 \pm 0,43$ g/100 g de MS. La formule de bouillon à base de soumara a révélé un fort de taux de protéines et de lipides respectifs de $17,41 \pm 0,367$ g/100 de MS et $16,80 \pm 0,08$ g/100 g de MS. Les fibres ont présenté un taux de $8,66 \pm 0,04$ g/100 g de MS, et une forte présence de taux de cendres et de valeur énergétique respectivement de $11,47 \pm 2,62$ g/100 g de MS et $260,8 \pm 10,3$ Kcal de MS

Tableau XVI : Composition physico-chimique du Néré-bouillon.

Paramètres	Proportions
Potentiel d'Hydrogène	$6,6 \pm 0,1$
Acidité titrable (meq/100 g)	$0,02 \pm 0,02$
Eau (%)	5,85
Protéines (g/100 g MS)	$17,41 \pm 0,367$
Lipides (g/100 g MS)	$16,80 \pm 0,08$
Fibres (g/100 g de MS)	$8,66 \pm 0,04$
Glucides totaux (g/100 g MS)	$9,99 \pm 0,43$
Valeur énergétique (kcal)	$260,8 \pm 10,3$

3.3.1.2 Composition minérale

L'analyse des macroéléments du bouillon formulé a montré des valeurs en Calcium, Potassium, Magnésium, Sodium et Phosphore respectives de $184,21 \pm 0,09$ mg/kg de MS, $50,04 \pm 1,15$ mg/ kg de MS, $33,29 \pm 6,96$ mg/kg de MS, $8,76 \pm 0,03$ mg/kg de MS et $0,17 \pm 0,00$ mg/kg de MS. Par ailleurs, l'analyse des microéléments a montré des valeurs de Zinc et Fer allant de $2,44 \pm 0,03$ mg/kg de MS à $3,55 \pm 0,04$ mg/kg de MS (Tableau XVII).

Tableau XVII: Composition minérale du Néré-bouillon.

Paramètres	Proportions (mg/kg MS)
Calcium	184,21 ± 0,09
Magnésium	33,29 ± 6,96
Potassium	50,04 ± 1,15
Sodium	8,76 ± 0,03
Phosphore	0,17 ± 0,00
Zinc	2,44 ± 0,03
Fer	3,55 ± 0,04

3.3.1.3 Composition biactive et anti-nutritionnelle

Les résultats de la composition en phytonutriments et anti-nutritionnelle sont consignés dans le Tableau XVIII. Pour ce qui est de la composition nutritionnelle, les polyphénols ont une teneur de $1,374 \pm 0,02$ mg EAG/100 g et les flavonoïdes de $11,562 \pm 0,61$ mg/100 g. L'oxalate montre la teneur la plus élevée des composés antinutritionnels avec une teneur de $121,05 \pm 0,1$ mg EAO /100 g qui celle de phytate ($11,77 \pm 0,79$ mg/100 g)

Tableau XVIII: Composition bioactive et anti-nutritionnelle du Néré-bouillon.

Paramètres	Teneur
Polyphénols Totaux (mg EAG/g)	$13,74 \pm 0,02$
Flavonoïdes (mg EQ/g)	$11,562 \pm 0,61$
Phytates (mg/100 g MS)	$11,77 \pm 0,79$
Oxalates (mg EAO/100 g MS)	$121,05 \pm 0,1$

3.3.1.4 Activité antioxydante du Néré-bouillon

Le Tableau XIX montre que le Néré-bouillon avait une activité antioxydante DPPH de $43,62 \pm 0,64$ % et celle FRAP était de $23,1 \pm 0,03$ µg EAA/100 g de MS.

Tableau XIX: Activités antioxydantes du Néré-bouillon

Paramètres	Concentration
DPPH (%)	43,62 ± 0,64
FRAP (µg EAA/g)	23,1 ± 0,03

3.3.1.5 Composition en acides gras (AG)

L'analyse des AG a révélé la présence des acides gras saturés (AGS) et acides gras polyinsaturés (AGPI). Le Néré-bouillon a présenté des teneurs en acide linoléique de $7,64 \pm 0,04$ g/100 MS), en acide stéarique de $13,15 \pm 0,32$ g/100 MS, en acide oléique de $22,51 \pm 0,31$ g/100 MS et en acide linoléique de $69,39 \pm 0,94$ g/100 MS (Tableau XX).

Tableau XX: Composition en acide gras du Néré-bouillon.

Paramètres	Teneur
Acide palmitique (g/100 g)	1,74 ± 0,12
Acide stéarique (g/100 g)	13,15 ± 0,32
Acide oléique (g/100 g)	22,51 ± 0,31
Acide linoléique (oméga 3) (g/100 g)	7,64 ± 0,4
Acide linoléique (oméga 6) (g/100 g)	69,39 ± 0,94

3.3.2 Discussion

De nombreuses études épidémiologiques et cliniques ont mise en évidence que la consommation régulière de produits à base de soumara entraine une réduction du risque de développer certaines maladies métaboliques telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires (Dabasso *et al.*, 2021 ; Ndindeng, 2023). Les composés impliqués dans ces effets se trouvent dans les fractions protéiques et lipidiques, les fibres et surtout parmi les molécules dérivées du métabolisme secondaire de la plante, telles que les vitamines, les triterpènes et les flavonoïdes, qui peuvent agir seules ou en interaction.

La poudre d'épice obtenue à partir de 55 % de soumara et de certains ingrédients a montré une faible teneur en humidité ($5,85 \pm 0,04$). Ces résultats sont similaires à ceux de Kabré *et al.* (2020), sur le soumara qui étaient respectivement de $3,09 \% \pm 1,95 \%$ et $6,72 \% \pm 0,17 \%$, et inférieures à ceux rapportés par Camara *et al.* (2016), qui étaient de $15,35 \% \pm 3,28 \%$ à $27,53 \% \pm 2,33 \%$. Par ailleurs, cette différence pourrait être liée aux techniques de séchage utilisées. Cependant, un taux d'humidité inférieur à 10 % est très importants pour prolonger la durée de conservation du produit.

De plus, les résultats ont donné une valeur de pH proche de la neutralité $6,6 \pm 0,1$. Cette valeur du pH est similaire à celle de Camara *et al.* (2016), qui ont trouvé des valeurs de pH de $6,60 \pm 0,13$ et $7,45 \pm 0,18$ dans la poudre de soumara. En ce qui concerne la teneur en protéines, le bouillon formulé a montré une valeur de 17,41 % qui est inférieure à celle obtenu par Camara *et al.* (2016), sur les graines fermentées de *Parkia biglobosa* de Côte d'Ivoire (28,47 et 28,84 %). La différence de teneur en protéine observée serait due à l'ajout d'autres ingrédients (oignons, ail, persil, gingembre, poivre noir), qui ont une faible teneur en protéines. Cette teneur en protéines dans le bouillon pourrait contribuer à prévenir la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants (Touré, 2020 ; Hsairi *et al.*, 2021). De plus, le taux de fibres brutes dans le bouillon est de $8,66 \% \pm 0,04 \%$. Cette teneur est inférieure à celle observée par Cissé *et al.* (2021) de 10,49 % et supérieure à celle de Ndamitso *et al.* (2020), 1,71 % dans les graines fermentées de *Parkia biglobosa*. Cette différence pourrait être due à des facteurs climatiques et environnementaux, ainsi qu'à la technologie de transformation utilisée (Ojewumi *et al.*, 2018), ainsi qu'à la faible teneur en fibres de certains ingrédients utilisés dans du bouillon à base de soumara (Sangaré *et al.*, 2024). Les fibres favorisent le transit intestinal (Vinelli *et al.*, 2022). Cette teneur en fibres brutes conférerait à l'aliment un faible indice glycémique, Ce qui fait de ce bouillon un atout dans un régime anti-diabétique (Rémond, 2017). La valeur énergétique du bouillon formulé à base de soumara avec différents ingrédients est de $260,8 \pm 10,3$ g/100 de

matière sèche. Une partie de cette énergie provient des protéines et des lipides. Cette valeur énergétique est inférieure à celle (471,75 kcal/100 g de matière sèche) rapportée par Ndamitso *et al.* (2020). Cette différence observée serait due à la faible teneur en protéines et en lipides des autres ingrédients utilisés pour constituer ce bouillon. Le soumara apporte de nombreux nutriments (protides, lipides, glucides, iode, vitamines diverses) de très haute qualité. Par conséquent, il constitue une source très importante en termes d'alimentation et de nutrition de qualité entraînant des effets bénéfiques sur la santé des populations (Coulibali *et al.*, 2022). La très haute teneur en cendres ($11,62 \pm 2,62$) a permis de quantifier un certain nombre de substances minérales (calcium, phosphore, sodium, potassium, fer et zinc) essentiels pour l'organisme. La présence de macro-éléments et d'oligo-éléments dans l'alimentation confirme qu'elle apporte une quantité suffisante de sels minéraux. De plus, la bonne teneur en calcium du bouillon formulé proviendrait des graines de soumara (*Parkia biglobosa*) et du gingembre (*Zingiber officinale*) (Braga *et al.*, 2006). En outre, cela peut être bénéfique pour les consommateurs car le calcium favorise la croissance osseuse, la solidité du squelette et la dureté des dents chez les enfants et les adolescents. Le calcium aide également à maintenir la structure osseuse et à prévenir l'ostéoporose chez les adultes. Il aide aussi à réduire le risque de cancer du côlon (Flood *et al.*, 2005). De plus, un apport adéquat en calcium, basé sur l'apport alimentaire recommandé de 500 à 1200 mg/jour, pourrait avoir un effet protecteur contre l'hypertension artérielle (Alaoui, 2020).

La présence de zinc et de fer dans le bouillon formulé est importante pour la santé de la population. En effet, ces deux oligo-éléments sont des micronutriments importants pour la santé. Ils sont de plus en plus appréciés, car leur carence peut entraîner l'apparition de certaines maladies. Au niveau du zinc (2,44 mg/kg MS), cette teneur dans l'alimentation de la population, réduirait certains facteurs de risque liés à la déficience immunitaire et à la susceptibilité aux infections chez les personnes âgées (Brown *et al.*, 2002). La présence significative de fer dans le bouillon formulé (3,55mg/kg MS) est supposée provenir du gingembre (*Zingiber officinale*). Une consommation régulière du bouillon formulé dans l'alimentation de la population (enfants et adultes) réduirait le risque de carence en fer et d'anémie associée, ce qui pourrait contribuer à une réduction de l'efficacité énergétique, à une baisse de l'endurance et à l'apparition de la fatigue musculaire et générale.

Le potassium présent dans le bouillon formulé pourrait contribuer à réguler la pression artérielle et à soutenir le bon fonctionnement du système nerveux et des muscles (Houston, 2011 ; Besnier, 2018). Le magnésium est considéré comme un agent naturel anti-stress et se trouve dans les aliments (Morais *et al.*, 2017). Il est impliqué dans la transmission

neuromusculaire des impulsions et la régulation de la fréquence cardiaque (Alber *et al.*, 2010). Des études récentes ont montré les effets bénéfiques d'un apport adéquat en magnésium (6 mg/kg poids corporel) dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Baudet *et al.*, 2012). Ainsi, un tel bouillon qui renferme tous les macro et microéléments essentiels peut être recommandé pour une consommation régulière comme assaisonnement.

Plusieurs études épidémiologiques ont montré qu'un régime alimentaire riche en molécules bioactives offre une protection à long terme contre le développement du cancer, des maladies cardiovasculaires, du diabète et de l'ostéoporose (Pandey & Rizvi, 2009). L'inclusion de composés phénoliques dans le bouillon formulé serait bénéfique pour les consommateurs en raison de leurs effets protecteurs. Un tel aliment dans le plat de la population protégerait l'organisme des effets nocifs des radicaux libres qui accélèrent le vieillissement cellulaire (Deghal & Derradji, 2018). De plus, la présence de flavonoïdes dans cette poudre renforcerait l'organisme contre les effets du stress oxydatif, étant de puissants antioxydants (Seyoum *et al.*, 2006 ; Adriouch *et al.*, 2017).

La recherche sur la teneur en acides gras du Néré-bouillon a mis en évidence la présence d'acides gras insaturés et essentiels (oméga 6 et oméga 3). Selon Gbogouri *et al.* (2019) et Ekissi *et al.* (2022), ces acides gras joueraient un rôle crucial dans le développement et la santé du corps humain, car ils contribueraient à prévenir de nombreuses maladies telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer. Il est donc crucial pour l'organisme de suivre un régime alimentaire qui contient des quantités suffisantes d'acides gras essentiels (Goyens, 2006). Au regard de ce qui précède, un ajout du Néré-bouillon formulé dans des plats serait avantageux pour la santé du consommateur.

3.3.3 Conclusion partielle

En somme, la détermination des paramètres physico-chimiques et de quelques valeurs nutritives du bouillon formulé a montré de très bonnes valeurs phytochimiques, minérales et des propriétés antioxydantes satisfaisantes. Ce bouillon alimentaire fait à partir des ingrédients naturels pourrait être recommandé à la consommation et jouerait, de par ses propriétés, un rôle important dans la prévention et la lutte contre certaines maladies métaboliques.

3.4 Chapitre 4 : Effets de la consommation du Néré-bouillon et un bouillon témoin

3.4.1 Résultats

3.4.1.1 Effets sur les paramètres physiques des rats

3.4.1.1.1 Effets des bouillons sur le gain de masse des rats

Les masses corporelles moyennes obtenues des lots sont présentées par la Figure 18. A la fin des traitements, les gains moyens de masses corporelles des animaux sont $33 \pm 1,14$ g ; $26,33 \pm 0,33$ g ; $25,33 \pm 1$ g ; $21,3 \pm 1,13$ g et 31 ± 1 g respectivement pour le lot témoin (blanc), les lots du bouillon expérimental (BE) par Kg de PC et le lot de bouillon commercial (témoin). Le taux de variation de la masse corporelle entre les blancs et les témoins n'est pas significatif. Les taux de variation de masse des rats traités avec le bouillon expérimental sont inférieurs ceux des rats témoins. Cependant, les rats ont présenté un gain de masse significativement inférieur à ceux des blanc et témoin ($p < 005$). Néanmoins dans l'ensemble, il a été observé une augmentation du gain en masse corporelle chez tous les rats témoins et traités aux bouillons (expérimental et témoin)

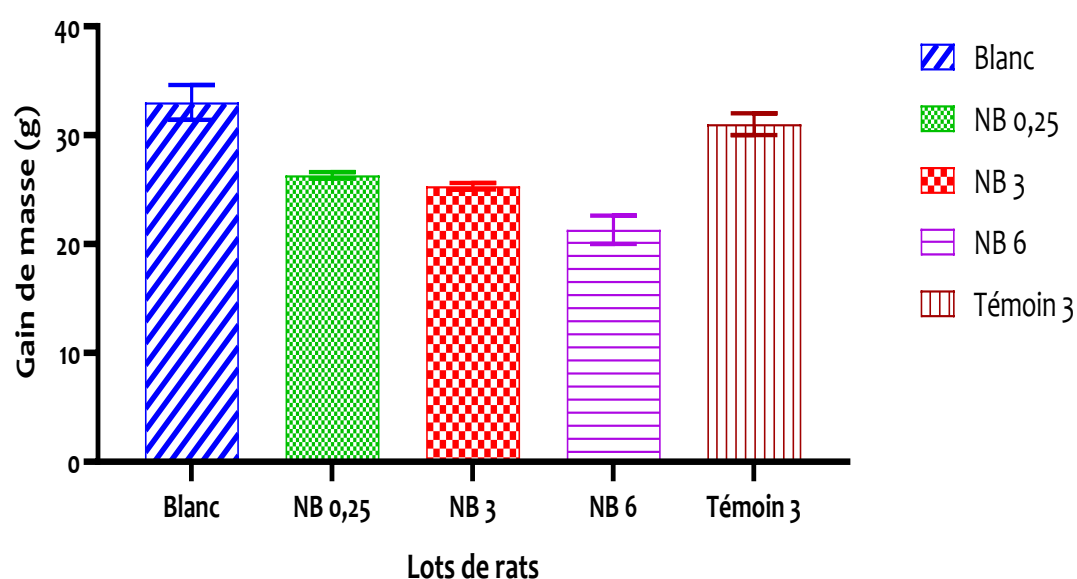


Figure 18 : Evaluation du gain en masse des rats

NBi : Néré-bouillon a la dose de 0,25 g/Kg PC, 3 g/kg et 6 g/kg PC respectivement, Témoin est à 3 g/kg PC ; Les valeurs sont exprimées en moyennes $\pm$ erreurs, $n = 3$. Le poids corporel des rats de lot bouillon X3 indique des différences significatives par rapport au témoin ($p < 0,05$).

3.4.1.1.2 Effets des bouillons sur les organes du rat

La masse relative des organes (cœur, foie et reins) sont présentés dans le tableau XXI.

La masse relative du cœur du lot témoin, des lots du bouillon expérimental (BE) et du lot de bouillon commercial (témoin) ont respectivement de $0,36 \pm 0,04$ g ; $0,42 \pm 0$ g ; $0,39 \pm 0,01$ g ; $0,42 \pm 0,1$ g ; $0,47 \pm 0,03$ g. Il a été observé des différences significatives ($p < 0,05$) au niveau de la masse relative du cœur entre des lots blanc et témoin.

Pour la masse relative des reins les rats du lot témoin, des lots du bouillon expérimental (BE) et du lot de bouillon commercial (témoin) ont respectivement obtenu des valeurs de $0,608 \pm 0,03$; $0,67 \pm 0,01$; $0,64 \pm 0,05$; $0,7 \pm 0$; $0,66 \pm 0,01$. Il n'y a pas eu de différence significative entre les lots.

Concernant la masse relative du foie, les rats des blancs, des lots du bouillon expérimental (BE) et du lot de bouillon commercial (témoin) sont respectivement de $5,18 \pm 0,2$; $4,98 \pm 0,04$; $5,30 \pm 0,15$; $4,42 \pm 0,03$ et $3,78 \pm 0,03$. Il a été observé des différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents lots. De plus, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée au niveau du poids relatif du foie ($p < 0,05$) en comparant le Néré-bouillon au témoin (Tableau XXI)

Tableau XXI : Poids relatif des organes de rats

Poids relatif	Blanc	NB0,25	NB3	NB6	Témoin3
Cœur	$0,36 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0$	$0,39 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,1$	$0,47 \pm 0,03^{a*}$
Reins	$0,608 \pm 0,03$	$0,67 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,05$	$0,7 \pm 0$	$0,66 \pm 0,01$
Foie	$5,18 \pm 0,2$	$4,98 \pm 0,04$	$5,30 \pm 0,15^{b*}$	$4,42 \pm 0,03$	$3,78 \pm 0,03^{a*}$

NBi : Néré-bouillon a la dose de 0,25 g/Kg PC, 3 g/kg et 6 g/kg PC respectivement, Témoin est à 3 g/kg PC

Les valeurs sont exprimées en moyennes $\pm$ erreurs standard, $n = 3$

a* : le poids relatif de cœur et foie du lot bouillon Y indique des différences significatives par rapport au témoin ($p < 0,05$).

b* : le poids relatif de foie du lot bouillon Y indique des différences significatives par rapport aux traits du bouillon X ($p < 0,05$)

3.4.1.2 Effets sur les paramètres sanguins

3.4.1.2.1 Effets sur les électrolytes sanguins (Na^+ , K^+ et Cl^-)

Le tableau XXII présente l'effet des bouillons sur les électrolytes sanguins des rats. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les concentrations de Sodium, potassium et chlore des rats témoins et celles des rats traités avec le bouillon témoin et le bouillon expérimental (Tableau XXII).

Après 14 jours de traitement, les concentrations moyennes de sodium étaient de $133 \pm 0,57$ mEq/L chez les rats du lot blanc et de $135,33 \pm 2,6$ mEq/L chez les rats du lot témoin. Ces

valeurs ont oscillé entre $133 \pm 1,15$ et $134,3 \pm 0,33$ mEq/L chez les rats traités avec le bouillon expérimental aux différentes concentrations. Après 28 jours de traitement, la concentration moyenne de sodium était de $136 \pm 0,5$ mEq/L chez les rats du lot blanc et de 134 ± 1 mEq/L chez les rats du lot témoin. Quant à celles des rats traités avec le bouillon expérimental, les valeurs étaient comprises entre $132,66 \pm 1$ mEq/L et $136,33 \pm 0,66$ mEq/L. Aucune variation significative n'a été observée entre les concentrations du sodium chez les rats entre 14^{ème} jour et le 28^{ème} jour de traitement (Tableau XXII).

Pour les effets des bouillons sur la concentration de Potassium (K), les concentrations moyennes de potassium après 14 jours de traitement des rats témoins (blanc) et traités avec le bouillon témoin(témoin) étaient respectivement de $7,07 \pm 0,28$ mEq/L et de $9,46 \pm 1,08$ mEq/L. Chez les rats traités avec le bouillon fabriqué aux différentes doses, les concentrations étaient comprises entre $7,53 \pm 0,59$ et $9,93 \pm 0,9$ mEq/L. A la fin du traitement, la concentration de Potassium des rats du lot blanc était de $7,16 \pm 0,29$ mEq/L (rats témoins). Les rats témoins, la concentration de potassium est non significative à la fin du traitement. Elle est passée de $9,93 \pm 0,9$ mEq/L à $7,16 \pm 0,4$ mEq/L. Également, à la fin des traitements, les concentrations de Potassium des rats traités avec le Néré-bouillon aux doses (0,25 g et 3 g/kg/pc), étaient non significatives entre les lots ($p > 0,05$). Cependant, chez les rats traités avec le bouillon à la dose 6 g/kg/pc, une légère augmentation non significative passant de $8,23 \pm 1,39$ à $9,7 \pm 0,9$ mEq/L a été observée (Tableau XXII).

Concernant les effets sur la concentration de chlorure (Cl), après 14 jours de traitement, les concentrations de Chlorure des rats étaient de $105,67 \pm 0,33$ mEq/L, $106,33 \pm 0,33$ mEq/L, $105,66 \pm 0,33$ mEq/L, $104 \pm 1,5$ mEq/L et $105,33 \pm 2$ mEq/L respectivement pour les lots de bouillon expérimental (BE) et le lot de bouillon commercial (témoin). Après 28 jours de traitement, les concentrations moyennes de chlorure étaient de $107 \pm 1,15$ mEq/L chez les rats blancs et de 106 mEq/L chez les rats témoins. Quant à celles des rats traités avec le bouillon expérimental, les valeurs oscillaient entre $105,6 \pm 1,6$ mEq/L et $107,33 \pm 1,4$ mEq/L. Aucune variation significative n'a été observée entre les concentrations de chlorure des rats du 14^{ème} jour et celles du 28^{ème} jour de traitements (Tableau XXII).

3.4.1.2.2 Effets sur l'activité des enzymes

L'activité de l'Aspartate aminotransférase (ASAT), l'Alanine aminotransférase (ALAT) ; le gamma glutamyl transférase (γ -GT), lactate déshydrogénase (LDH) et créatine phosphokinase (CPK) ont été analysés pour évaluer l'effet de la consommation du bouillon formulé et le bouillon témoin sur l'état de certains organes et le fonctionnement de l'organisme.

Concernant l'Aspartate aminotransférase (ASAT), les valeurs moyennes de l'activité de l'ASAT obtenues des rats sont consignées dans le Tableau XXIII. Les valeurs d'ASAT des rats témoins étaient de $181,87 \pm 1,23$ U/I (14 jours) et $189,3 \pm 12$ U/I (28 jours). Après 14 jours de traitement, les valeurs d'ASAT des rats nourris avec le bouillon expérimental oscillaient entre $190,17 \pm 3,01$ U/I et $196,6 \pm 19$ U/I. L'activité d'ASAT des rats ayant reçu le bouillon témoin après 14 jours de traitement était de $162,06 \pm 12,62$ U/I. Il a été observé une diminution non significative ($P > 0,05$) de l'activité d'ASAT des rats traités avec le bouillon témoin par rapport aux autres lots. A la fin de traitement, l'activité d'ASAT des rats traités avec le bouillon expérimental et le bouillon témoin ont connu des augmentations non significatives de 48,47 U/I (BE; 0,25 g), 11,39 U/I (BE; 3 g), 68,36 U/I (BE; 6 g) et 86,64 U/I (BT; 3 g) (Tableau XXII).

Tableau XXII: Concentration en électrolytes sanguin des rats

Paramètre	Date	Blanc	NB0,25	NB3	NB6	Témoin3
Na (mEq/l)	14 ^e	133 ± 0,57	134,3 ± 0,33	133 ± 1,15	133 ± 1,5	135,33 ± 2,6
	28 ^e	136 ± 0,5	136,33 ± 0,66	134 ± 1	132,66 ± 1	134 ± 1
K (mEq/l)	14 ^e	7,07 ± 0,28	7,53 ± 0,59	9,93 ± 0,9	8,23 ± 1,39	9,46 ± 1,08
	28 ^e	7,16 ± 0,29	6,77 ± 0,26	8,03 ± 0,5	9,7 ± 0,9	7,16 ± 0,4
Cl (mEq/l)	14 ^e	105,67 ± 0,33	106,33 ± 0,33	105,66 ± 0,33	104 ± 1,5	105,33 ± 2
	28 ^e	107 ± 1,15	106 ± 0,57	105,6 ± 1,6	107,33 ± 1,4	106,0 ± 0,0

NBi : Néré-bouillon a la dose de 0,25 g/Kg, 3 g/kg et 6 g/kg PC respectivement, Témoin est à 3 g/kg PC

Les valeurs sont exprimées en moyennes ± erreurs, n = 3. Les différences observées les lots sont non significatives (p>0,05)

Pour l'Alanine aminotransférase (ALAT), les valeurs moyennes de l'activité obtenues dans les différents lots sont consignées dans le Tableau XXIII. Au 14^e jour de traitement, les valeurs de l'activité d'ALAT étaient de $51,63 \pm 4,4$ U/I, $52,9 \pm 11,7$ U/I, $50,5 \pm 23,1$ U/I, $53,83 \pm 28$ U/I et $53,1 \pm 15,66$ U/I respectivement pour le blanc, pour le du bouillon expérimental (0,25 g, 3 g et 6 g) et le lot témoin (3 g). L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre les valeurs de l'activité d'ALAT des différents lots. Quant au 28^{ème} jour, les activités d'ALAT étaient de $50,53 \pm 5,9$ U/I, $57,93 \pm 5$ U/I, 59 ± 2 U/I, $68,86 \pm 11$ U/I et $65,23 \pm 0,7$ U/I respectivement pour le blanc, bouillon expérimental (0,25 g, 3 g et 6 g) et le lot de bouillon témoin (3 g). L'analyse statistique n'a montré aucune variation significative entre des différents lots (Tableau XXIII).

Pour le gamma glutamyl transférase (γ -GT), les valeurs moyennes des activités des γ -GT, après 14 jours de traitement, étaient de $4 \pm 1,5$ U/I ; $2,67 \pm 0,3$ U/I ; $2,67 \pm 0,3$ U/I ; 3 ± 1 U/I pour le blanc, le Néré-bouillon (0,25 g/Kg, 3 g/Kg et 6 g/Kg/pc). Les valeurs de l'activité des rats des lots du bouillon expérimental à la fin de l'expérience, étaient de $4,33 \pm 0,8$ U/I ; 4 ± 1 ; $3,67 \pm 1$ U/I ; $4,66 \pm 0,3$ U/I. Les valeurs des γ -GT des rats témoins (3g/kg/pc) étaient de $9,33 \pm 1,3$ U/I au J14 et de $12,3 \pm 0,8$ U/I au jour 28. Les analyses statistiques ont révélé une différence significative ($p < 0,05$) de l'activité de γ -GT entre les rats témoins et le blanc. Cependant, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre le blanc et les rats traités avec le bouillon expérimental. En comparant les bouillons expérimental et témoin, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée entre les activités de γ -GT des rats traités avec les différentes doses du bouillons expérimental 0,25 g/Kg, 3 g/Kg, 6 g/Kg et celle des rats témoin ayant reçu 3 g/Kg de poids corporel (Tableau XXIII).

Pour l'activité de lactate déshydrogénase (LDH), au 14^e jour, les valeurs moyennes chez les blancs et les lots du bouillon expérimental (0,25 g/Kg, 3 g/Kg et 6 g/Kg) et les témoins commercial (3 g) étaient respectivement de $1682,67 \pm 18$ U/I, $1673,33 \pm 18$, $1640,67 \pm 20,06$, $1485,33 \pm 28$ et $1990,33 \pm 29$ U/I. L'analyse statistique a révélé une différence très significative ($p < 0,001$) entre les activités de la LDH des rats témoins (3 g/kg/pc) et celle des blancs tandis qu'avec les lots du bouillon expérimental, la différence était significative par rapport aux blancs. A la fin des traitements, il a été observé des augmentations très significatives ($p < 0,0001$) des activités de la LDH des rats dans tous les lots. Ces valeurs étaient de $2089,66 \pm 72$ U/I, $2087,67 \pm 36$ U/I, $1992,33 \pm 21$ U/I, 2587 ± 13 U/I et $2678,67 \pm 36$ U/I respectivement pour les blancs, le bouillon expérimental à des concentrations de 0,25 g/Kg, 3 g/Kg, 6 g/Kg et les témoins (3 g/Kg de poids corporel). L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,001$) de l'activité de LDH des rats traités avec le bouillon expérimental (6

g/Kg de poids corporel) et ceux traités avec le bouillon témoin (3 g/Kg de poids corporel) par rapport aux rats témoins au 28^{ième} jour. En comparant les bouillons expérimental et témoin, une différence significative a été observée entre les concentrations des différentes doses du bouillons expérimental 0,25 g/Kg, 3 g/Kg, 6 g/Kg et le bouillon témoin à 3 g/Kg au J14 et au J28. Cette différence a été particulièrement observée avec les deux premières doses du bouillon expérimental (Tableau XXIII).

Concernant l'activité de créatine phosphokinase (CPK), les valeurs moyenne de l'activité de CPK des blancs et des rats traités avec le bouillon expérimental à des concentrations de 0,25 g/Kg, 3 g/Kg, 6 g/Kg et le bouillon témoin (3 g/Kg de poids corporel) après 14 jours de traitement, étaient respectivement de $1087,67 \pm 22$ U/I, $1038,33 \pm 29$ U/I, $1042,66 \pm 64$ U/I, $1216,66 \pm 17$ U/I et $1600,67 \pm 14$ U/I. L'analyse statistique a révélé une différence très significative ($p < 0,001$) entre des activités des CPK des rats ayant reçus le bouillon témoin et celles des blancs. Les valeurs de l'activité de CPK des rats traités par le bouillon expérimental étaient comprises entre $1038,33 \pm 29$ et $1216,66 \pm 17$ U/I. A la fin des traitements, il a été observé une augmentation très significative ($p < 0,0001$) de l'activité des CPK des rats dans tous les lots. Ces valeurs étaient de $1652,66 \pm 14$, $1656,6 \pm 30$, $1730,66 \pm 30$, $2385,66 \pm 33$ et $2645,6 \pm 36$ U/I respectivement pour les lots en blanc, le bouillon expérimental à des concentrations de 0,25 g/Kg, 3 g/Kg, 6 g/Kg et le lot témoin (3 g/Kg de poids corporel). L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,001$) de l'activité de CPK entre les rats traités avec le bouillon expérimental et ceux traités avec le bouillon témoin contre les blancs au 28^{ième} jour de traitement. En comparant les bouillons expérimental et témoin, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée entre les activités des lots traités avec le du bouillon expérimental aux doses 0,25 g/Kg, 3 g/Kg, 6 g/Kg et ceux traités avec le bouillon témoin (3 g/Kg de poids corporel) (Tableau XXIII)

Résultats et Discussion

Tableau XXIII : Influence de bouillon sur l'activité les enzymes sanguins des rats

Paramètre	Jours	Blanc	NB0,25	NB3	NB6	Témoin3
ASAT (U/l)	14 ^è	181,87 ± 1,23	192,53 ± 20	190,17 ± 3,01	196,6 ± 19	162,06 ± 12,62
	28 ^è	189,3 ± 12	241,0 ± 11	201,56 ± 14	265,36 ± 24	248,7 ± 23
ALAT (U/l)	14 ^è	51,63 ± 4,4	52,9 ± 11,7	50,5 ± 23,1	53,83 ± 28	53,1 ± 15,66
	28 ^è	50,53 ± 5,9	57,93 ± 5	59 ± 2	68,86 ± 11	65,23 ± 0,7
γ-GT (U/l)	14 ^è	4 ± 1,5	2,67 ± 0,3 ^{b*}	2,7 ± 0,3 ^{b*}	3 ± 1 ^{b*}	9,33 ± 1,3 ^{a*}
	28 ^è	4,33 ± 0,8	4 ± 1 ^{b*}	3,67 ± 1 ^{b*}	4,66 ± 0,3 ^{b*}	12,3 ± 0,8 ^{a*}
LDH (U/l)	14 ^è	1682,67 ± 18	1673,33 ± 50 ^{b*}	1640,67 ± 20,6 ^{b*}	1485,33 ± 28 ^{b**}	1990,33 ± 29 ^{a*}
	28 ^è	2089,66 ± 72	2087,67 ± 36 ^{b**}	1992,33 ± 21 ^{b**}	2587 ± 13 ^{a**}	2678,67 ± 36 ^{a**}
CPK (U/l)	14 ^è	1087,67 ± 22	1038,33 ± 29 ^{b***}	1042,66 ± 64 ^{b***}	1216,66 ± 17 ^{b**}	1600,67 ± 14 ^{a***}
	28 ^è	1652,66 ± 14	1656,6 ± 30 ^{b***}	1730,66 ± 30 ^{b***}	2385,66 ± 33 ^{a,b**}	2645,6 ± 36 ^{a***}

NBi : Néré-bouillon a la dose de 0,25 g/Kg, 3 g/kg et 6 g/kg respectivement, Témoin est à 3 g/kg

Les valeurs sont exprimées en moyennes ± erreurs, n = 3. Les valeurs moyennes de γ-GT, LDH, CPK des rats de lot du bouillon témoin indique des différences significatives par rapport au témoin (p < 0,05) près 14 et 28 jours de traitement. De même, Les valeurs moyennes de LDH, CPK des rats traités par le bouillon expérimental indique des différences significatives par rapport au témoin (p < 0,05) près 28 jours de traitement.

a* Faiblement significative par rapport aux rats témoins (p < 0,05) ; a** : Peu significative par rapport aux rats témoins (p < 0,01); a*** significative par rapport aux rats témoins (p < 0,001);

b* Faiblement significative par rapport aux rats traités par le bouillon Y (p < 0,05) ; b** Peu significative par rapport aux rats traités par le bouillon Y (p < 0,01) ; b*** significative par rapport aux rats traités par le bouillon Y (p < 0,001)

3.4.1.2.3 Effets des bouillons sur la fonction rénale des rats

Le tableau XXIV présente l'effet des bouillons sur la fonction rénale (l'urée et la créatinine) des rats. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les concentrations des paramètres rénaux

Concernant les effets sur l'urée, les concentrations des différents lots après 14 jours de traitement étaient de $0,45 \pm 0,02$ mg/L ; $0,39 \pm 0,02$ mg/L ; $0,54 \pm 0,05$ mg/L ; $0,39 \pm 0$ mg/L et $0,43 \pm 0,08$ mg/L respectivement pour les blancs, les lots de bouillon expérimental aux doses 0,25 g/Kg ; 3 g/Kg ; 6 g/Kg et les témoins (3g/Kg de poids corporel). L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre les blancs et les rats traités. Après 28 jours de traitement, les concentrations d'urée étaient de $0,45 \pm 0,03$ mg/l chez les blancs et de $0,31 \pm 0,04$ mg/L chez les témoins. Quant à ceux des rats traités avec le bouillon expérimental aux différentes doses 0,25g/Kg ; 3g/Kg ; 6g/Kg, les concentrations d'urée étaient comprises entre $0,42 \pm 0,03$ mg/L et $0,58 \pm 0,07$ mg/L. Aucune variation significative n'a été observée entre les concentrations d'urée des rats au 14^{ème} jour ainsi qu'au 28^{ème} jour de traitements. De plus, aucune différence significative n'a été observée au niveau des concentrations d'urée des blancs et celles des rats traités avec le bouillon expérimental et les témoins (Tableau XXIV).

S'agissant des effets sur la créatinine, les concentrations moyennes de créatinine à J14 et J28 sont consignés dans le tableau XXIV. Après 14 jours de traitement de rats, les concentrations de créatinine des blancs, des lots du BE et des témoins étaient respectivement de $4,33 \pm 0,3$ mg/L, $4,33 \pm 0,33$ mg/L, $5,33 \pm 0,88$ mg/L, $3,33 \pm 0,3$ mg/L et $3 \pm 0,58$ mg/l. L'analyse significative des concentrations de créatinine des rats après 14 jours de traitement n'a révélé aucune différence significative des rats traités par rapport aux blancs. A la fin de traitement, il a été observé de variation non significative des concentrations de créatinine des rats du 28^{ème} jour de traitement par rapport aux concentrations de créatinine des rats du 14^{ème} jour. Les concentrations de créatinine des blancs et des témoins étaient respectivement de $5 \pm 0,57$ mg/L et de $4,33 \pm 0,3$ mg/L. Ceux des rats du bouillon expérimental oscillaient entre $5 \pm 0,57$ mg/L et $6,33 \pm 0,8$ mg/L (Tableau XXIV).

Tableau XXIV : Influence des bouillons sur la fonction rénale des rats

Paramètre	jours	Blanc	NB0,25	NB3	NB6	temoin3
Urée (mg/L)	14 ^e	0,45 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,54 ± 0,05	0,39 ± 0	0,43 ± 0,08
	28 ^e	0,45 ± 0,03	0,42 ± 0,03	0,49 ± 0,02	0,58 ± 0,07	0,31 ± 0,04
Créatinine (mg/L)	14 ^e	4,33 ± 0,3	4,33 ± 0,33	5,33 ± 0,88	3,33 ± 0,3	3 ± 0,58
	28 ^e	5 ± 0,57	5 ± 0,57	5,67 ± 0,66	6,33 ± 0,8	4,33 ± 0,3

Les valeurs sont exprimées en moyennes ± erreurs, n = 3. Les différences observées les lots sont non significatives (p>0,05).

3.4.1.2.4 Effets sur les paramètres hématologiques

3.4.1.2.4.1 Effets sur les paramètres érythrocytaires

Le tableau XXV présente l'effet des bouillons sur les paramètres érythrocytaires (globule rouge, globule blanc des rats, hémoglobine et plaquettes sanguines) des rats. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative (p > 0,05) entre les taux de globules érythrocytaires.

Les taux moyens de globules rouges des rats témoins étaient de $7,15 \pm 0,07 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ pour le jour 14 (J 14) et de $6,64 \pm 0,49 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ pour le jour 28 (J 28). Ceux des rats traités par le bouillon témoin étaient de $7,49 \pm 0,24 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ (J14) et $7,053 \pm 0,37 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ (J28). Quant à ceux des rats traités par le bouillon expérimental, les taux ont oscillé entre $7,11 \pm 0,12 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ et $7,25 \pm 0,05 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ (J14) et de $6,43 \pm 0,09 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ à $7,08 \pm 0,1 \text{ } 10^6/\mu\text{L}$ au 28^{ème} jour de traitement. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative (p > 0,05) entre les taux de globules rouges les blancs et les rats traités (Tableau XXV).

Concernant globules blancs, les taux moyens chez les blancs étaient de $11,80 \pm 1,00 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J 14) et $15,47 \pm 2,00 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J 28). Ceux des rats traités avec le bouillon témoin étaient de $15,94 \pm 0,94 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J14) et $14,89 \pm 0,68 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J 28). Quant à ceux des rats traités par le bouillon expérimental, les taux ont oscillé entre $14,28 \pm 0,99 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ et $15,86 \pm 1,65 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J14) et de $13,38 \pm 1,00 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ à $17,81 \pm 0,67 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ au 28^{ème} jour de traitement. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative (p > 0,05) entre les taux de globules blancs) les blancs et les rats traités (Tableau XXV).

S'agissant de l'hémoglobine (Hb), les concentrations chez les blancs étaient de $12,16 \pm 0,2 \text{ g/dL}$ (J14) et $11,76 \pm 0,29 \text{ g/dL}$ (J28) et celles des rats ayant reçu le bouillon témoin étaient de $12,23 \pm 0,26 \text{ g/dL}$ (J14) et $12,93 \pm 0,4 \text{ g/dL}$ (J28). Quant à ceux traités avec le bouillon expérimental, les concentrations de Hb oscillaient entre $11,7 \pm 0,5 \text{ g/dL}$ et $12,06 \pm 0,023 \text{ g/dL}$ après 14 jours de traitement et puis entre $11,8 \pm 0,18 \text{ g/dL}$ et $12,66 \pm 0,08 \text{ g/dL}$ après 28 jours de

traitements. L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative (p) entre les concentrations de Hb les blancs et des rats traités (Tableau XXV).

Pour plaquettes sanguines, les taux de plaquettes des blancs étaient de $760,33 \pm 13 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J14) et $952 \pm 11 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (J28) et celles des rats témoins étaient de $897,66 \pm 98 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ et $995,6 \pm 12 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$. Quant aux rats nourris avec le bouillon expérimental, les taux de plaquettes oscillaient entre $635 \pm 83,9 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ et $963 \pm 13,5 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$, après 14 jours de traitement et puis entre $1014 \pm 80 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ et $1263,33 \pm 90 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ après 28 jours de traitements. Il a été observé des augmentations significatives ($p < 0,01$) de taux plaquettaires dans tous les lots. En plus, ces hausses ont été plus marquées chez les rats traités par le bouillon expérimental, à la dose $0,25 \text{ g/Kg /PC}$ ($155 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$), de $560 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (BE 3 g/Kg /PC) et $300 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ (BE 6 g/Kg /PC) (Tableau XXV).

3.4.1.2.4.2 Effets des bouillons sur les paramètres leucocytaires

Concernant les effets sur les neutrophiles, les valeurs moyennes des taux de neutrophiles obtenues pendant les différents traitements après 14 jours étaient respectivement de $19,66 \pm 3,96$; $24,16 \pm 4,4$; $15,06 \pm 4,1$; $15,03 \pm 3 \%$ et $18,13 \pm 3,16 \%$ pour les blancs, pour les rats traités avec le bouillon expérimental $0,25\text{g/Kg}$, 3g/Kg , 6g/Kg et les témoins (3 g/Kg de poids corporel). L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les rats des lots traités et les blancs. Après 28 jours de traitement, les pourcentages de neutrophile étaient de $18,572 \pm 55 \%$, $19,1 \pm 0,9 \%$, $11,8 \pm 4,6 \%$, $15,6 \pm 1 \%$ et $21,47 \pm 3,2 \%$. Il n'a pas été observé de variation significative des effets des bouillons sur le pourcentage de neutrophiles par rapport aux blancs (Figure 19 et 20).

S'agissant des taux de lymphocytes, les pourcentages des blancs étaient de $71,86 \pm 5,7 \%$ (J14) et $75,26 \pm 1,84 \%$ (J28). Chez les rats traités avec le bouillon expérimental, les pourcentages de lymphocytes oscillaient entre $64,8 \pm 8 \%$ et $76,03 \pm 3,14 \%$ (jour 14) et $67,1 \pm 3 \%$ et $76,03 \pm 3,14 \%$ (jour 28). Quant aux témoins, les pourcentages de lymphocytes étaient de $76,03 \pm 3,14 \%$ (jour 14) et $78,5 \pm 4 \%$ (jour 28). Il n'a pas été observé de variation significative des effets des bouillons sur le pourcentage de lymphocytes par rapport aux blancs (Figure 19 et 20).

Tableau XXV : Influence de bouillon sur les paramètres érythrocytaires

Paramètre	jours	Blanc	NB0,25	NB3	BE6	BT3
GR (10⁶/μL)	14 ^e	7,15 ± 0,07	7,25 ± 0,05	7,22 ± 0,09	7,11 ± 0,12	7,49 ± 0,24
	28 ^e	6,64 ± 0,49	6,7 ± 0,2	7,08 ± 0,1	6,43 ± 0,09	7,053 ± 0,37
GB (10³/μL)	14 ^e	11,80 ± 1	15,86 ± 1,65	14,28 ± 0,99	14,75 ± 2,6	15,94 ± 0,94
	28 ^e	15,47 ± 2	13,44 ± 1	13,38 ± 1	17,81 ± 0,67	14,89 ± 0,68
HGB(g/dL)	14 ^e	12,16 ± 0,2	12,06 ± 0,237	12,03 ± 0,4	11,7 ± 0,5	12,23 ± 0,26
	28 ^e	11,76 ± 0,29	12,53 ± 0,1	11,8 ± 0,18	12,66 ± 0,08	12,93 ± 0,4
PLT (10³/μL)	14 ^e	760,33 ± 13	859 ± 24	635 ± 83,9	963 ± 13,5	897,66 ± 98
	28 ^e	952 ± 11	1014 ± 80	1195,33 ± 28	1263,33 ± 9	995,6 ± 12

Les valeurs sont exprimées en moyennes ± erreurs (n=3). Les différences observées les lots sont non significatives (p>0,05)

3.4.1.2.4.3 Effets des bouillons sur le pourcentage de basophile et éosinophiles

Les basophiles et les éosinophiles étaient les cellules ayant les faibles pourcentages durant les différents dosages. Les pourcentages de basophiles étaient de $0,53 \pm 0,18 \%$, $0,5 \pm 0,1 \%$, $0,73 \pm 0,3 \%$, $0,33 \pm 0,1 \%$ et $0,53 \pm 0,17 \%$ après 14 jours de traitement et $0,23 \pm 0,03 \%$, $0,4 \pm 0,1 \%$, $0,43 \pm 0,1 \%$, $0,33 \pm 0,03 \%$ et $0,57 \pm 0,02 \%$ après 28 jours de traitements respectivement pour les blancs, traités aux bouillons expérimental 0,25g/Kg, 3g/Kg, 6g/Kg et pour les témoins (3g/Kg de poids corporel). Quant aux pourcentages d'éosinophiles, les valeurs étaient de $2,13 \pm 1 \%$, $4,03 \pm 0,6 \%$, $3,97 \pm 0,9 \%$, $3 \pm 0,4 \%$ et $4,53 \pm 0,37 \%$. Il n'a pas été observé de variation significative des effets des bouillons sur le pourcentage des basophiles et éosinophiles par rapport aux blancs (Figures 19 et 20).

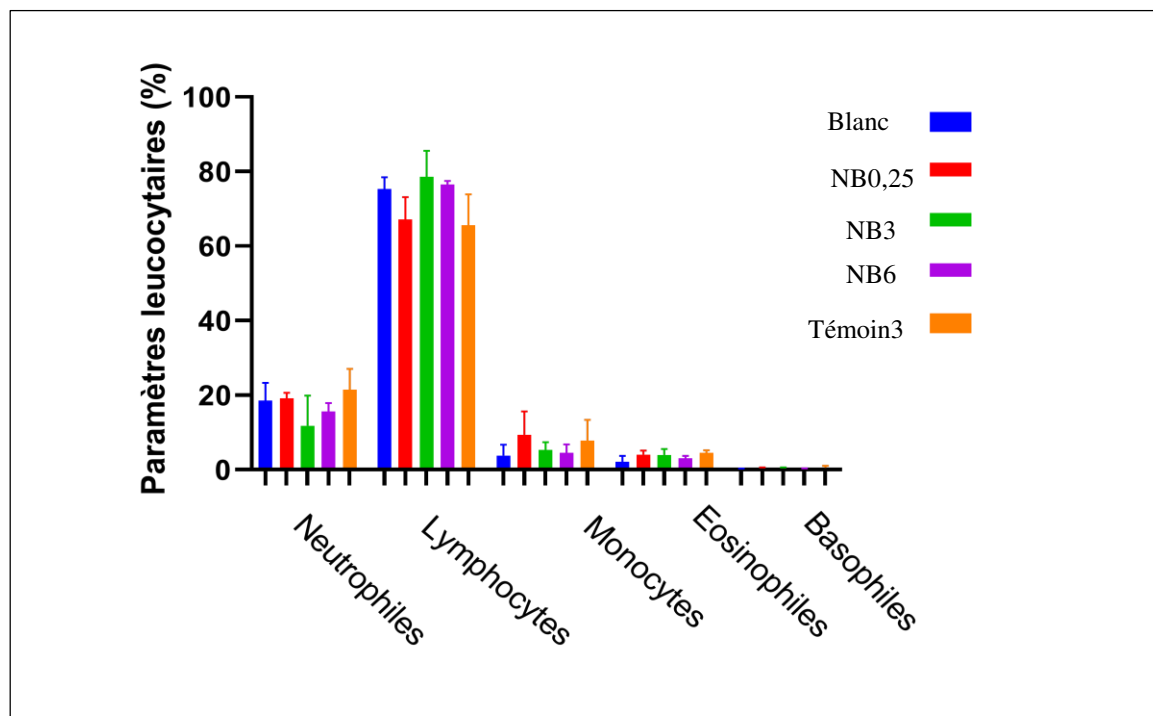


Figure 19 : Paramètres leucocytaires des rats après 14 jours de traitement

Les valeurs sont exprimées en moyennes $\pm$ erreurs, $n=3$. Les différences observées les lots sont non significatives ($p > 0,05$)

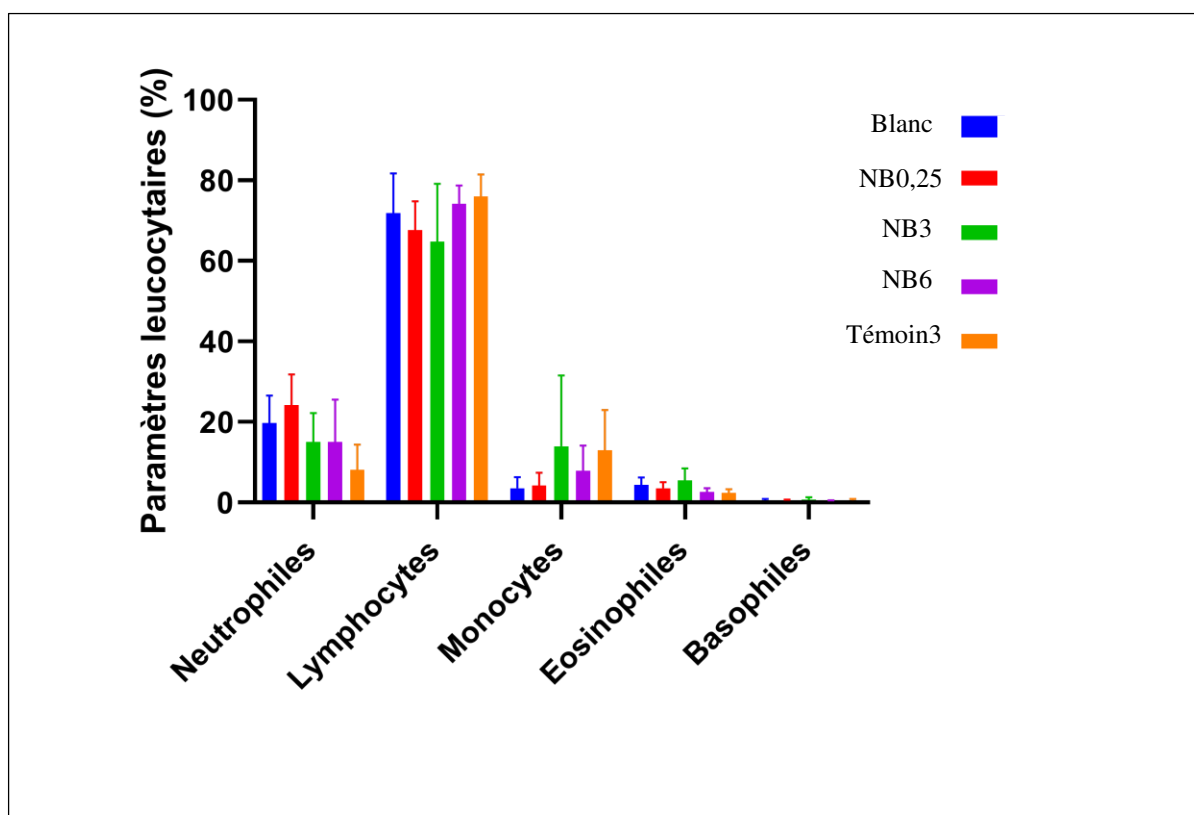


Figure 20 : Paramètres leucocytaires après 28 jours de traitements

3.4.2 Discussion

Cette étude a permis d'évaluer les paramètres physiques, biochimiques et hématologiques au cours de l'administration quotidien par gavage de bouillon formulé et bouillon témoin aux rats.

Les résultats obtenus ont révélé une augmentation de la croissance des rats au cours de l'expérience chez les animaux traités et témoins. Néanmoins, l'augmentation de poids des rats traités avec le bouillon formulé était faible par rapport aux rats blancs, avec une différence significative au niveau de rats traités avec le bouillon formulé à la dose 6 g/Kg PC. Cette faible variation de poids des rats traités par le bouillon formulé montre que le bouillon formulé n'induit ni une croissance corporelle anormale ni une diminution de la masse corporelle. En effet, la croissance est définie comme une modification positive de la biomasse qu'il s'agisse d'un organisme dans son intégralité (Laffargue, 2004). Aussi, cette croissance corporelle normale chez les animaux ayant consommés le bouillon formulé serait due à la présence de molécules nutritionnelles dans la formulation biologique telles que les protéines végétales et les fibres qui favorisent le transit intestinal (bonne digestion) (Mohamed, 2018). En effet, l'évolution de la masse corporelle est un indicateur fiable de l'état physiologie que des animaux en général et des rats en particulier. Elle reflète le bon fonctionnement ou le dysfonctionnement de l'organisme (Combes *et al.*, 2001). La masse relative du cœur des blancs, des lots du bouillon expérimental (BE) et du lot de bouillon commercial (témoin) ont respectivement de $0,36 \pm 0,04$; $0,42 \pm 0,04$; $0,39 \pm 0,01$, $0,42 \pm 0,1$, $0,47 \pm 0,03$. Celle des reins ont été respectivement de $0,608 \pm 0,03$; $0,67 \pm 0,01$; $0,64 \pm 0,05$; $0,7 \pm 0$; $0,66 \pm 0,01$. Ensuite, celle du foie sont $5,18 \pm 0,2$; $4,98 \pm 0,04$; $5,30 \pm 0,15$; $4,42 \pm 0,03$ et $3,78 \pm 0,03$. Les différents organes tels que le cœur, le foie et les reins peuvent être la cible de substances xénobiotiques. Les altérations de la masse relative de ces organes reflètent la toxicité d'une substance (R\$aza *et al.*, 2002). Le bouillon formulé n'a pas affecté la masse relative des organes des rats. L'absence de toxicité du bouillon formulé justifie l'utilisation de la poudre de néré dans les différentes alimentations africaines sous la forme de soumara (Coulibali *et al.*, 2022).

Le bouillon formulé n'a induit aucune variation significative des activités des transaminases ASAT et ALAT des animaux traités par rapport aux témoins. Cette absence de variation montre que la consommation du bouillon formulé n'a pas affecté l'intégrité du tissu hépatique. En effet, toute perturbation de ces paramètres serait due à une nécrose tissulaire ou une destruction du parenchyme hépatique (Adeneye *et al.*, 2006). Par ailleurs, le bouillon formulé n'a provoqué aucune perturbation de l'activité de γ -GT qui est une enzyme présente en

particulier dans le foie, les voies biliaires, les reins et l'os. Cependant, les taux élevés de l'activité γ -GT observés chez les rats traités avec le bouillon témoin indiquent une insuffisance hépatique, une cholestase, une cirrhose biliaire ou une désorganisation de l'architecture hépatique chez ces rats (Roychowdhur *et al.*, 2025).

En outre, les résultats ont montré une différence significative de l'activité des enzymes caractérisant les biomarqueurs de l'intégrité tissulaire du cœur tels que les CPK et LDH au niveau des rats traités avec la forte dose de bouillon formulé (6 g/kg de poids corporel) après 28 jours. En revanche, la forte augmentation des enzymes dès le 14^{ème} jour chez les rats traités avec le bouillon témoin à la dose de 3 g/kg de PC montre que le bouillon témoin a des effets considérables sur l'architecture du cœur par rapport au bouillon formulé. La forte augmentation des concentrations des enzymes CPK et LDH montre que le bouillon formulé aurait un effet significatif sur les activités de ces enzymes (Strum *et al.*, 2022).

En ce qui concerne l'influence des bouillons formulé et témoin sur les reins, aucune modification significative n'a été observée sur la concentration de la créatinine, de l'urée et des électrolytes (sodium, potassium et chlorure). En effet, toutes substances capables de modifier les différentes fonctions rénales (filtration glomérulaire, réabsorption et sécrétion tubulaire) entraînent inévitablement la modification des concentrations plasmatiques de l'urée, de la créatinine, celles du sodium, du potassium et du chlorure (Hilaly *et al.*, 2003 ; Gowda *et al.*, 2010).

Dans cette étude, les effets des bouillons formulé et témoin sur les cellules sanguines ont été évalués par le biais des analyses hématologiques. Les analyses n'ont montré aucune différence significative au niveau des paramètres érythrocytaires (globule rouge, globules blancs, plaquettes et hémoglobines) mais une augmentation des taux de plaquettes et d'hémoglobine (Atto & Yapo 2019). Cette augmentation montre que le bouillon formulé est un bon immunostimulant pour la protection de l'endothélium vasculaire étant donné que les plaquettes constituent les cellules protectrices de l'endothélium vasculaire contre les lésions générées par les radicaux libres. De plus, les résultats montrent que les bouillons n'ont pas influencé le système immunitaire des rats. La réduction du taux de lymphocytes est un indicateur de la défaillance du système immunitaire et prédispose l'organisme à des maladies opportunistes. Cette baisse serait due à l'action des phytostérols et des flavonoïdes (Iweala *et al.*, 2009). En outre, le soumara apporte la totalité des acides aminés essentiels à l'organisme, du fer (de l'ordre de 15,5 mg/100 g), mais aussi de la vitamine C pour limiter les risques de scorbut. Cette richesse en fer, indiquerait que la farine de néré est un puissant immunomodulateur par ses effets dans les cas d'anémie (Coulibali *et al.*, 2022). Il renforce les défenses

immunitaires, particulièrement en matière de prévention du cancer. Les effets thérapeutiques du bouillon formulé seraient liés en grande partie à la valeur nutritive et thérapeutique de soumara contenue dans le bouillon. En effet, la farine de néré a des propriétés antipaludiques, laxatives et antihypertensives (Lefèvre, 2011).

3.4.3 Conclusion partielle

En somme, ces résultats donnent un bon espoir relatif à l'utilisation possible de ce bouillon culinaire en alimentation. L'absence de différence d'anomalie physiologique tout au long de l'expérimentation avec les deux premières doses (0,25 g/Kg et 3 g/Kg de poids corporel) explique l'innocuité du bouillon.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Face aux dangers liés à la consommation de bouillons industriels dans lesquels certains composants présenteraient un risque pour la santé des populations, tels que les maladies cardiovasculaires, l'objet de cette étude est de concevoir un bouillon alimentaire naturel qui serait un substitut des bouillons industriels. Elle a commencé par une enquête de consommation dans trois villes (Abidjan, Bouaké et Daloa). Elle a permis d'interroger 656 ménages et a montré que le soumara, un bouillon traditionnel obtenu à partir des grains fermentés de néré (*Parkia biglobosa*), était le plus consommé après le Maggi tablette dans les ménages enquêtés. Dans le but de contribuer à la sécurité alimentaire, une formulation du bouillon à base de soumara et d'épices locales, appelée "Néré-bouillon", a été formulé. La meilleure formulation contient 55 % de soumara, 12 % de persil, 10 % d'ail, 8 % d'oignon, 1,5 % de gingembre, 1 % de poivre et 12,5 % de sel avec une saveur et une acceptabilité sensorielles élevées. Cette étude a également mis en évidence une Date Limite de Consommation (DLC) de 6 mois et une absence de pathogènes dans le Néré-bouillon formulé suggère que la sécurité sanitaire du produit a été correctement assurée sans l'ajout de conservateurs lors du processus de formulation. Le Néré-bouillon formulé a montré également de très bonnes valeurs phytochimiques, minérales et des propriétés antioxydantes satisfaisantes doublé d'une bonne bio-tolérance. Ainsi, les résultats de cette étude suggèrent que le Néré-bouillon pourrait constituer une alternative locale et saine aux bouillons industriels, tout en répondant aux attentes gustatives des consommateurs. Ce bouillon alimentaire pourrait être recommandé à la consommation et jouerait, de par ses propriétés, un rôle important dans la prévention et la lutte contre certaines maladies métaboliques. Toutefois, des études complémentaires sont nécessaires avant sa vulgarisation.

En guise de perspectives dans le but d'approfondir la qualité sanitaire de la formulation, il conviendrait :

- d'étudier la toxicité chronique en vue de voir l'impact du Néré-bouillon sur les organes nobles ;
- d'évaluer l'impact de la consommation du Néré-bouillon sur le statut nutritionnel des rats ;

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

- Ababsa N., Kribaa M., Tamrabet L., Addad D., Hallaire V., & Ouldjaoui A. (2020). Long-term effects of wastewater reuse on hydro physicals characteristics of grassland grown soil in semi-arid Algeria. *Journal of King Saud University-Science*, 32(1): 1004-1013.
- Abdelhamid A.A., Alhussan A.A., Qenawy A.S.T., Osman A.M., Elshewey A.M., & Eed M., (2025). Prévion de la récolte de pommes de terre grâce à un modèle ResNet-59 amélioré. *Potato Research*, 68(2) : 1049-1068.
- Abdelhamid Ki M. R. & Pack S. P. (2024). Biominerals and Bioinspired materials in Biosensing: recent advancements and applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9) : 4678- 4696.
- Abraha B., Admassu H., Mahmud A., Tsighe N., Shui X. W., et Fang Y. (2018). Effet des méthodes de transformation sur la composition nutritionnelle et physico-chimique du poisson : une revue. *Food Processing & Technology*, 6(4) : 376-382.
- Adebo O. A. & Gabriela M. I. (2020). Impact of fermentation on the phenolic compounds and antioxidant activity of whole cereal grains: A mini review. *Molecules*, 25(4) : 927-946.
- Adégbola P. Y., Singbo A. G., Ahouansou R. & Savi M. C. (2003). Analyse socio-économique de la presse manuelle à huile de palme «Dékanmé». *Bulletin de la recherche Agronomique du Bénin*, (40) : 1-9.
- Adekanmi AJ, Roberts A., Akinmoladun J. A. & Adeyinka A . O. (2019). Doppler des artères utérines et ombilicales chez les femmes atteintes de prééclampsie et issues de grossesse. *Revue médicale postuniversitaire nigériane* , 26 (2) : 106-112.
- Adriouch S., Kesse-Guyot E., Hercberg S., Touvier M. & Fezeu L. K. (2017). Association entre les apports en polyphénols et le risque de maladies cardiovasculaires: Résultats d'une étude prospective sur 84 000 adultes français. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 31(3) : 238-342.
- Afifi M. & Abbas A. (2011). Monosodium glutamate versus diet induced obesity in pregnant rats and their offspring. *Acta Physiologica Hungarica*, 98(2) : 177-188.
- AFNOR. (1999). NF EN ISO 6222 : Microbiologie des eaux - Méthode de comptage des micro-organismes par culture (pp. 1-20). AFNOR.

- AFNOR. (2003). NF T90-412 : Microbiologie des aliments Méthode pour la recherche de *Salmonella sp* dans les produits alimentaires (pp. 1-20). AFNOR.
- AFNOR. (2003). NF TF T90-415 : Essais microbiologiques-Méthode pour la recherche et le comptage de *Salmonella sp.* dans les produits alimentaires (pp. 1-20). AFNOR.
- AFNOR. (2005). NF V08-061 : Pratique de laboratoire-Essais microbiologiques -Méthodes pour l'isolement et la détermination des propriétés des micro-organismes (pp. 1-25). AFNOR.
- AFNOR. (2009). NF V08-060 : Systèmes de management de la qualité - Exigences (ISO, 2009, pp. 1-45). AFNOR.
- AFNOR. (2014). NF EN ISO 9308-1: Microbiologie de l'eau — Méthode pour le dénombrement des coliformes et des entérocoques — Partie 1 : Méthode des membranes filtrantes (pp. 1-20). AFNOR.
- Africanews (2019). Récupéré sur en Afrique, le bouillon en cube fait recette : www.africanews.com, 22 p.
- Ahon G. M., Alla K. T., Bakayoko L. & Amoikon K. E. (2023). Manufacturing Technique and Nutritive Value of Soumbara (*Parkia biglobosa* Seeds) and Dark Seed of Korhogo (Côte d'Ivoire). *Open Journal of Applied Sciences*, 12(10) : 1673-1686.
- Airaodion A. I., Ogbuagu U., Oloruntoba A. P., Agunbiade A. P., Airaodion E. O., Mokelu I. P. & Ekeh, S. C. (2019). Biochemical mechanisms involved in the regulation of appetite and weight-review. *International Journal of Research*, 6(2) : 397-409.
- Akinmoladun A. C., Oladejo C. O., Josiah S. S., Famusiwa C. D., Ojo O. B. & Olaleye M. T. (2018). La catéchine, la quercétine et la taxifoline améliorent les déséquilibres redox et biochimiques dans le dysfonctionnement hépatocellulaire induit par la roténone : pertinence thérapeutique en cas d'hépatotoxicité induite par les pesticides ? *Physiopathologie*, 25 (4) : 365-371.
- Akpanyung E. O. (2005). Proximate and mineral element composition of bouillon cubes produced in Nigeria. *Pakistan journal of nutrition*, 4(5) : 327-329.
- Alaoui L. (2020). Role of Minerals (Sodium, Potassium, Calcium and Magnesium) in the Prevention and Management of High Blood Pressure. *Moroccan Review of Agronomic and Veterinary Sciences*, 8 : 333-341.
- Alber H., Dromigny E., hazif N. M. & Perrus-L., C. (2010) Heart Rhythm Disorders Linked to Taking Psychotropic Medications. *Journal Pharmacology Clinical*, 29 : 183-209.

- Ali M. H., & Suleiman N. (2018). Eleven shades of food integrity: A halal supply chain perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 71 : 216-224.
- Alibas I., Zia M. P. & Yilmaz A. (2019). L'effet des méthodes de séchage sur la couleur et la teneur en chlorophylle des feuilles de persil. *Journal of Agriculture food science and technology*, 7(6) : 919-926.
- Alpert A., Powell D., et Pacula R.L. (2018). Politique d'offre en matière de drogues en présence de substituts : données probantes issues de l'introduction d'opioïdes dissuasifs contre les abus. *American Economic Journal : Economic Policy*, 4 : 1-35.
- Amani N. G., Tetchi F. A., & Coulibaly A. (2004). Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) de Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 22(2) : 77-83.
- Anderson N.L., et Anderson N.G., (2002). Le protéome du plasma humain : histoire, caractéristiques et perspectives diagnostiques. *Protéomique moléculaire et cellulaire*, 1 (11) : 845-867.
- Andretto V., Repellin M., Pujol M., Almouazen E., Sidi-Boumedine J., Granjon T., & Lollo G. (2023). Hybrid core-shell particles for mRNA systemic delivery. *Journal of Controlled Release*, 353 :1037-1049.
- Andretto V., Repellin M., Pujol M., Almouazen E., Sidi-Boumedine J., Granjon T., & Lollo G. (2023). Hybrid core-shell particles for mRNA systemic delivery. *Journal of Controlled Release*, 353 : 1037-1049.
- Andriamandimby S.F., Lo Presti A., Lai A., Olive M.M., Angeletti S., De Florio L., et Heraud J.M. (2016). Diversité génétique du virus de l'hépatite B (VHB) à Madagascar. *Journal de virologie médicale*, 88(12) : 2138-2144.
- Andriatsihoarana S. M. (2009). Contribution à l'étude de l'huile essentielle de gingembre en vue d'une meilleure exploitation. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en génie chimique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo Département Génie Chimique, Université d'Antananarivo, Madagascar, 123 p.
- Apfelbaum M., Romon-Rousseaux M., Romon, M. & Dubus, M. (2009). Diététique et nutrition. 7ème édition. Elsevier Masson, Paris, France : 34-56.

- Appia V. K., Zadou D. A. & Kouassi K. H. (2023). Valeur Sociale de l'Arbre du Néré dans l'Aire Culturelle Gour en Côte d'Ivoire. *European Scientific Institute Preprints*, 19(17) : 91-105.
- Appia V. K., Zadou D. A. & Kouassi K. H. (2023). Valeur Sociale de l'Arbre du Néré dans l'Aire Culturelle Gour en Côte d'Ivoire. *European Scientific Institute Preprints*, 15 : 221-221.
- Asbjornsen H., Hernandez-Santana V., Liebman M., Bayala J., Chen J., Helmers M. & Schulte L. A. (2014). Targeting perennial vegetation in agricultural landscapes for enhancing ecosystem services. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(2) : 101-125.
- Asuzu I. & Harvey A. (2003). Les activités anti-venin de serpent de l'extrait d'écorce de la tige de *Parkia biglobosa* (Mimosaceae). *Toxicology*, 42(7) : 763-768.
- Atto V. & Yapo A. P. (2019). Profil des paramètres anthropométriques et hématologiques chez le rat wistar soumis à une alimentation enrichie en huile de palme. *Afrique Science*, 15(3) : 128-141.
- Atwater W. O., & Rosa E. B. (1899). A new respiration calorimeter and experiments on the conservation of energy in the human body, II. *Physical Review (Series I)*, 9(4) : 214-251.
- Auffray-Gallet M. & Rouger C. (2024). Les antimigraineux d'origine naturelle. *Actualités Pharmaceutiques*, 63(634) : 53-58.
- Avana-Tientcheu M. L. A., Keouna S., Nguemo D. D., & Masdewel B. M. (2019). Structure des peuplements et potentiel de domestication de *Parkia biglobosa* dans la région de Tandjilé-Ouest (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1) : 219-236.
- Bahre W., Mengist B., Bitsa Y., Woldemariam GT, Kebede S., Wubete A., & Banti, A.T. (2024). Connaissances en matière de triage, compétences perçues et facteurs associés chez les infirmières travaillant dans les services d'urgence pour adultes de certains hôpitaux publics d'Addis-Abeba, en Éthiopie. 2023 : étude transversale multicentrique. *Annals of Medicine and Surgery*, 86(12) : 7029-7036.
- Barakat I., Chamlal H., Elfane H., El Jamal S., Elayachi M. & Belahsen R. (2022). Pyramide alimentaire méditerranéenne d'une population adulte marocaine : comparaison avec les recommandations de la pyramide alimentaire méditerranéenne mise à

- jour. *Annales de l'Université Dunarea de Jos de Galati. Fascicule VI - Technologie alimentaire*, 46 (2) : 74-88.
- Barbouchi M., Elidrisi M., Amechrouq A., & Chokrad M. (2019). Chemical composition and physicochemical properties of the essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) grown in Morocco. *RHAZES: Green and Applied Chemistry*, 4(4) : 35-50.
- Barijaona A. F., Rasolonirina M., & Asimanana F. (2017). Contribution à l'étude de la radioactivité naturelle, par spectrométrie gamma, du sol dans la zone littorale d'Antalaha-Ambohitralanana Madagascar. *Afrique Science*, 13(2) : 101-112.
- Baron D.M., Hochrieser H., Posch M., Metnitz B., Rhodes A., Moreno R.P., & Metnitz P. (2014). L'anémie préopératoire est associée à un mauvais pronostic clinique chez les patients ayant subi une chirurgie non cardiaque. *British journal of anaesthesia*, 113(3) : 416-423.
- Barrs R. W., Jia J., Silver S. E., Yost M. & Mei Y. (2020). Biomaterials for bioprinting microvasculature. *Chemical reviews*, 120(19) : 10887-10949.
- Baudet M., Daugareil C. & Ferrieres J. (2012). Prévention des maladies cardiovasculaires et règles hygiéno-diététiques. In *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 61(2): 93-98
- Baulande S. & Langlois C. (2010). Les protéines à domaine patatbv ine. *médecine/sciences*, 26 : 177-184.
- Bédard B. & Dubois L. (2005). Apports en énergie et macronutriments. *Enquête de nutrition auprès des enfants québécois*, 4 : 67-77.
- Bekkis S., Benmehaia M. A. & Kaci A. (2022). Les enjeux de la dépendance de la filière de blé en Algérie: Analyse par asymétries de réponses de l'offre dans la chaîne de valeur. *New Medit*, 21(1) : 133-147.
- Bekkis S., Benmehaia M. A., & Kaci A. (2023). Price transmission in the wheat market in Algeria: Threshold cointegration approach. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 11(1) : 17-32.
- Belkhanchi H., Ziat Y., Hammi M. & Ifguis O. (2023). Formulation, optimization of a poultry feed and analysis of spectrometry, biochemical composition and energy facts. *South African Journal of Chemical Engineering*, 44(1), 31-41.

- Bello S., Ahanchede A. & Amadji G.L. (2019). Influence des pratiques de désherbage manuel sur l'évolution à long terme de l'enherbement et du rendement de l'oignon (*Allium cepa* L.) au Nord- Est du Bénin. *Afrique Science*, 15(6) : 11-26.
- Benabid A. I. & Louerrad Y. (2023). Contribution à la production des épices et détection des fraudes. Faculté des Sciences et technologie, Spécialité Agroalimentaire et contrôle de qualité Université –Ain T'émouchent- Belhadj Bouchaib (Algérie), 96 p.
- Benamouzig D. & Blanck J. (2023). La bataille cognitive des logos nutritionnels. *L'Année sociologique*, 73(2) : 295-325.
- Bencheikh A., Belabed I., & Rouag, N. (2024). Fusarium de l'épi du blé : connaissances actuelles sur les espèces associées et leurs mycotoxines, la diversité de leur pathogénicité et les stratégies de gestion. *Australasian Plant Pathology* , 53 (6) : 457-471.
- Benmagnia S., Meddah B., Tir-Touil A. & Gabaldón H. J. A. (2019). Phytochemical analysis, antioxidant and antimicrobial activities of three samples of dried figs (*Ficus carica* L.) from the region of mascara. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 9(2) : 208-215.
- Benyagoub, E. (2019). Investment challenges in milk sector (Case of a dairy factory in southwest of Algeria): Development prospects. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(1), 22-27. E. (2019). Investment challenges in milk sector (Case of a dairy factory in southwest of Algeria): Development prospects. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(1) : 22-27.
- Berdai M. (2016). Le Plan Maroc Vert et la sécurité alimentaire: quelle perspective à l'horizon 2020?. *New Medit*, 15(1) : 53-61.
- Bergeaud-Blackler 1, F. (2017). Le marché halal mondial. *Revue du MAUSS*, 48-61.
- Berthélémy S. (2008). Les oligoéléments, généralités et macroéléments. *Actualités Pharmaceutiques* 47(472) : 24-29.
- Besnier F. (2018). Modulations du système nerveux autonome et de l'architecture cardiaque par l'activité physique dans le traitement de l'insuffisance cardiaque chronique. Ecole doctorale : BSB - Biologie, Santé, Biotechnologies, Spécialité: maladies

- métaboliques et cardiovasculaires, Thèse de Doctorat D'Université (Toulouse, France), 269 p.
- Binia A., Jaeger J., Hu Y., Singh A., & Zimmermann D. (2015). Daily potassium intake and sodium-to-potassium ratio in the reduction of blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of hypertension*, 33(8) : 1509-1520.
- Birlouez E. (2016). Ail, oignon et autres Alliées: approche historique et culturelle. *Phytothérapie*, 14(3) : 141-148.
- Birlouez E. (2016). Ail, oignon et autres Alliées: approche historique et culturelle. *Phytothérapie*, 14(3) : 141-148.
- Birlouez E. (2019). L'évolution de la perception de la qualité alimentaire au cours des âges. *Productions Animales*, 32(1) 25-36.
- Bishop C. P. (2018). Évaluation ex post de la diffusion de la technologie dans le secteur africain de l'huile de palme : l'expulseur Caltech au Cameroun, au Bénin et au Libéria. *World Development* , 112 : 233-243.
- Boffi D., Codina R. & Türk Ö. (2025). Formulations par éléments finis du problème aux valeurs propres de Maxwell utilisant des interpolations lagrangiennes continues. *Méthodes computationnelles en mathématiques appliquées* 25 (2) : 349-371.
- Bohic S., Gherzi-Egea J. F., Gibon J., Paoletti P., Arnaud J., Hunot S. & Bouron A. (2011). Rôles biologiques des éléments traces dans le cerveau—exemples du Zn et du Fe. *Revue Neurologique*, 167(4) : 269-279.
- Boko C. K., Kpodekon M. T., Farougou S., Dahouda M., Youssao A. K. I., Aplogan G. L. & Mainil J. (2011). Farmer perceptions and pathological constraints in helmeted guinea fowl farming in the Borgou department in North-East Benin. *African Journal of Agricultural Research*, 6 : 2348-2357
- Bokomena I. G. (2020). Etude de faisabilité technologique de la fabrication d'un bouillon alimentaire à base de Moringa (*Moringa oleifera*). Mention : génie des procédés chimiques et industriels Université d'Antananarivo (Madagascar) 89 p.

- Bompard A., Da D. F., Yerbanga S. R., Morlais I., Awono-Ambéné P. H., Dabiré R. K., & Cohuet, A., (2020). High Plasmodium infection intensity in naturally infected malaria vectors in Africa. *International Journal for Parasitology*, 50(12) : 985-996.
- Boroze T. T-E., (2011). Outil D'aide A La Conception De Sechoirs Pour Les Produits Agricoles Tropicaux. These De Doctorat, Physique Appliquee, Université de Lome (Togo). 236 P.
- Bossi S. (2017). Récepteurs présynaptiques métabotropiques du glutamate: études fonctionnelles au sein du système nerveux central de rongeur à l'aide de nouveaux outils pharmacologiques. Doctorat de physiologie, Université Paris Saclay France, 265 p.
- Bouafou K.G.M. (2007). Etude de la production d'asticots à partir d'ordures ménagères biologiques et de la valeur nutritionnelle de la farine d'asticots séchés chez le rat en croissance. Thèse de Doctorat en physiologie animale, UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 195 p.
- Boubal, C. (2022). Défendre un instrument contesté: Comprendre le maintien des bandeaux sanitaires en nutrition. *Gouvernement et action publique*, (4) : 53-71.
- Boutin A. B. (2019). État des lieux de la recherche sur le français en Afrique. *Langue française*, 202(2) : 11-26.
- Braga M. E., Moreschi S. R. & Meireles M. A. A. (2006). Effects of supercritical fluid extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. starches. *Carbohydrate polymers*, 63(3) : 340-346.
- Brah N., Houndonoug b, M. F. & Issa S. (2015). Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille: Une synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6) : 2924-2931.
- Brah N., Houndonougbo M. F., & Issa S. (2015). Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille: Une synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6) : 2924-2931.
- Brennan J. G., (2006). Food Processing Handbook. Ed. WILEY-VCH Verlag GmbH et co-KGaA, Weinheim. Germany, 602p In: Lahbari M., (2015). Etude Et Stimulation

- Du Sechage De L'abricot : Application A Quelques Varietes De La Region Des Aures. These De Doctorat, Mécanique, Énergétique. 129 p
- Brown K. H., Peerson J. M., Rivera J., & Allen L. H. (2002). Effet d'une supplémentation en zinc sur la croissance et les concentrations sériques de zinc chez les enfants prépubères : méta-analyse d'essais contrôlés randomisés. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75 (6) : 1062-1071.
- Burkill H. M.(1995). Les plantes utiles de l'Afrique tropicale de l'ouest. 2ème éd. Londres :jardin botanique royal de kew. 3: 857p.
- Burkill P. H., Edwards E. S., & Sleight M. A., (1995). Microzooplankton and their role in controlling phytoplankton growth in the marginal ice zone of the Bellingshausen Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 42(4-5): 1277-1290.
- Burlone N. & Mévellec, A. (2021). Émotions et argumentaires dans les enjeux territoriaux controversés. *Lien social et Politiques*, (86) : 20-37.
- Burtis C. A., & Ashwood E. R. (1999). Tietz textbook of clinical chemistry. *Philadelphia*, 199 : 1654-1655.
- Caburet A. D. P. (2002). Memento de l'Agronome nouvelle version.Paris: CIRAD. Paris, France, 1608p.
- Caburet S., Conti, C., & Bensimon A. (2002). Combing the genome for genomic instability. *TRENDS in Biotechnology*, 20(8) : 344-350.
- Cahuzac-Picaud M. (2012). Épices, herbes et aromates: usages culinaires et recettes. *Phytothérapie*, 10(2) : 109-116.
- Camara F., Soro S., Traore S., Brou K. & Dje K. (2016). Biochemical and microbiological characteristics of African mustards produced from fermented seeds of *Parkia biglobosa* and *Glycine max*, sold in Côte d'Ivoire. *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*, 10 : 506-518.
- Cao J., Zhang K., Luo M., Yin C., et Lai X. (2016). Machine d'apprentissage extrême et représentation parcimonieuse adaptative pour la classification d'images. *Réseaux de neurones* , 81 : 91-102.

- Cardon D. & Delaunay-Téterel H. (2006). La production de soi comme technique relationnelle. *Réseaux*, 138(4) : 15-71.
- Catherine D. R., Cassandra P. & Lavigne J. P. (2024). Actualités sur le microbiome de la peau et son rôle dans les maladies cutanées. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2024(563) : 52-60.
- Chao-pérez d. A. N. I. E. L., aboal-somoza m. A. N. U. E. L., Alonso-meijide j. M., & Bermejo-barrera, p. I. L. A. R. (2008). Preparatory studies for the implementation of norm une 66020-1: 2001 (or norm iso 2859-1: 1999) in a canned marine food factory. *Journal of food processing and preservation*, 32(4) : 571-585.
- Chardigny J. M. (2017). Les protéines végétales pour l'alimentation humaine. *Revue Association Français Agronomie*, 7 : 27-32.
- Charles M., Endrizzi I., Aprea E., Zambanini J., Betta E. & Gasperi F. (2017). Méthodes sensorielles dynamiques et statiques pour étudier le rôle de l'arôme sur le goût et la texture : une approche multisensorielle de la perception de la pomme. *Qualité et préférence alimentaires* , 62 : 17-30.
- Charlou C., Sauceau M., & Arlabosse P. (2013). Characterisation of residence time distribution in a continuous paddle dryer. *Journal of Residuals Science and Technology*, 10(3) : 117-125.
- Charve J., Tedo G. & Ipharraguerre I. (2013). Effet de l'entraînement de porcelets avec du saccharose ou du glutamate monosodique sur les résultats ultérieurs de tests d'appétence. *Journal Recherche Porcine*, 45 : 175-176.
- Chen C., Tang T., Shi Q., Zhou Z. & Fan J. (2022). The potential and challenge of microalgae as promising future food sources. *Trends in Food Science & Technology*, 126 : 99-112.
- Chiffolleau Y., Brit A. C., Monnier M., Akermann G., Lenormand M. & Saucède F. (2020). Coexistence of supply chains in a city's food supply: a factor for resilience?. *Review of agricultural, food and environmental studies*, 101 : 391-414.
- Cho C. Y. & Bureau, D. P. (2001). Examen des stratégies de formulation des régimes alimentaires et des systèmes d'alimentation visant à réduire les déchets excréteurs et alimentaires en aquaculture. *Recherche en aquaculture* , 32 , 349-360.

- Choudhary S., Noor M.U., Hussain M.S., Mishra M., et Tyagi S. (2022). Propriétés pharmacologiques et phytoconstituants de l'ail (*Allium sativum* L.) : une revue. *Biological Sciences* , 2(4) : 338-346.
- Chupez T. J., Ndoye O., Tchatat M. & Chikamai B. (2009). Processing and marketing of non-wood forest products: Potential impacts and challenges in Africa. *Discovery and Innovation*, 21(1) : 60-65.
- Cissé I., Koffi N. E., Niamketchi G. L., Dembélé S., Kouadio K. B. & Anin A. L., (2021). Composition phytochimique et nutritionnelle des graines fermentées de *Parkia biglobosa* issues du Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 168 : 17507-17519.
- Codex Alimentarius. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias Comisión del Codex Alimentarius. Segunda edición. Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud. (2005).
- Colin L. (2016). L'ail et son Interet en Phytotherapie. Faculté de pharmacie de Lorraine (Nancy, France), 142 p.
- Coulibali, O. S., Koné, M., & Ouattara, A. (2022). Effets des extraits aqueux et éthanolique des graines fermentées de *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) sur quelques marqueurs du stress oxydatif - chez les rats rendus hypertendus : Effects of the aqueous and ethanolic extracts of fermented seeds of *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) on some markers of the oxydative stress in rats made hypertensive. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(6) : 2506-2515.
- Coulibaly A. (2020). Etat nutritionnel des étudiants résident au campus des facultés de Médecine et d'Odontostomalogie, et de la faculté de pharmacie du Mali en (2019). Thèse de Doctorat d'Etat de Médecine et d'Odontostomatologie, Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako, Mali, 89p.
- Coulibaly M., Parkouda C., Compaoré S. C. & Savadogo A. (2020). Technologies traditionnelles de transformation des graines de néré (*Parkia biglobosa* Jacq. R. Br.) en Afrique de l'Ouest : revue des principaux produits dérivés et contraintes de production. *Journal des biosciences appliquées* , 152 (1) : 15698-15708.

- Coulibaly T. H. (2024). Agriculture urbaine et approvisionnement des marchés de la ville de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire). *Revue Internationale du Chercheur*, 5(1) : 438-454.
- Coulibaly-Diakite M., Parkouda C., Compaore S. C., & Savadogo, A. (2020). Technologies traditionnelles de transformation des graines de caroube (*Parkia biglobosa* Jacq. R. Br.) en Afrique de l'Ouest : *revue des principaux dérivés et contraintes de production* , 15698-15708.
- Cousin F. (2002). Cuire à la vapeur en Afrique: les couscoussiers dans les collections du Musée de l'Homme. *Cuisine et société en Afrique: histoire, saveurs, savoir-faire*, 131 p.
- Couturier C., Bortolamiol S., Ortmann S., Okimat J. P., Asalu E., & Krief S. (2022). All-you-can-eat: influence of proximity to maize gardens on the wild diet and the forest activities of the Sebitoli chimpanzee community in Kibale National Park. *Animals*, 12(7) : 806-827.
- Dagar J. C., Sileshi G. W. & Akinnifesi F. K. (2020). Agroforestry to enhance livelihood security in Africa: research trends and emerging challenges. *Agroforestry for Degraded Landscapes: Recent Advances and Emerging Challenges-Vol. 1*, 71-134.
- Danciu L., Şeşetyan K., Demircioglu M., Gülen L., Zare M., Basili R., & Giardini D. (2018). Le modèle de tremblement de terre de 2014 au Moyen-Orient : sources sismogènes. *Bulletin of Earthquake Engineering* , 16(8) : 3465-3496.
- Dansereau P. (1987). Les dimensions écologiques de l'espace urbain. *Cahiers de géographie du Québec*, 31(84) : 333-395.
- David-Benz H. & Seck A. (2018). Améliorer la qualité de l'oignon au Sénégal: contractualisation et autres mesures transversales. Rapport d'analyse de politique, SAPAA (projet de Suivi et Analyse des Politiques Agricoles et Alimentaires). Rome, FAO, 50 p.
- Day R. & Underwood. 1986. Quantitative analysis 5th ed., Prentice London, Hall Publication, London, Canada, 701p

- Deghal L. & Derradji, S. (2018). Study of the antioxidant effect of polyphenols extracted from commercial tomatoes. Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem University (Mostaganem, Algeria), 66 p.
- Delnat C. C. (2025). A systematic review of climate change content integration in nursing curricula. *Journal of Nursing Education*, 64(4) : 227-234.
- Deppenweiler A. (2014). Le glutamate monosodique comme exhausteur de goût: confiance ou méfiance? Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de docteur en pharmacie, U.F.R. des Sciences Pharmaceutiques, Université Victor Segalen Bordeaux 2 (France), 120 p.
- Descaillot L. & Laville M. (2015). Actualité du sodium dans les maladies rénales et cardiovasculaires. *Néphrologie & Thérapeutique*, 11(7), 525-530.
- Diao M., Dembele R.H., Konate K., et Dicko M.H. (2019). Etude comparative des peroxydases de dix (10) plantes supérieures couramment rencontrées au Burkina Faso. *Journal international des sciences biologiques et chimiques*, 13(6) : 2533-2545.
- Diao S. N., Mbaye A., Niang N. D. D., faye Fall M., Dioum S. F., Diop A. & Sarr S. O. (2022). Détermination des facteurs de rendement et de la composition nutritionnelle de plats sénégalais à base de riz. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(4) : 1806-1816.
- Diarra T (2018). Evaluation de la consommation des bouillons culinaires dans le District de Bamako (cas de Sébénikoro) ; Thèse de Doctorat faculté de pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako. Mali, 80 p.
- Diarra T. (2019). *Evaluation de la consommation des bouillons culinaires dans le District de Bamako (cas de Sébénikoro)* Doctorat d'Etat Faculté de pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (Mali) 80 p.
- Diawara b., Sawadogo I., & Kabore i. z. (1992). contribution a l'etude des procedes traditionnels de fabrication du " soumbala " au burkina faso aspects biochimiques, microbiologiques et technologiques. *Sciences Naturelles et Appliquées*, 20(2) : 5-14
- Diehl K. H., Hull R., Morton D., Pfister R., Rabemampianina Y., Smith D., Vidal J-M. & De Vorstenbosch C.V. (2001). A Good Practice Guide to the Administration of

- Substances and Removal of Blood, Including Routes and Volumes. *Journal. Applied. Toxicology*, 21(1) : 15-23.
- Diler G., Guilloux M., Lethuaut L., Chevallier S., Prost C. & Le-Bail A. (2019). Intérêt d'une approche procédé pour la reformulation de produits réduits en sel-sucre-matières grasses en Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie. *Innovations Agronomiques*, 78 : 13-25.
- Diouf B., & Pode, R., (2015). Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. *Renewable Energy*, 76 : 375-380.
- Diouf S., Folquet M., Mbofung K., Ndiaye O., Brou K., Dupont C., & Tetanye E., (2015). Prévalence et déterminants de l'anémie chez le jeune enfant en Afrique francophone– Implication de la carence en fer. *Archives de pédiatrie*, 22(11) : 1188-1197.
- Djane K. A. & Bamba A. (2020). Une lecture de la Sociologie de l'Environnement de Riley Dunlap à la compréhension de la socioconstruction du Néré : Cas des femmes Sénoufos dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(3) : 418-427.
- Djedji W. F., Koné F. M. T. & Dan C. G. (2023). Enquête ethno-nutritionnelle de la liane de Piper cubeba consommée dans la région de La Mé au Sud de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 23(5) : 107-121
- Djoudi H., Locatelli B., Pehou C., Colloff M. J., Elias M., Gautier D. & Zida M. (2022). Trees as brokers in social networks: Cascades of rights and benefits from a Cultural Keystone Species. *Ambio*, 51(10), 2137-2154.
- Djousse B. M. K., Ngoune N. F., Djoukeng H. G., Nono L. W., Sogang H. S., & Tanka J. K. (2022). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques cultivées à l'Ouest-Cameroun: Rosmarinus officinalis, Salvia officinalis et Cymbopogon citratus. *Cameroon J Biological and Biochemical Sciences*, 30(2) : 121-133.
- Dobričević N., Šic Žlabur J., Voća S., Plietić S., Galić A., Delić A., et Fabek Uher S. (2019). Teneur en composés bioactifs et potentiel nutritionnel des différentes parties du persil (Petroselinum crispum Mill.). *Journal de l'agriculture d'Europe centrale*, 20 (3) : 900-910.

- Dobričević N., Šić Žlabur J., Voća S., Pliestić S., Galić A., Delić A., et Fabek Uher S. (2019). Teneur en composés bioactifs et potentiel nutritionnel des différentes parties du persil (*Petroselinum crispum* Mill.). *Journal de l'agriculture d'Europe centrale* , 20(3) : 900-910.
- Dosso M., Koffi A., Glou Bi I., Traoré A. & Avadi A. (2023). Analyse fonctionnelle de la filière maraîchère périurbaine en Côte d'Ivoire (2021-2022). Rapport du WP2 – Diagnostique et évaluation du projet MARIGO. CIRAD et ESA/INP-HB, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 102 p + Annexes.
- Dossou-Yovo P., Tossou L. T., Sezan A. & Yelouassi R. A. (2016). Evaluation de la qualité nutritionnelle des bouillons « cube » les plus consommés au Sud-Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17(1) : 94-99.
- Drocourt N. (2024). Le repas diplomatique à Byzance: Entre géopolitique, paix et guerre. *Histoire, Europe et relations internationales*, 5(1) : 31-45.
- Dumonceau J.M., Andriulli A., Elmunzer B.J., Mariani A., Meister T., Deviere J., & Kapral C. (2014). Prophylaxie de la pancréatite post-CPRE : lignes directrices de la Société européenne d'endoscopie gastro-intestinale (ESGE) – mises à jour en juin 2014. *Endoscopie* , 46(9) : 799-815.
- ECCLS. (1989). Determination of the catalytic activity concentration in serum of L-alanine aminotransferase (EC 2.6.1.2, ALAT). *Klin Chemistry Mitt*, 20 : 204-211.
- Edouba Mvou C. Y. D. (2022). Prise en charge des péritonites post opératoires dans le service de Chirurgie A du CHU du Point-G (Doctoral d'Etat de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako(Mali), 144p.
- Ekissi N.A., Soro Y.R., Bahi G.A., Kouassi A.B.N., Kouadio N.J.-E.P., Yao K.B. & Djaman A.J. (2022) Nutrient Intake and Impact of the Consumption of Two Street Foods (Garba and Rice Eggplant Sauce) in Humans. *Food and Nutrition Sciences*, 13 : 195-210.
- Ekpo K. J., Akakpo D. A. A., Edikou K. U. S., Atchouke G. D. L., Osseyi G. E. & Dossou. J. (2024). Étude comparative de la qualité organoleptique et des tests d'utilisation des œufs de caille pasteurisés, lyophilisés et séchés à l'air chaud produits au Bénin. *Journal of Culinary Science & Technology* , 22 (4) : 594-606.

- El Alami A. & Chait A. (2017). Enquête ethnopharmacologique et ethnobotanique sur les plantes médicinales dans le Haut Atlas central du Maroc. *Algerian Journal of Natural Products*, 5(1) : 427-445.
- El Khetabi A., Lahlali R., Ezrari S., Radouane N., Lyoufsi N., Banani H. & Ait-Barka E. (2022). Rôle des extraits de plantes et des huiles essentielles dans la lutte contre les agents pathogènes des fruits après récolte et la prolongation de leur durée de conservation : une revue. *Tendances en sciences et technologies alimentaires*, 120 : 402-417.
- El Sheikha A. F., & Montet D. (2014). African fermented foods: historical roots and real benefits. *Microorganisms and fermentation of traditional foods*, 1st Edition : 248-282.
- El-Akhal F., Guemmouh R., Greche H. & El Ouali L. A. (2014). Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc. *Journal. Mater. Environnement. Science*, 5(1) : 2319-2324.
- Elfane H., Sahel K., El-Jamal S., Barakat I., El Ayachi M. & Belahsen R. (2024). Association entre le faible poids de naissance des nouveau-nés et la qualité de l'alimentation de leurs mères pendant la grossesse : une étude cas-témoins dans la province d'El Jadida. *Revue méditerranéenne de nutrition et de métabolisme* , 17 (2) : 93-105.
- Elumalai N.K .,et Uddin A., (2016). Tension à vide des cellules solaires organiques : une analyse approfondie. *Énergie et sciences de l'environnement*, 9(2) : 391-410.
- Engasser J. M. & Ghoul M. (2025). Optimisation économique. *Mise en œuvre des bioréacteurs dans le domaine des industries agroalimentaires: Cinétique, modélisation et technologies*, 273 P.
- Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K., et Prasanna B.M. (2022). Production, consommation et commerce mondiaux de maïs : tendances et implications pour la R&D. *Sécurité alimentaire*, 14(5) : 1295-1319.
- Esterle L., Nguyen M., Walrant-Debray O., Sabatier J.P., et Garabedian M. (2010). Interaction néfaste d'un régime pauvre en calcium et d'un faible taux de 25(OH)D sur la minéralisation de la colonne lombaire chez les filles en fin de puberté. *Journal of Bone and Mineral Research* , 25 (11) : 2392-2398.

- Etoga H. M., & Ombolo C. (2022). Indicateur Géographique et promotion de l'agrotourisme dans la Région du Littoral: cas du poivre de Penja. *Espace Géographique et Société Marocaine*, 1(58) : 215-225.
- Expert panel on enzymes committees of standards (IFCC), 1979. Approval recommendations (1978) of IFCC Methods for the measurement of catalytic concentration of enzymes. *Clinica Chimica Acta*, 15(98) : 163-174
- Fabiny D.L. & Ertinghausen G. (1971). Automated reaction-rate method for determination of serum creatinine with the Centrif. Chemistry. *Clinical Chemistry*, 17 : 696-700.
- FAO ., (2015). Promotion of Fruit and Vegetables for Health. human nutrition meetings Oceania nutrition education fruit vegetables public health. Rome, Italy, 94 p
- FAO., (2021). Fruits et légumes : éléments essentiels de ton alimentation. Année internationale des fruits et des légumes, Rome Italy., 86 p.
- FAO., (2020). Fruits et légumes pour la santé. Rapport de l'atelier conjoint FAO/OMS Japon, 52 p
- Faso B. (2024). Chemical constituents and pesticide efficacy of two essential oil combinations of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf and *Mentha piperita* L. from Western Burkina faso. *mediterranean journal of chemistry*, 14(1): 79-87.
- Fernandes G. S., Arena A. C., Campos K. E., Volpato G. T., Anselmo-Franci J. A., Damasceno D. C. & Kempinas W. G. (2012). Glutamate-induced obesity leads to decreased sperm reserves and acceleration of transit time in the epididymis of adult male rats. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 10: 1-6.
- Fernstrom J. D. (2000). Pituitary hormone secretion in normal male humans: acute responses to a large, oral dose of monosodium glutamate. *The Journal of nutrition*, 130(4) : 1053-1057.
- Flandoli F., et Pappalettera, U. (2022). Du bruit additif au bruit de transport en dynamique des fluides 2D. *Équations stochastiques et aux dérivées partielles : analyse et calculs*, 10(3) : 964-1004.
- Flibert G., Donatien K., Hagrétou S. L. & Aly S. (2016). Hygienic quality and Nutritional value of Attieke from local and imported cassava Dough produced with different Traditional starters in Burkina faso. *Food and nutrition sciences*, 7(7) : 555-565.

- Flood A., Peters U., Chatterjee N., Lacey J. V., Schairer, C., & Schatzkin A. (2005). Calcium from diet and supplements is associated with reduced risk of colorectal cancer in a prospective cohort of women. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 14(1) : 126-132.
- Fodouop., SPC., Gatsing D., Tangué B .T., Tagne R. S., Tala S.D., Tchoumboué J., & Kuia J.R . (2015). Effet de l'infection à *Salmonella typhimurium* sur l'oxydation des cellules de rat et l'activité antioxydante in vivo de l'extrait aqueux de *Vitellaria paradoxa* et de *Ludwigia abyssinica*. *Revue asiatique du Pacifique des maladies tropicales* , 5 (1) : 38-46.
- Fouquet, A. (2019). Quand les hommes cuisinent au quotidien: Vers la «masculinisation» d'une pratique domestique. *Terrains & travaux*, 2 : 161-182.
- Francezon N., Tremblay A., Mouget J. L., Pasetto P. & Beaulieu L. (2021). Les algues comme source d'arômes naturels dans les aliments innovants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 69(40) : 11753-11772.
- Fülbert H., Zoromé S., Millogo R. M., Danquah I. & Herrmann A. (2025). Les concepts d'une alimentation saine et respectueuse de l'environnement entrent en conflit avec une vie en transition – Résultats d'une étude qualitative menée en milieu urbain au Burkina Faso. *Global Health Action* , 18 (1) : 2457-2650.
- Gadikou K. J., Atakpama W., Egbelou H., Kombate B., Batawila K. & Akpagana, K. (2022). Valeur d'importance d'usage des plantes médicinales vulnérables de la Région Maritime du Togo. *AgroBiologia*, 12(2) : 3009-3023.
- García I. C.& Leralta S. M. (2024). Les types d'inférences hors ligne les plus difficiles pour les migrants chinois lors de la lecture d'avis publics en espagnol. *Lengua y migración* , 1(16) : 103-125.
- Garruchet, V., Bosc, P. M., & Mialet-Serra, I. (2023). L'Agriculture à Madagascar: évolution, chiffres clés et défis 89 p.
- Gbekley H. E., Idoh K., Titikpina N., Agbodeka K., Anani K., Katawa G. & Jacques S. (2021). The Togolese medicinal recipe, Diabeto-Dolvo® exerted antidiabetic effects in Wistar rats. *Journal of Applied Biosciences*, 157(1) : 16223-16236.
- Gbogouri G. A., Bamba M. S., Digbeu D. Y. & Brou K. (2019). Elaboration d'une Farine infantile composée à base d'ingrédients locaux de Côte d'Ivoire : quelles stratégies

- d'enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3 ?. *Revue internationale des sciences biologiques et chimiques* , 13 (1) : 63-75.
- Ghandour R. A. (2016). Effet des acides gras polyinsaturés sur la conversion des adipocytes blancs en adipocytes bruns Doctorat en Sciences, Mention : Interactions Cellulaires et Moléculaires, Université Nice Sophia Antipolis (France) 223 p.
- Ghosh S. K., Pal S., & Ray S. (2013). Study of microbes having potentiality for biodegradation of plastics. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(7): 4339-4355.
- Gigon F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*, 10(2) : 87-91.
- Gigon F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*, 10(2), 87-91.
- Gioria M., Hulm, P. E., Richardson D. M., & Pyšek P. (2023). Pourquoi les plantes invasives réussissent-elles ? *Revue annuelle de biologie végétale* , 74(1) : 635-670.
- Godos J., Scazzina F., Paternò Castello C., Giampieri F., Quiles J. L., Briones Urbano M. & Grosso G. (2024). Underrated aspects of a true Mediterranean diet: understanding traditional features for worldwide application of a “Planeterranean” diet. *Journal of Translational Medicine*, 22(1) : 294-316.
- Goldblatt P.(1981). Nombres de chromosomes dans les légumineuses II. *Annales du jardin botanique du Missouri*, 4(68) : 551-557.
- Gong S. L., Xia F. Q., Wei J., Li X. Y., Sun T. H., Lu Z. & Liu S. Z. (1995). Harmful effects of MSG on function of hypothalamus-pituitary-target gland system. *Biomedical and environmental sciences*, 8(4) : 310-317.
- Gonzalez-Nunez A. & Keraudren C. (2024). Vitamines, minéraux et oligoéléments, conseils au comptoir. *Actualités Pharmaceutiques*, 63(638) : 11-14.
- Goshit G. B., Hadi A. H. I. A., Tey Y. S., Kamarulzaman, N. H. & Mahmud M. M. A. (2025). Understanding Women's Perception on Participating in Irish Potato (*Solanum tuberosum*) Marketing: A Pathway to Gender Economic Equality in Plateau State, Nigeria. *Technology, Women, Innovation, Science and Technology*, 20(2) : 60-74.
- Goyens P. L., Spilker M. E., Zock P. L., Katan M. B., & Mensink R. P. (2006). Conversion of α -linolenic acid in humans is influenced by the absolute amounts of α -linolenic acid and linoleic acid in the diet and not by their ratio. *The American journal of clinical nutrition*, 84(1) : 44-53.

- Gregory G. A., Robinson T. I., Linklater S. E., Wang F., Colagiuri S., de Beaufort C. & Ogle G. D. (2022). Incidence, prévalence et mortalité mondiales du diabète de type 1 en 2021 avec projection jusqu'en 2040 : une étude de modélisation. *The Lancet Diabetes & endocrinology* , 10(10) : 741-760.
- Guarrera P. M. & Savo, V. (2016). Wild food plants used in traditional vegetable mixtures in Italy. *Journal of ethnopharmacology*, 185 : 202-234.
- Guéguen J., Walrand S. & Bourgeois O. (2016). Les protéines végétales: contexte et potentiels en alimentation humaine. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 51(4) : 177-185.
- Guéguen, A., Goldberg, M., Czernichow, S., & Zins, M. (2015). Ageing, retirement and changes in vegetable consumption in France: findings from the prospective GAZEL cohort. *British Journal of Nutrition*, 114(6) : 979-987.
- Guessan-Bi T. K., Kouadio D. K. R. A., Kwadjo K. É., Atsain É. R., Ame E. & Doumbia M. (2024). Évaluation de l'efficacité en plantation de deux biopesticides contre deux principaux mirides, ravageurs du cacaoyer dans la localité de Yaodankro, Méagui, Côte d'Ivoire. *Afrique Sciences*, 24 : 23-35.
- Guessan-Bi T. K., Kouadio D. K. R. A., Kwadjo K. É., Atsain É. R., Ame E. & Doumbia M. (2024). Évaluation de l'efficacité en plantation de deux biopesticides contre deux principaux mirides, ravageurs du cacaoyer dans la localité de Yaodankro, Méagui, Côte d'Ivoire. *Afrique Sciences*, 24 : 23-35.
- Guinko S. & Pasgo L. J. (1992). Harvesting and marketing of edible products from local woody species in Zitenga, Burkina Faso. *Unasylva*, 43(168) : 16-19.
- Gupta C. P. (2014). Role of iron (Fe) In body. *Journal of Applied Chemistry*, 7 : 38-46
- Gupta V. & Wagh V. V. (2024). Connaissances végétales traditionnelles et pratiques médicinales dans le district de Yavatmal, Maharashtra, Inde : une revue ethnobotanique. *Plant Biosystems – Une revue internationale traitant de tous les aspects de la biologie végétale* , 158 (4) : 704-745.
- Guterl J. K. & Sieber V. (2013). Biosynthesis “debugged”: novel bioproduction strategies. *Engineering in Life Sciences*, 13(1) : 4-18.
- Gutierrez M. L. & Juhé-Beaulaton D. (2002). Histoire du parc à Néré sur le plateau d'Abomey (Bénin). De sa conservation pour la production et la commercialisation d'un

- condiment, l'Afitin. *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, 55(220) : 453-474
- Hall J. B., Tomlinson H. F., Oni P. I., Buchy M. & Aebischer D. P. (1997). *Parkia biglobosa* : une monographie. Ecole des sciences agricoles et forestières, Université du pays de galles Bangor, Royaume-Uni. *American Journal of Plant Sciences*, 4(9) : 1-105
- Hall K. D., Farooqi I. S., Friedman J. M., Klein S., Loos R. J., Mangelndorf D. J. & Tobias D. K. (2022). The energy balance model of obesity: beyond calories in, calories out. *The American journal of clinical nutrition*, 115(5) : 1243-1254.
- Hamel-Charest L. (2024). Non-Indigenous and Indigenous food-related interactions: How does the transmission of a normativity perpetuate colonialism? *Canadian Journal of Public Health*, 115(1) : 80-88.
- Hannachi A., Fellahi Z., Rabi A., Guendouz A. & Bouzerzour H. (2017). Combinaison des estimations de l'aptitude et de l'action des gènes pour certains attributs de rendement du blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Revue des sciences fondamentales et appliquées*, 9 (3) : 1519-1534.
- Hassan, A. M., Al-Mansour, M. A., & Ahmed, H. M. (2020). Microbial safety of food seasonings : A review. *International Journal of Food science and Technology*, 55(4) : 3-18
- Hébert G., Minvielle E., Di Palma M. & Lemare F. (2018). Quelles sont les attentes de coordination et d'accompagnement des patients français atteints de cancer vis-à-vis de leur pharmacien de ville?. *Bulletin Du Cancer*, 105(3) : 245-255.
- Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., & Abecassis J. (2007). Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of cereal science*, 46(3) : 327-347.
- Henry R. 1974. : Principles and Technics, 2nd Ed. New York, NY: Harper & Row; *Clinical Chemistry*, 723p.
- Hermanussen M., Garcia A. P., Sunder M., Voigt M., Salazar V. & Tresguerres J. A. F. (2006). Obesity, voracity, and short stature: the impact of glutamate on the regulation of appetite. *European journal of clinical nutrition*, 60(1) : 25-31.

- Heywood V.H. (1995). La flore méditerranéenne dans le contexte de la biodiversité mondiale. *Ecologia Mediterranea* , 21(1) : 11-18.
- Hien V., Adechina O. & Diomandé S. (2023). La contribution des femmes dans l'approvisionnement en produits vivriers dans le département de San-Pedro (Côte d'Ivoire). *Afrique contemporaine*, 275(1) : 101-110.
- Hopkins H. C. & Hopkins M. J. (1982). Predation by a snake of a flower-visiting bat at *Parkia nitida* (Leguminosae: Mimosoideae). *Brittonia*, 34(2) : 225-227.
- Hopkins H. C. & White F. (1984). L'écologie et la chorologie de *Parkia* en Afrique. *Bulletin du jardin botanique national de Belgique/bulletin van de Nationale plantentuin van Belgie*, 54 : 235-266.
- Hopkins H. C. (1986). *Parkia biglobosa* (Leguminosae: Mimosoideae). *Flora neotropica*, 43 : 1-123.
- Hopkins H. C. F. (1983). La taxonomie, la biologie de la reproduction et le potentiel économique de *Parkia biglobosa* (Leguminosae : Mimosoideae) en Afrique et à Madagascar. *Revue botanique de la linnean society*, 87 (2) : 135-167.
- Hopkins H. C., Oliveira L. C. & Hopkins M. J. (2023). An updated description of *Parkia barnebyana* (Leguminosae: Caesalpinioideae, mimosoid clade) from Amazonian Venezuela and Brazil, and comparison with other species in sect. *Parkia* with erect capitula. *Kew Bulletin*, 78(3) : 289-298.
- Houndonougbo J. S. H., Kassa B., Mensah S., Salako V. K. Glèlè Kakaï R. & Assogbadjo A. E. (2020). A global systematic review on conservation and domestication of *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don, an indigenous fruit tree species in Sub-Saharan Africa: traditional parklands: current knowledge and future directions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67: 1051-1066.
- Houston M. C. (2011). The importance of potassium in managing hypertension. *Current hypertension reports*, 13(4) : 309-317.
- Hsairi M., Gargouri L., Safi F., Elleuch A., & Mahfoudh E. (2021). Denutrition protéino-énergétique chez l'enfant protein energy malnutrition in children. *Journal de l'Information Médicale de Sfax*, 37 : 10-16.
- Hunde, N. F. (2017). Opportunity, problems and production status of vegetables in Ethiopia: a review. *Journal Plant Sciences Ressource*, 4(2) : 172-185

- Hunter, LM, Luna, JK, et Norton, RM (2015). Dimensions environnementales de la migration. *Revue annuelle de sociologie* , 41 (1) : 377-397.
- Idakou G. N. T., Godonou E. R. A., Gbesso G. H. F., Koko K. I. E. D. & Adomou A. (2025). Étude sur la biodiversité, le carbone séquestré et la dynamique végétale en milieu urbain Ouest-Africain pour une gestion durable des villes. *Territoires, Environnement et Développement (TED)*, 4(1) : 123-135.
- Idrissa I., Soumana I., Alhassane A., Morou B., & Mahamane A. (2020). Caractérisation des ressources herbagères de l'enclave pastorale de Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) au Niger. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 73(3) : 179-189.
- InvestinBouaké (2024). Forum d'affaires. Catalogue de projets, Rapport. 98 p.
- Iravani S. & Varma R. S. (2020). Greener synthesis of lignin nanoparticles and their applications. *Green Chemistry*, 22(3) : 612-636.
- Iserin P.(2001). Encyclopédie des Plantes Médicinales: Identification, préparation, soins. 2ème édition. Paris: Larousse. Paris France, 335 p.
- ISO 16649-3 (2016). Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des *Escherichia coli*. Volume 3, normes nationales et documents normatifs nationaux, France, 10p.
- ISO 21527-1 (2008). Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures. Technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau supérieure à 0,95. Volume 1, normes nationales et documents normatifs nationaux, France, 9 p.
- ISO 6579-1 (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire. Méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des *Salmonella*. Volume 1, normes nationales et documents normatifs nationaux, France, 50 p.
- ISO 6888-1 (2021). Microbiologie de la chaîne alimentaire. Méthode horizontale pour le
- ISO. 7218 (2007): Microbiologie des aliments- Règles générales pour les essais microbiologiques, volume 1, normes nationales et documents normatifs nationaux, France, 30 p.

- ISO. 7954 (1984).: Microbiologie de l'eau- Méthode de comptage des micro-organismes coliformes à l'aide de membranes filtrantes, volume 1, normes nationales et documents normatifs nationaux, France, 20p.
- Jaffé M. (1886). Ueber den Niederschlag, welchen Pikrinsäure in normalem Harn erzeugt und über eine neue Reaktion des Kreatinins. *Physiology Chemistry*, 10 : 391-400.
- Jamel J., Bouajila J., Aydi A., Barth D., Abderrabba M. & Mejri M. (2012). Supercritical CO₂ Extract and Essential Oil of *Ruta chalepensis* L. growing in Tunisia: A natural source of Undecan-2-one. *Analytical Chemistry Letters*, 2(5) : 290-300.
- Jenc J. F., Agterberg F. & Droescher M. J. (2004). Products and processes for a sustainable chemical industry: a review of achievements and prospects. *Green Chemistry*, 6(11) : 544-556.
- Ka A. (2020). Manger au Ferlo (Sénégal) Les charmes risqués des «goûts de la ville». *Anthropologie et Sociétés*, 44(1) : 241-258.
- Kabré B., Belem M., Lankoandé B., & Ouédraogo A. (2020). Variabilité démographique de *Saba senegalensis* (A. DC.) Pichon suivant le gradient climatique au Burkina Faso. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 345 : 75-85.
- Kadiata M. M., Nkoseay F. M., M'Rabe N., & Laurent P. (2022). Étude phyto chimique de quelques plantes alimentaires et médicinales utilisées dans la prévention et traitement du diabète de type-2 en République Démocratique du Congo. *Revue Africaine de Médecine et de Santé Publique*, 5(1) : 51-61.
- Kaiser H., Crother B.I., Kelly C.M., Luiselli L., O'Shea MARK Ota H., & Wüster W. (2013). Meilleures pratiques : au XXI^e siècle, les décisions taxonomiques en herpétologie ne sont acceptables que si elles sont étayées par un ensemble de preuves et publiées dans le cadre d'une évaluation par les pairs. *Revue herpétologique* , 44 (1) : 8-23.
- Kamal H. (2021). Conseil en éléments minéraux à l'officine. Thèse de Doctorat d'Etat de Pharmacie, Université mohammed V de Rabat, Maroc, 109p.
- Kambire O., Yao K. M., Sika A. E., Coulibaly A., Boli Z. B. I. A., & Koffi-Nevry R. (2021). Microbiological and physicochemical characteristics of three types of "soumbara" from seeds of African locust bean in Korhogo markets, Côte d'Ivoire. *International Journal of Food Science*, 2021(1) : 5572300-5572305 .

- Kamutambayi P. M., Tshibanda A. T., Muamba C. S., Tshimbangila J. C. M., Kabongo J. K., Tshilombo E. T., & Tshibangu F. I. (2023). Socio-Cultural and Demographic Frequencies and Determinants of Prenuptial Sexuality among Adolescent Girls in the City of Mwene-Ditu in DR Congo: A Prospective Analytical Study. *Open Access Library Journal*, 10(8) : 1-17.
- Kaup M., Wodynski, A., Arbuznikov A. V., Fürst S., & Schattenberg C. J. (2024). Toward the next generation of density functionals: Escaping the zero-sum game by using the exact-exchange energy density. *Accounts of Chemical Research*, 57(13) : 1815-1826.
- Kayode O. T., Bello J. A., Oguntola J. A., Kayode A. A. & Olukoya D. K. (2023). The interplay between monosodium glutamate (MSG) consumption and metabolic disorders. *Heliyon* 9(9) : 1-11.
- Kebe S. D., Diouf A., Sylla P. M. D. D., Thiam M., Coly O. B., Faye M. H. & Idohou-Dossou N. (2023). Consumption of discretionary salt and bouillon in Senegalese households and related knowledge, attitudes and practices. *African Journal of Food Science*, 17(8) : 154-161.
- Kerharo J. & Adam J.G. (1974). La pharmacopée sénégalaise africaine traditionnelle : plante medicinale et toxique. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 76-77.
- Khalaf H. A. & Arafat E. A. (2015). Effect of different doses of monosodium glutamate on the thyroid follicular cells of adult male albino rats: a histological study. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 8(12) : 15498-15510.
- Ki G. (1994). Etude socio-économique de la gestion de *Parkia biglobosa* (Jacq) R. BR. ex G. Don (Néré) au Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural (Eaux et Forêts), Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 146 p.
- Kiema N. (2019). Warrantage de l'oignon et autonomisation financière de la femme en milieu rural, défis et perspectives : cas du groupement féminin maraîcher relwindé de boulounsi dans le sous bassin versant de zogoré. Mémoire de fin de cycle Diplôme d'Ingenieur du Developpement Rural, Institut du Developpement Rural (IDR), Université Nazi Boni (UNB), Burkina Faso, 51 p.
- Klenk E. & Debuch H. (1959). The lipides. *Annual review of biochemistry*, 28(1) : 39-68.

- Koffi K. F., Monin A. J., Kouakou N. G. D. V., N'Cho A. J. & Amoikon K. E. (2019). Evaluation de la composition nutritive du garba: Aliment de rue prisé à Abidjan. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 26(3) : 802-811.
- Koffi, E. B. Z., Thiemele, D. E. F., Daramcoum, M. P. W. A., Yao, S. D. M., Sie, R. S., & Diarrassouba, N. (2025). Influence des densités de plantation sur l'expression des caractères phénotypiques chez quatre variétés d'oignon. *Afrique Science*, 26(1) : 99-108.
- Koffi-Tessio E. M., Tossou Y. H. & Homevor K. A. (2003). Impact des Politiques de Santé et de Nutrition sur la Production et la Sécurité Alimentaires au Togo. *African Development Review*, 15(1) : 12-22.
- Konan G. A. J., Kouassi K. B., Kouassi K. N., N'dri, Y. D. & Amani N. G. G. (2022). Typology of Cte d'Ivoire dishes integrating Nr pulp (*Parkia biglobosa* L.) into the preparation process. *African Journal of Food Science*, 16(10) : 241-251.
- Konan S. K., Kimou S. H., Kouame T. K., Nene F. B. & Bire A. (2024). Évaluation des performances agronomiques et de la teneur en métabolites secondaires de trois variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) cultivées en saison sèche et pluvieuse au centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(3) : 1062-1073.
- Koné M. W., Atindehou K. K., Téré H. & Traoré D. (2002). Quelques plantes médicinales utilisées en pédiatrie traditionnelle dans la région de Ferkessédougou (Côte d'Ivoire). *Bioterre*, 30 : 30-36.
- Kone S., Balde A., Zahonogo P. & Sanfo S. (2024). Revue systématique des estimations récentes de l'impact du changement climatique sur l'agriculture et perspectives des stratégies d'adaptation en Afrique. *Stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique global*, 29 (2), 18-31.
- Kone S., Keita S., Sako M., Camara M., Sangare A., Maiga A. & Toure H. (2014). Utilisation des cubes alimentaires dans l'embouche des bovins: évaluation des effets potentiels sur la libido des taureaux. *Mali Santé Publique*, Tome IV, 38-43.
- Korese J. K., Chikpah S. K., Hensel O., Pawelzik E. & Sturm B. (2021). Effet de la granulométrie de la farine de patate douce à chair orange et du degré de substitution de

- la farine de blé sur les propriétés physiques, nutritionnelles, texturales et sensorielles des biscuits. *European Food Research and Technology* , 247 (4) : 889-905.
- Kotchen T. A, Cowley A. W. & Frohlich E. D (2013). Salt in Health and Disease-A delicate balance. *The New England Journal of Medicine*, 368(13) : 1229-1237.
- Kouadio B. É. N. É., Djeneb C. A. M. A. R. A., Yvette F. N. B., Yao K. A. N. G. A., Basile Y. A., Cynthia Y. Y. & Noël, Z. G. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(2) : 4230-4250.
- Kouadio F. K (2021). Etude nutritionnelle du « garba» : aliment de rue à base de manioc (*Manihot esculenta* Crantz, 1766) couramment consommé à Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Spécialité : Nutrition - Pharmacologie et Toxicologie, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody - (Côte d'Ivoire), 129 p.
- Kouadio F., Konko F., Juge M., Grimaud N., Jean A., N'Guessan Y. & Petit J. (2000). Activités analgésiques et anti-inflammatoires d'un extrait de *Parkia biglobosa* utilisé en médecine traditionnelle en côte d'ivoire. *Recherche en phytothérapie*, 14(8) : 635-637.
- Kouadio Y. H., Kouassi K. N., Kouassi K. B., Konan G. A. J., Kouakou K. A., Dappah K. D. & Amani N. (2024). Effet du stockage en entrepôt sur l'altération, la cuisson et les caractéristiques organoleptiques de l'igname Kponan (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) de Côte d'Ivoire. *Héliyon* , 10(21) : 1-11.
- Kouakou K. A., Barima Y. S. S., Zanh G. G., Traoré K. & Bogaert J. (2017). Inventaire et disponibilité des produits forestiers non-ligneux utilisés par les populations riveraines de la Forêt Classée du Haut-Sassandra après la période de conflits armés en Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 35(2) : 121-136.
- Kouassi, J. (2015). Prévention des maladies en Afrique grâce aux aliments. Edition harmattan 147 p.
- Koudou A., Djomo A.S, et Djole J.B. (2025). Caractérisation géotechnique de matériaux améliorés au liant végétal le néré (*Parkia biglobosa*) pour la stabilisation des sols routiers en Côte d'Ivoire. *Revue Congolaise des Sciences et Technologies* , 4 (1) : 1-11.

- Koukoui O., Seton S., Betira M., Amagbegnon J. B., Sonounameto F., Assou E. & Sezan A. (2022). Évaluation de l'innocuité et de l'efficacité des extraits de feuilles de cinq plantes utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle au Bénin. *Pharmacologie et pharmacie*, 13 (10) : 355-367.
- Kuzma P., Druzynska B. & Obiedzinski M. (2014). Optimisation des conditions d'extraction de certains composés polyphénoliques des feuilles de persil (*Petroselinum crispum*). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(2) : 145-154.
- Labbé-Pinlon B., Lombart C. & Louis D. (2016). Impact de la proximité perçue d'un magasin sur la fidélité des clients: le cas des magasins d'enseignes alimentaires de proximité. *Management & Avenir*, 84(2) : 73-94.
- Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M. & Peyraud J. L. (2019). L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage: une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. *INRA Productions animales*, 31(3) : 269-288.
- Laouali A., Assoumane A., Abdou M. M., Abdoukadi A. & Alzouma M.Z. (2019). Analyse de la Chaîne de Valeurs d'oignon (*Allium Cepa* L.) Blanc de Soucoucoutane au Niger. *European Scientific Journal*, 15(3) : 99-117.
- Latta M. & Eskin M. (1980). A simple and rapid method for phytate determination. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 67: 1313-1315.
- Le Bon A. M. (2016). Alliées et prévention des cancers. *Phytothérapie*, 14(3) : 159-164.
- Lecerf J. M. (2016). Ail et santé cardiovasculaire. *Phytothérapie*, 14(3) : 154-158.
- Ledoux R. (2024). Exploration des enjeux de commercialisation des produits locaux chez les détaillants alimentaires: vers des stratégies de commercialisation plus innovantes, *Maîtrise en sciences de la consommation*, Université Laval Québec (Canada) 160 p.
- Lefèvre P. C. (2011). Rinderpest: the first eradicated virus in veterinary medicine. *Virologie*, 15(2) : 83-86.
- Legrand P. (2013). Nouvelle approche pour les recommandations nutritionnelles en lipides. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 20(2) : 75-78.
- Lembarki A. & Ouddane I (2022). Effet de séchage solaire et micro-onde sur l'évolution de la vitamine C dans le poivron vert. *Faculté des sciences de la nature et de la vie, spécialité*

- Contrôle qualité des produits alimentaire, Université Kasdi Merbah Ouargla (Algérie) 62 p.
- Lepiller O. & Yount-André C. (2019). La politisation de l'alimentation ordinaire par le marché. *Revue des sciences sociales*, (61), 26-35.
- Li, J., Zhang, R., & Zhao, H. (2021). The role of preservatives in food safety and application in food products. *Food safety Journal*, 35 (3), 201-201.
- Lisiewska Z., et Kmiecik W. (1997). Effet de la congélation et du stockage sur les facteurs de qualité du persil de Hambourg et du persil à feuilles. *Food Chemistry*, 60(4) : 633-637.
- Lokossou S. C., Tchobo F. P., Djossou A. J., Yedomonhan H. & Akoegninou A. (2019). Diversité et vertus thérapeutiques des ressources floristiques de production de miel au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1) : 294-310.
- López-Marín B. E., Rojano B., & Carvajal-de Pabón L. M. (2017). Determination of a new cow's milk-based formula allergenic capacity in 7 infants. *Rev Alerg Mex*, 64(3) : 250-259.
- Louati N. & EL Jaoudi R. (2022). La profession d'herboriste au Maroc: Quel statut juridique?. *Journal d'Economie, de Management, d'Environnement et de Droit*, 5(2) : 1-12.
- Lowry G .V., Giraldo J.P., Steinmetz N.F., Avellan A., Demirer G.S., Ristroph K.D., & White J.C. (2024). Vers une administration de précision nano-activée dans les plantes. *Nature Nanotechnology*, 19 (9) : 1255-1269.
- Luckow M, & Hopkins H. (1995). Une analyse Cladistique de (leguminosae : mimosoideae). *Journal américain de botanique*, 82(10) : 1300-1320.
- Lulovicova A. & Bouissou S. (2024). Les Projets Alimentaires Territoriaux (PAT) et la Transition Ecologique des Territoires: Analyse Quantitative et Systémique d'un Cas d'Etude Territorial. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 83 : 69-88.
- Lum G. & Gambino S. R. (1974). A comparison of serum versus heparinized plasma for routine chemistry tests. *American Journal of Clinical Pathology*, 61(1) : 108-113.
- Maazou R., Rabiou H., Issiaka Y., Abdou L., Saidou S. I. & Mahamane A. (2017). Influence de l'occupation des terres sur la dynamique des communautés végétales en zone

- Sahélienne : cas de la commune rurale de Dantchandou (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1) : 79-92.
- Maillefert M. & Serra L. (2025). Comprendre les ressorts de la création de valeur territoriale. Vers une approche socio territoriale des fonctionnalités. *Canadian Journal of Regional Science*, 48(1) : 7-14.
- Makhoul S., Romano A., Capozzi V., Spano G., Aprea E., Cappellin L., & Biasioli F., (2015). Production de composés volatils pendant la panification : effet de la farine, de la levure et de leur interaction. *Food and Bioprocess Technology*, 8(9) : 1925-1937.
- Makhoul S., Romano A., Capozzi V., Spano G., Aprea E., Cappellin L. & Biasioli F. (2015). Production de composés volatils pendant la panification : effet de la farine, de la levure et de leur interaction. *Food and Bioprocess Technology*, 8 : 1925-1937.
- Makombani A. (2022). Etude sur la consommation de l'ail (*Allium Sativum*) dans les ménages de la commune Mususa en ville Butembo, RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 37(4) : 971-982.
- Makombani A. (2022). Etude sur la consommation de l'ail (*Allium Sativum*) dans les ménages de la commune Mususa en ville Butembo, RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 37(4) : 971-982.
- Maloum M., Kosma P., Goudoum A. & Nkot L. N. (2022). Effet de la fertilisation minérale sur la production de trois cultivars d'ail (*Allium sativum* L.) à l'Extrême-Nord Cameroun. *Afrique Science* 20 (2) : 90-102.
- Mandjeka J. C. A. (2016). Optimisation d'une bouillie infantile et son enrichissement en protéines et vitamines en vue de son utilisation comme aliment de complément chez le nourrisson et le jeune enfant en Centrafrique. Thèse de Doctorat Ès Sciences, Université de Lille 1, France, 162p.
- Mangenot S. & Mangenot G. (1957). Nombres chromosomiques nouveaux chez diverses Dicotylédons et Monocotylédones d'Afrique occidentale. *Bulletin du jardin botanique de l'Etat, Bruxelles*, 4(27) : 639-654.
- Mansouri A. (2018). Détermination du taux des oligoéléments sélénium et zinc dans le cheveu des patients atteints par le psoriasis au moyen de la spectrométrie par fluorescence X et de l'activation neutronique instrumentale. Thèse de Doctorat en génie Chimique, département de génie des procédés, Université Ferhat Abbas (Sétif 1, Algérie), 182 p.

- Maoela M. S., Arotiba O. A., Baker P. G., Mabusela W. T., Jahed N., Songa E. A., & Iwuoha E. I., (2009). Electroanalytical determination of catechin flavonoid in ethyl acetate extracts of medicinal plants. *International Journal of Electrochemical Science*, 4(11) : 1497-1510.
- Marfaing H. (2017). Qualités nutritionnelles des algues, leur présent et futur sur la scène alimentaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52(5) : 257-268.
- Marini G. (2017). Nouveaux modèles de promotion dans les universités italiennes : moins d'ancienneté et plus de productivité ? Données de l'ASN. *Enseignement supérieur*, 73(2) : 189-205.
- Martuccelli D. (2015). Les deux voies de la notion d'épreuve en sociologie. *Sociologie*, 6(1) : 43-60.
- Marzougui N., Elfalleh W., Boubaya A., Guasmi F., Ferchichi A., Lachieheb B., & Beji M. (2010). Répercussion de la polyplidie sur le profil moléculaire ISSR et sur les contenus en vitamines et en protéines chez *Trigonella foenum-graecum* L. *Acta botanica gallica*, 157(1) : 89-99.
- Mathé T., Pilorin T., Hébel P. & Denizeau M. (2008). Du discours nutritionnel aux représentations de l'alimentation. *Cahier de recherche*, 252 : 1-74.
- Matte J. J., Audet I., Ouattara B., Bissonnette N., Talbot, G., Lapointe J. & Lessard M. (2017). Effets des sources et voies d'administration du cuivre et des vitamines A et D sur le statut postnatal de ces micronutriments chez les porcelets sous la mère. *Journées Recherche Porcine*, 49 : 69-74.
- Maydell V. H. J.(1983). Agroforesterie : Contribution des arbres et arbustes à l'approvisionnement alimentaire sous les tropiques. *Der Tropenlandwirt-Journal of Agriculture in the tropics and subtropics*, 82(2) : 157-167.
- Mbadiko C. M., Bongo G. N., Mindele L. U., Ngbolua K. T. N., Mpiana P. T., Ngombe N. K. & Mbemba T. F. (2019). Effect of Drying on the Composition of Secondary Metabolites in Extracts from Floral Parts of *Curcuma longa* L. *Asian Journal of Research in Botany*, 2(2), 1-6.
- Mbadiko C. M., Inkoto, C. L., Gbolo B. Z., Lengbiye E. M., Kilembe J. T., Matondo A. & Mpiana, P. T. (2020). A mini review on the phytochemistry, toxicology and antiviral

- activity of some medically interesting Zingiberaceae species. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 9(4), 44-56.
- Meda A., Lamien C. E., Romito M., Millogo J. & Nacoulma O. G. (2005). Determination of total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honeys as well as their radical scavenging activity. *Journal Food Chemistry*, 91 : 571-577.
- Mestaghanmi H., Labriji A., Kehailou FZ, Sabri A., Ait Barka C., Bouzoubaa H. & El Amrani S. (2021). Etude de l'association entre la consommation de compléments alimentaires et les facteurs liés au mode de vie dans une population d'universitaires marocains pendant la crise sanitaire du covid 19. *Journal de la bibliothèque en libre accès* , 8 (6) : 1-30.
- Milandou L. J. C. B., Mbani B. F. M., Loumpangou, C. N., Dipelet U. G. B. & Ouamba J. M. (2023). Inventaire des plantes alicamentaires utilisées comme assaisonnements en République du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(3) : 1098-1116.
- Millimono T. M., Toure F., Diallo A. S., & Bamba I. F. (2020). Evaluation de la prise en charge des enfants malnutris aigus modérés de 6 à 59 mois dans les Foyers d'Apprentissage et de Réhabilitation Nutritionnelle de la préfecture de Kouroussa. *Nutrition & Santé*, 8(2) : 42-50.
- Misbah A., Essarioui A. & Noutfia Y. (2022). Technologies post-récolte pour la préservation de la qualité des dattes durant le stockage. *African and Mediterranean Agricultural Journal-Al Awamia*, 134 : 30-59.
- Mombo, M. G. (2024). La gouvernance de la sûreté et de la sécurité maritime dans le golfe de Guinée: diagnostic et propositions pour une meilleure représentation et appropriation des espaces maritimes. Thèse de doctorat, Spécialité : Géographie Unité de recherche : UMR 6554 Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG) Université Nantes, France 356 p.
- Mondal M., Sarkar K., Nath P. P. & Paul G. (2018). Monosodium glutamate suppresses the female reproductive function by impairing the functions of ovary and uterus in rat. *Environmental Toxicology*, 33(2) : 198-208.
- Mondal M., Sarkar K., Nath PP., Khatun A., Pal S. & Paul G. (2017) Monosodium glutamate impairs the contraction of uterine visceral smooth muscle ex vivo of rat through

- augmentation of acetylcholine and nitric oxide signaling pathways. *Reproductive biology*, 18(1) : 83-93.
- Mongeke M. M., Bakola R. D., Inkoto C. L., Elikandani P. N. & Mouli C. Y. (2018). Enquête sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle par les Bambenga: pygmées du secteur de Dongo en République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(4): 469-475.
- Morais J. B. S., Severo J. S., Santos L. R. D., Sousa M. S. R., Santos O. R., Oliveira, A. R. S. & Nascimento M. D. (2017). Role of magnesium in oxidative stress in individuals with obesity. *Biological trace element research*, 176 : 20-26.
- Moretti D., Hurrell R. F. & Cercamondi C. I. (2018). Bouillon cubes, in food fortification in a globalized world. *Elsevier, Academic Press* Zurich, Suisse : 159-165
- Moro B. (2017), Mon alimentation santé facile : *Curcuma & Zingiber*, mes épices miracles, Jouvence, Oct., 128 pages.
- Mounkaïla, H. (2002). De la migration circulaire à l'abandon du territoire local dans le Zarmaganda (Niger). *Revue européenne des migrations internationales*, 18(2) : 161-187.
- Mounkaïla, H. (2002). De la migration circulaire à l'abandon du territoire local dans le Zarmaganda (Niger). *Revue européenne des migrations internationales*, 18(2) : 161-187.
- Mouquet N., Devictor V., Meynard C. N., Munoz F., Bersier L. F., Chave J. & Thuiller W. (2012). Ecophylogenetics: advances and perspectives. *Biological reviews*, 87(4) : 769-785.
- Mrad R., Roupheal M., Maroun R. G., & Louka N. (2014). Effect of expansion by "Intensification of Vaporization by Decompression to the Vacuum"(IVDV) on polyphenol content, expansion ratio, texture and color changes of Australian chickpea. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2) : 874-882
- Mudaliar S.B., Poojary S.S., Bharath Prasad A.S., et Mazumder N. (2024). Probiotiques et paraprobiotiques : effets sur l'axe microbiote-intestin-cerveau et leur potentiel en thérapie neuropsychiatrique. *Probiotiques et protéines antimicrobiennes* , 16(4) : 1440-1464.

- Muhammad S. & Amusa N. A. (2003). Distribution et socio-économie de deux espèces d'arbres légumineuse dans les AGRO-ECOLOGIES de la savane de guinée et du soudan au Nigeria. *Journal mondial des sciences agricoles*, 2(2) : 122-126.
- Murray H.W., Rubin B.Y., Masur H., et Roberts R.B., (1984). Altération de la production de lymphokines et d'interféron immun (gamma) dans le syndrome d'immunodéficience acquise. *New England Journal of Medicine* , 310(14) : 883-889.
- Murray R. L. & Kaplan A. (1984). Creatinine Clin Chemthe CV Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton, 1261-1266.
- Musette P., Pascal F., Hoang-Xuan T., Heller M., Lok C., Deboise, A., & Prost, C. (2001). Traitement de la pemphigoïde cicatricielle par cyclophosphamide intraveineux pulsé. *Archives of Dermatology* , 137(1) : 101-102.
- Mwangi, J. W. Mbugua, S. k. & Kimani, A. M. (2018). Microbiological anlysic of bouillons and their microbial safety. *Food Control*, 89 : 146-151.
- N'gg A., Tetchi F. A., & Coulibaly A. (2004). Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale* roscoe) de Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 22(2) : 77-83.
- Nairi A. H. (2023). Alimentation et pratiques alimentaires de la diaspora maghrébine en Turquie : identité, appartenance et intégration. *Moment Dergi* , 10 (1) : 176-199.
- Nairi A. H. (2023). Food and Foodways of the Maghrebian Diaspora in Turkey: Identity, Belonging, and Integration. *Moment Dergi*, 10(1) : 176-199.
- Najla O.A., Olfat A.K., Kholoud S.R., Enas N.D., & Hanan S.A. (2012). Effets hypoglycémians et biochimiques de l'extrait de feuilles de *Matricaria chamomilla* chez les rats diabétiques induits par la streptozotocine. *J Health Sci* , 2 (5) : 43-8.
- Najla O.A., Olfat A.K., Kholoud S.R., Enas N.D., & Hanan S.A. (2012). Effets hypoglycémians et biochimiques de l'extrait de feuilles de *Matricaria chamomilla* chez les rats diabétiques induits par la streptozotocine. *Journal Health Science* , 2(5) : 43-48.
- Ndamitso M. M., Musah M., Mathew J. T. & Bissala V. T. (2020). Analyse nutritionnelle comparative du Daddawa préparé à partir de graines fermentées de *Parkia biglobosa* et de Glycine max. *Communication in Physical Science*, 5 : 263-269

- Ndao S., Toure N. N., Ndiaye A., Tiréra H., Diop A., Ndiaye B. & Sarr S. O. (2023). Consommation et composition chimique des bouillons au Sénégal: risques associés
Consumption and chemical composition of culinary broths in Senegal: associated risks. *International Journal of Pharmaceutical Chemistry and Analysis*, 1(1) : 53-59,.
- N'Dir B., Hbid C., Cornélius C., Roblain D., Jacques P., Vanhentenryck F. & Thonart P. (1994). Propriétés antifongiques de la microflore sporulée du " nétéu". *Cahiers Agricultures*, 3(1) : 23-30.
- Oguazu C. E., Ogbuagu I. G. & Ubaoji K. I. (2025). Evaluation of Some Selected the Minerals and Vitamins Contents and Partial Oil Characterization of African Oil Bean (*Pentaclethra macrophylla* Benth) Seed. *Journal of Applied Life Sciences International*, 28(2) : 28-35.
- Oguazu C. E., Ogbuagu I. G. & Ubaoji K. I. (2025). Evaluation of Some Selected the Minerals and Vitamins Contents and Partial Oil Characterization of African Oil Bean (*Pentaclethra macrophylla* Benth) Seed. *Journal of Applied Life Sciences International*, 28(2) : 28-35.
- Ojewumi M. E, Job A. I., Taiwo O. S., Obanla O. M., Ayoola A. A., Omotayo E. & Ojewumi E. A. O (2018). Bioconversion des déchets d'écorces de patates douces en bioéthanol grâce à *Saccharomyces cerevisiae*. *Revue internationale de recherche pharmaceutique et phytopharmacologique* , 8 (3) : 46-54.
- Oliet S. H. & Papouin T. (2013). De l'importance de la localisation des récepteurs du glutamate NMDA. *médecine/sciences*, 29(3) : 260-262.
- Omafuvbe O. B., Falade S. O., Osuntogun A. B. & Adewusi R. S. (2004). Modifications chimiques et biochimiques des graines de caroube africaine (*Parkia biglobosa*) et de melon (*citrullus vulgaris*) pendant la fermentation en condiments. *Revue pakistanaise de nutrition*, 3(3) : 140-145.
- Organisation Mondiale de la Santé, (2003). Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques. *Rapport d'une consultation OMS/FAO d'experts. Rapports techniques*, (916), 142 p.
- Ormerod B.K., Lee T.Y., et Galea L .A.M., (2004). L'estradiol améliore la neurogenèse des gyri dentés des campagnols des champs mâles adultes en augmentant la survie des jeunes neurones granulaires. *Neurosciences* , 128(3) : 645-654.

- Ouédraogo M., Demont M. & N'Dour M. (2021). Consentement à payer pour le riz local de qualité au Burkina Faso: une analyse par la méthode des enchères expérimentales. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 16(4) : 337-354.
- Ouédraogo, D., Kaboré, M., & Kienou, B. (2007). Insécurité alimentaire, vulnérabilité et pauvreté en milieu rural au Burkina: une approche en termes de consommation d'énergie. *Mondes en développement*, 140(4) : 65-84.
- Ouoba L. (2017). Traditional alkaline fermented foods: Selection of functional *Bacillus* starter cultures for Soumbala production. In Speranza B, Bevilacqua A, Corbo MR, Sinigaglia M (eds) *Starter cultures in food production*, 1st edn. Wiley, London, Canada: 370–383
- Ouoba L., Rechinger K. B., Barkholt V., Diawara B., Traoré A. S. & Jakobsen M. (2003). Dégradation des protéines lors de la fermentation de la caroube africaine (*Parkia biglobosa*) par des souches de *Bacillus subtilis* et *Bacillus pumilus* pour la production de soumbala. *Journal de microbiologie appliquée*, 94(3) : 336-402.
- Ouolouho, C. S., Abou, O., Karamoko, O., & Adama, C. (2017). Effets antihypertensifs des extraits aqueux et ethanologique des graines fermentées de *Parkia Biglobosa* (Mimosaceae) chez les rats. *European Scientific Journal*, 13(36), 162-176.
- Owusu-Kwarteng J, Parkouda C, Adewumi G. A, Ouoba L. & Jespersen L. (2020). Technologically relevant *Bacillus* species and microbial safety of West African traditional alkaline fermented seed condiments. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(4) : 871-888.
- Oyeyinka A. T. & Oyeyinka S. A. (2018). *Moringa oleifera* comme fortifiant alimentaire : tendances récentes et perspectives. *Journal de la Société saoudienne des sciences agricoles*, 17 (2) : 127-136.
- Padonou S. W., Houngbédji M., Hounhouigan M. H., Chadare F. J. & Hounhouigan D. J. (2023). B-vitamins and heat processed fermented starchy and vegetable foods in sub-Saharan Africa. *Journal of Food Science*, 88(8) : 3155-3188.
- Pandey K. B. & Rizvi S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2(5) : 270-278.
- Paquot N. & Scheen A. (2006). La place des micronutriments en medecine. *Revue Medicale de Liege*, 61(5) : 464-470

- Park W., Wei S., Kim B. S., Kim B., Bae S. J., Chae Y. C. & Ha K. T. (2023). Diversité et complexité de la mort cellulaire : une revue historique. *Médecine expérimentale et moléculaire*, 55 (8) : 1573-1594.
- Pawlak M. & Pion R. (1968). Influence de la supplémentation des protéines de blé par les doses croissantes de lysine sur la teneur en acides aminés libres du sang et du muscle du rat en croissance. *Reproduction Nutrition Development*, 7 : 517-530.
- Perez-Palacios T., Eusebio J., Palma S. F., Carvalho M. J., Mir-Bel J., & Antequera, T. (2017). Taste compounds and consumer acceptance of chicken soups as affected by cooking conditions. *International Journal of Food Properties*, 20(1) : 154-165.
- Peric L., Nollet L., Milosevic N., & Zikic D. (2007). Effect of Bioplex and Sel-Plex substituting inorganic trace mineral sources on performance of broilers. *Archive fur Geflugelkunde*, 71(3) : 122-129.
- Pieroni A., Nebel S., Santoro R. F., & Heinrich M. (2005). Food for two seasons: culinary uses of non-cultivated local vegetables and mushrooms in a south Italian village. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(4) : 245-272.
- Poulain B. (2024). Valorisation des lies de vin blanc: Extraction de composés antioxydants d'intérêt œnologique par procédés éco-responsables, Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de la Sante Spécialité Œnologie Université de Bordeaux (France), 295p.
- Prokop V., Carraresi L., Karman A., Rehman F. U. & Ibl M. (2025). Tracing the Reverse Relationship Among Environmental Benefits, Business Model Innovation, and Eco-Innovation: Does Cooperation Matter?. *Business Strategy and the Environment*, 34(2) : 2378-2404.
- Quan W., Chen J., Liu Y., Yan D. M. & Wonka P. (2024). Deep learning-based image and video inpainting: A survey. *International Journal of Computer Vision*, 132(7) : 2367-2400.
- Rafiu T. A., Adetutu O. I., Adesoye F. A., Adeniji O. J. & Oluwafemi E. O. (2021). Caractéristiques de performance et évaluation de la qualité de la viande de pintades nourries à des niveaux variés de protéines alimentaires. *Journal nigérian de production animale*, 48 (5) : 135-142.
- Rahman M.M. (2015). Rôle de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) dans les systèmes de production aquacole. *Frontiers in Life Science*, 8(4) : 399-410.

- Ramdane A. M. R., & Kosseila A. A. (2023). Traduction Des Programmes Nutritionnelle De Quelques Maladies Chronique En Tamazight (Diabètes, Tension Artérielle et Maladies Cardio-vasculaires). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master II, Faculté des Lettres et des Langues, Université Mouloud Mammeri , (Tizi Ouzou, Algérie), 65p.
- Ramena N. S. (2014). Analyse des résultats d'enquête sur le revenu des ménages cas de cafida. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise es-sciences économiques Faculté de droit, des sciences économiques et de gestion département d'économie Université de Toamasina, Madagascar, 108 p.
- Randrianandrasana M., Fournier S. & Linder M. (2024). GIs, a promising innovation for the development of Africa's food systems? The decisive role of collective actions. *Agricultural and Food Economics*, 12(1) : 48-76.
- Ratsimba A. I. (2017). Evaluation et réingénierie des procédés de fabrication traditionnelles du kitoza. Thèse de Doctorat, spécialité : Biodiversité et santé (Biochimie), Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar) 216 p.
- Redon O. & Laurieux B. (1989). La constitution d'une nouvelle catégorie culinaire? Les pâtes dans les livres de cuisine italiens de la fin du Moyen Âge. *Médiévales*, 51-60.
- Rémond, D. & Walrand, S. (2017). Legume Seeds: Nutritional Characteristics and Health Effects. *Agronomic Innovations*, 60 : 133-144.
- Ren X., Ferreira J. G., Yeckel C. W., Kondoh T. & Araujo I. E. (2011) Effects of ad libitum ingestion of monosodium glutamate on weight gain in c57bl6/j mice. *Digestion*, 83(1) : 32-36.
- Rezaeian M., Pinkse J. & Rigby J. (2024). Transition policy mixes and business model adaptation: Incumbent firms' response to zero-carbon policy in the housing sector. *Business Strategy and the Environment*, 33(7) : 7287-7304.
- Richardson D. M. & Rejmánek M. (2011). Arbres et arbustes, espèces exotiques envahissantes – une revue mondiale. *Diversité et répartition* , 17 (5) : 788-809.
- Ried K. (2016). L'ail abaisse la tension artérielle chez les personnes hypertendues, régule le cholestérol sérique et stimule l'immunité : méta-analyse et revue de la littérature mises à jour. *The Journal of Nutrition* , 146(2) : 389S-396S.

- Rink L. (2011). Zinc in Human Health. *Biomedical and Health Research Editor*, 76 : 577-596
- Robert E., Samb O. M., Marchal B & Ridde V. (2017). Élaboration d'une théorie intermédiaire de la recherche de soins de santé publics gratuits en Afrique subsaharienne : une revue réaliste. *Politique et planification de la santé* , 32 (7) : 1002-1014
- Robert S., Nisse Y. E., Henn-Ménétré S., Vrillon I. & Demoré B. (2020). Exemple d'un cas d'hyperkaliémie du nourrisson: proposition d'un circuit pour le prétraitement du lait infantile par résine de polystyrène sulfonate de sodium à l'hôpital. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 78(4) : 287-293.
- Rojas-Castañeda J. C., Vigueras-Villaseñor R. M., Chávez-Saldaña M., Rojas P., Gutiérrez P. O., Rojas C. & Arteaga-Silva M. (2016). Neonatal exposure to monosodium glutamate induces morphological alterations in suprachiasmatic nucleus of adult rat. *Pubmed*, 97(1) : 18-26.
- Rongead (2014). Diagnostic de la filière oignon en Côte d'Ivoire. Projet « Redynamiser les productions, l'accès au marché et le conseil agricole pour les filières vivrières et commerciales du Nord de la Côte d'Ivoire ». Coopération Union Européenne – République de Côte d'Ivoire. Programme FLEX-FED/2013/324 233, 35p.
- Rotimi D. E., Elebiyo T. C. & Ojo O. A. (2023). Therapeutic potential of rutin in male infertility: a mini review. *Journal of Integrative Medicine*, 21(2) : 130-135.
- Rutska A. V. & Krynytska I. Y. (2018). Gender and age aspects of bioenergetics processes in experimental passive tobacco smoking and monosodium glutamate administration. *International journal of medicine and medical research*, 4(2) : 79-86.
- Saboorizadeh B., Zare-Dorabei R., Safavi M. & Safarifard V. (2024). Applications des structures métallo-organiques (MOF) à l'administration de médicaments, à la biodétection et à la thérapie : une revue complète. *Langmuir* , 40(43) : 22477-22503.
- Sadok Z. (2020). Etude paramétrique d'étiquetage et de la traçabilité des denrées alimentaires. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Master en Sciences agronomiques, spécialité: biotechnologie alimentaire, Université Abdelhamid Ibn Badis (Mostaganem, Algérie), 130 p.
- Sadouni R. (2023). Traduction de l'art culinaire kabyle d'Algérie en arabe. Histoire de ma vie” de Fadhma Aith Mansour Amrouche, Expérience d'une traductrice. *Gastronomia în textul (non) literaro abordare interculturală*, 6(65) : 13-24.

- Sagar N.A., Pareek S., Benkeblia N., et Xiao J. (2022). Bioactifs de l'oignon (*Allium cepa* L.) : chimie, fonctions pharmacothérapeutiques et applications industrielles. *Food Frontiers* , 3(3) : 380-412.
- Saidu I., & Salisu A. (2020). Countries: Evidence from panel cointegration approach. *Journal of Economics*, 8(2): 63-71.
- Sangaré M., Mamady D. & Lamarin, S. M (2024). Évaluation de la qualité du soumbara (*Parkia biglobosa*) pendant le stockage par spectroscopie infrarouge moyen et méthodes physicochimiques. *Revue turque des sciences et technologies agroalimentaires* , 12 (10) : 1739-1745.
- Sankhon A., Sangare O., Loua T., Balde M. A. & Sylla M.M. (2023). Study of the Nutritional Properties of Broths Based on Soumbara (*Parkia biglobosa*) and Products of Animal Origin (Beef, Chicken, Fish And Shrimp) in the Republic of Guinea - Conakry. *Acta Scientific Agriculture*, 7 (6) : 24-28.
- Sanou J., Bayala J., Teklehaimanot Z. & Bazié P. (2012). Effect of shading by baobab (*Adansonia digitata*) and néré (*Parkia biglobosa*) on yields of millet (*Pennisetum glaucum*) and taro (*Colocasia esculenta*) in parkland systems in Burkina Faso, West Africa. *Agroforestry systems*, 85(3) : 431-441.
- Sanou M., Traoré M. A. E., Kanté H., Traoré K., Tankoano A. & Parkouda C. (2024). Évaluation des caractéristiques physicochimiques et nutritionnelles des amandes et de l'huile de *Sclerocarya birrea* A. du Burkina Faso. *Revue ouverte des sciences appliquées* , 14 (10) : 2850-2862.
- Sare O. É. B. N., Hongbete F., Kindossi M. J., Housso P. A. F., & Tchobo P. F. (2023). Évaluation de la qualité microbiologique et chimique du Toubani, un mets traditionnel africain à base de niébé. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11(4) : 395-400.
- Sarter S., Sarter G. & Gilabert P. (2010). A Swot analysis of HACCP implementation in Madagascar. *Food Control*, 21(3) : 253-259.
- Sbaihi K. (2021). Etude comparative de l'activité de la peroxydase dans quelques légumes frais (persil, céleri, ail et oignon) commercialisés et issus de l'agriculture biologique. Mémoire de Master en Biologie, Option : Biochimie Appliquée, Faculté des Sciences

- Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri (Algérie). 37p.
- Schlienger J. L. (2007). L'ail au banc d'essai dans la prévention cardiovasculaire et les maladies métaboliques. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42(4): 225-228.
- Schlienger J. L. (2024). L'histoire chimique, sociale et culturelle des protéines. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 18(8), 713-719.
- Segla N. K., Rabiou H., Adjonou K., Moussa B. M., Saley K., Radji R. A. & Kokou K. (2016). Population structure and minimum felling diameter of *Pterocarpus erinaceus* Poir in arid and semi-arid climate zones of West Africa. *South African Journal of Botany*, 103 : 17-24.
- Sellier, A., Vidal, T., Verdier, J., & Bucher, R. (2018). Un nouveau critère de fissuration pour les matériaux hétérogènes soumis à des sollicitations multi-physiques. *Academic Journal of Civil Engineering*, 36(1) : 108-111.
- Serhan H. & Yannou-Lebris G. (2021). The engineering of food with sustainable development goals: policies, curriculums, business models, and practices. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(1) 12-25.
- Seyoum A., Asres K. & El-Fiky F. K. (2006). Relations structure-activité anti-radicalaire des flavonoïdes. *Phytochemistry* , 67 (18) : 2058-2070.
- Silué S., Fondio L., Coulibaly M.Y. & Magein H. (2003). Sélection de variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) adaptées au nord de la Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 3(21) : 129-134.
- Singleton V. L., Orthofer R. & Lamuela-Raventos R.M. (1999). Analysis of total phenols and other antioxydants by means of Folhin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*, 299 : 152-178.
- Ślebarski A., Maška M. M., Fijałkowski M., McElroy C. A. & Maple M. B. (2015). Superconductivity in the presence of disorder in skutterudite-related $\text{La}_3\text{Co}_4\text{Sn}_{13}$ and $\text{La}_3\text{Ru}_4\text{Sn}_{13}$ compounds: Electrical transport and magnetic studies. *Journal of Alloys and Compounds*, 646 : 866-872.
- Slimani A. (2017). La pollution aérobiologique dans la région Fès-Meknès: Facteurs et répercussions sur la santé. *Annales des sciences de la santé*, 1(14) : 13-23.

- Sorgho B., Bressollier P., Guel B., Zerbo L., Ouedraogo R., Gomina M. & Blanchart P. (2016). Étude des propriétés mécaniques des géomateriaux argileux associant la décoction de *Parkia Biglobosa* (nééré). *Comptes Rendus. Chimie*, 19(7) : 895-901.
- Souley R. A., Diadié H. O., Abdelkader A. S., Yacoubou B. & Balla A. (2020). Caractérisation Biochimique et Microbiologique de Soumbala de nééré (*Parkia biglobosa*) et d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*) Produits au Niger. *European Science Journal*, 16(3) : 224-243
- Soumahoro S., Ouattara H. G., Droux M., Nasser W., Niamke S. L. & Reverchon S. (2020). Acetic acid bacteria (AAB) involved in cocoa fermentation from Ivory Coast: species diversity and performance in acetic acid production. *Journal of Food Science and Technology*, 57 : 1904-1916.
- Soutjis B. (2020). Gouverner la qualité alimentaire par les applications. *Sociologies pratiques*, 41(2) : 81-94.
- SurveySoftware Solution. The Survey System (2013) <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/> (Accessed March 02, 2022.)
- Tahi S. P. G., Houndji V. R., Salako K. V., Hounmenou C. G., & Kakaï R. G. (2024). Machine learning techniques for cereal crops yield prediction: A comprehensive review. *Applications of Modelling and Simulation*, 8 : 174-190.
- Tahi S. P. G., Houndji, VR, Salako, KV, Hounmenou, CG, & Kakaï, RG (2024). Techniques d'apprentissage automatique pour la prévision du rendement des cultures céréalières : une revue complète. *Applications de la modélisation et de la simulation* , 8 : 174-190.
- Talke H. S. G. E. & Schubert G. E. (1965). Enzymatische harnstoffbestimmung in blut und serum im optischen test nach warburg. *Klinische Wochenschrift*, 43 : 174-175.
- Tambo T. S., Klang J. M., Ndomou H. S. C., Teboukeu B. G. & Womeni H. M., (2019). Caractérisation des farines de maïs, de manioc et des farines commerciales : utilisation de farines riches en amylase de maïs germé et de patate douce pour réduire la consistance des bouillies fabriquées à partir de ces farines – Influence sur la valeur nutritionnelle et énergétique. *Food science & nutrition*, 7 (4) : 1190-1206.
- Tano B. F., Abo K., Dembele A. & Fondio L. (2011). Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine: cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro en

- Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(6) : 2317-2329.
- Tchiagam J. B. O.N., Bell J. M., Ngakeu D. F., Njintang N. Y. & Youmbi E. (2011). Analyse Diallel du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) pour certaines propriétés physiques de la graine dans les conditions soudano-guinéennes. *Journal d'agriculture et de biologie d'Amérique du Nord*, 2(4) : 698-707.
- Tchiégang C. & Mbougoung P. D. (2005). Composition chimique des épices utilisées dans la préparation du Nah poh et du Nkui de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, 23(4) : 193-200.
- Teklehaima Z. (2004). Exploiting the potential of indigenous agroforestry trees: *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* in sub-Saharan Africa, *Agroforestry Systems. Kluwer Acad emic Publishers*, 61 : 207-220.
- Tene L. A. M. Miegoue E., Noumbissi B., Ntsafack P., Sawa C., Nguedia G. & Tendonkeng F. (2020). Croissance post-sevrage des cobayes (*Cavia porcellus*) en fonction du niveau de la poudre de gingembre (*Zingiber officinale*) comme additif alimentaire. *Internatioal Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 : 3341-3352.
- Termote C., Odongo N.O., Dreyer B.S., Guissou B., Parkouda C., & Vinceti B. (2022). Composition nutritionnelle de la pulpe et des graines crues et fermentées de *Parkia biglobosa* : une revue systématique. *Revues critiques en sciences de l'alimentation et de la nutrition*, 62 (1) : 119-144.
- Thomson J.M., Parker J., Perou C.M., et Hammond S.M. (2004). Une plateforme de microarray personnalisée pour l'analyse de l'expression des gènes de microARN. *Nature methods*, 1(1) : 47-53.
- Tiendrebeogo S. C. W., Kabore D., Tankoano A., & Nelly M. W. (2021). Comparaison de formulations de saucisse produites en utilisant les épices et ingrédients du Kilishi. *Viandes & Produits Carnés*, 11p.
- Tiendrebeogo S. C., Kabore D., Tankoano A., Pare A., Hama-Ba F., Douamba A. T. & Sawadogo-Lingani H. (2021). Développement de la technologie des fonds de sauces en utilisant les coproduits issus de la production du Kilishi. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(4) : 1544-1562.

- Tiffany T.O., Jansen J.M. & Burtis C. A. (1972). Enzymatic kinetic rate and end-point analyses of substrat by use of a GeMSAEC Fast Analyzer. *Clinical Chemistry*, 18 : 829-840.
- Tome M.B., Cloninger C.R., Watson J.P., et Isaac M.T. (1997). Blocage des autorécepteurs sérotoninergiques dans la réduction de la latence des antidépresseurs : variables de personnalité et réponse à la paroxétine et au pindolol. *Journal of affective disorders*, 44(2-3) : 101-109.
- Touré A. S. (2020). Étude de la phytochimie et de l'activité antiracalaire de la pulpe de *Parkia biglobosa* utilisée pour la prise en charge de la malnutrition. Thèse de pharmacie, Faculté de pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies (Bamako, Mali), 100 p.
- Touzard J. M., Temple L., Faure G. & Triomphe B. (2014). Systèmes d'innovation et communautés de connaissances dans le secteur agricole et agroalimentaire. *Innovations*, 1 : 13-38.
- Traore A., Gozé E., Gérardeaux E., Diouf L., Ndour A., Ndiaye S. & Loison R. (2023). Optimal choice of cotton cultivar for rainfed conditions in Sahelo-Sudanian climate with late planting: a case study in Senegal. *The Journal of Agricultural Science*, 161(4) : 469-476.
- Trewavas A. (2004). Aspects de l'intelligence des plantes : une réponse à Firn. *Annales de botanique*, 93 (4) : 353-357.
- Tshite F. N. & Ndianabo M. J. (2015). Mise au point d'une farine précuite à base de maïs (*Zea mays*) et de soja (*Glycine max*) par la méthode traditionnelle. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6) : 2608-2622.
- Vázquez-García I., Uhlitz F., Ceglia N., Lim J.L., Wu M., Mohibullah N., & Shah S.P. (2022). Les processus mutationnels du cancer de l'ovaire entraînent une évation immunitaire spécifique au site. *Nature*, 612(7941) : 778-786.
- Ventura T.L.B., Calixto S.D., Abraham-Vieira B.D.A., Souza A.M.T.D., Mello M.V.P., Rodrigue C.R., & Muzitano M.F. (2015). Activités antimycobactériennes et anti-inflammatoires des chalcones substituées axées sur une approche de double traitement antituberculeux. *Molecules*, 20(5) : 8072-8093.
- Versari M. E. (2003). Kub, cube, cubisme: Picasso et Braque en 1912. *Histoire de l'Art*, 53(1) : 33-44.

- Vikou C., Semassa J., Diaconeasa Z., Roko G., Tohoyessou M., Dah-Nouvlessounon D., & Baba-Moussa L. (2023). Diversity, chemical compositions and beneficial effects of some spices and aromatic leaves consumed in Benin and in the world: Critical review. *American Journal of Plant Sciences*, 14(5): 569-598.
- Vikou C., Semassa J., Diaconeasa Z., Roko G., Tohoyessou M., Dah-Nouvlessounon D. & Baba-Moussa L. (2023). Diversity, chemical compositions and beneficial effects of some spices and aromatic leaves consumed in Benin and in the world: Critical review. *American Journal of Plant Sciences*, 14(5) : 569-598.
- Vinelli V., Biscotti P., Martini D., Delbo C., Marino M., Meroño T. & Riso P. (2022). Effects of dietary fibers on short-chain fatty acids and gut microbiota composition in healthy adults: a systematic review. *Nutrients*, 14(13) : 2559-2585.
- Vit, G. D. (2001). Learning styles, culture and inclusive instruction in the multicultural classroom: A business and management perspective. *Innovations in education and teaching international*, 38(2) : 165-174.
- Wang H., Feng X., Blank I., Zhu Y., Liu Z., Ni L. & Liu Y. (2024). Differences of Typical Wuyi Rock Tea in Taste and Nonvolatiles Profile Revealed by Multisensory Analysis and LC–MS-Based Metabolomics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(15) : 8715-8730.
- Wang S., Moffitt J. R., Dempsey G. T., Xie X. S., & Zhuang X. (2014). Characterization and development of photoactivatable fluorescent proteins for single-molecule-based superresolution imaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23) : 8452-8457.
- Wilde, H., Míčková, D., Pehal, M. et Coughlin, S. (2025). L'Antu-List reconsidérée : une lecture synoptique du matériel parfumé d'Edfou et d'Athribis. *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde* , 152(1) : 117-135.
- World Health Organization., (2018). *Commission du Codex Alimentarius-Manuel de Procédure Vingt-sixième édition*. Food & Agriculture Org..
- Ye Y., Cai Y., Wang F., He Y., Yang Y., Guo Z. & Wang Z. (2025). Industrial Microbial Technologies for Feed Protein Production from Non-Protein Nitrogen. *Microorganisms*, 13(4) 742-769.

- Yéboué K. H., Amoikon K. E., Kouamé K. G. & Kati-Coulibaly S. (2017). Valeur nutritive et propriétés organoleptiques de l'attiéké, de l'attoukpou et du placali, trois mets à base de manioc, couramment consommés en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 113 : 11184-11191.
- Yeo N. Soro D. F. & Koffi Y. J. J. (2022). Le néré : de l'espace domestique vers un espace marchand dans la Région du Poro au nord de la Côte d'Ivoire. *Revue Scientifique Spécialisée en Géographie*, 7 : 2707-5028
- Yıldırım A., Mavi A., & Kara A.A. (2001). Détermination des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de *Rumex crispus* L.. *Journal of agricultural and food chemistry* , 49(8) : 4083-4089.
- Zabot G. L., Schaefer R. F., Polano O. L., Vinícius T. M., Herrera E., Palacin H. & Olivera-M. L. (2022). Encapsulation de composés bioactifs pour des applications alimentaires et agricoles. *Polymères* , 14(19) : 4194- 4235.
- Zanklan A. S., Ahouangonou S., Thiam M. L. & Batcho M. (2007). Étude de la dynamique et de l'évolution des peuplements de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth.(Mimosacées) au Bénin. *Webbia*, 62(1) : 97-107.
- Zareef H., Gul M. T., Qureshi R., Aati H. & Munazir M. (2023). Application d'indices ethnobotaniques pour documenter l'utilisation des plantes en médecine traditionnelle dans le district de Rawalpindi, Pendjab-Pakistan. *Recherche et applications en ethnobotanique*, 25 : 1-29.
- Zhang S. Y., et Casanova J.L. (2024). Défauts génétiques de l'immunité cérébrale dans l'encéphalite herpétique infantile. *Nature*, 635 (8039) : 563-573.
- Zhou J., Liu J., Lin D., Gao G., Wang H., Guo J. & Ke L. (2017). Boiling-induced nanoparticles and their constitutive proteins from *Isatis indigotica* Fort. root decoction: Purification and identification. *Journal of Traditional Complementary Medicine*, 7(2) : 1785-187.
- zimazi K. G., Hambada D. K. M., Agui-daho J. & Agbangla C. (2025). Connaissances ethnobotaniques du gingembre (*Zingiber officinale* Roscoe, 1807) au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 35(01).
- Zuñiga-Puelles E., Özden A., Cardoso-Gil R., Hennig C., Himcinschi C., Kortus J. & Gumeniuk R. (2025). Structurally disordered In 2 Te 3 semiconductor: novel insights. *Journal of Materials Chemistry A*, 13(13) : 9357-9371.

Zuo W., Liu R., Cai J., Hu Y., Almazrouei M., Liu X. & Amine K. (2024). Analyse non destructive des batteries commerciales. *Chemical Reviews*, 125 (1) : 369-444.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête sur la consommation des bouillons en Côte-d'Ivoire

Bonjour, je suis M. BAMBA Lassana, doctorant pour une enquête sur les bouillons culinaires

1. Est-ce que vous consommez le bouillon cube ou autre type dans votre restauration journalière ?

Oui Non

2. Si non, pourquoi ?.....

3. Si oui, quels bouillons consommez – vous ?.....

4. Quelle quantité consommez – vous par jour ?.....

5. Depuis combien de temps vous consommez ce(s) bouillon(s) ?

Merci de répondre aux différentes questions, bonne journée à vous

Annexe 2 : Questionnaire de cadre de formulation

1-Vous recevez un échantillon de produit, goûtez-le et notez les produits selon votre perception.

C'est une formulation de bouillon culinaire, vous cochez :

« OUI » si l'essai est validé ou « NON » si l'essai ne correspond pas au critère de jugement.

Nom et prénom :

Critères de jugement

Oui Non Note/10

1-L'intensité de la couleur de l'échantillon de produit

☐ ☐

2-Odeur de l'échantillon de produit près des bouillons existants

☐ ☐

3-la sapidité de l'échantillon de produit

☐ ☐

Annexe 3 : Formulaire d'analyses sensorielles du test hédonique

Nom et Prénom :

Sexe :

Age :

« Trois chips banane assaisonnés(X ;Y et Z) vous sont proposées, lequel préférez-vous ? Classez ces produits

selon votre préférence et inscrivez les lettres des produits dans les cases ci-dessous en partant de la gauche pour le produit plus préféré ».

Moins préférer

Moyennement préférer

Plus préférer

Annexe 4 : Equipements de laboratoire



Analyseur d'électrolyte



Automate Sysmex XN-



Automate Cobas C 311

Annexe 5 : Tableau de Friedman pour l'étude du caractère organoleptique

Critical values for the Friedman Test

$$M = \frac{12}{nk(k+1)} \sum R_j^2 - 3n(k+1)$$

n	k=3		k=4		k=5		k=6	
	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$
2	—	—	6.000	—	7.600	8.000	9.143	9.714
3	6.000	—	7.400	9.000	8.533	10.130	9.857	11.760
4	6.500	8.000	7.800	9.600	8.800	11.200	10.290	12.710
5	6.400	8.400	7.800	9.960	8.960	11.680	10.490	13.230
6	7.000	9.000	7.600	10.200	9.067	11.870	10.570	13.620
7	7.143	8.857	7.800	10.540	9.143	12.110	10.670	13.860
8	6.250	9.000	7.650	10.500	9.200	13.200	10.710	14.000
9	6.222	9.556	7.667	10.730	9.244	12.440	10.780	14.140
10	6.200	9.600	7.680	10.680	9.280	12.480	10.800	14.230
11	6.545	9.455	7.691	10.750	9.309	12.580	10.840	14.320
12	6.500	9.500	7.700	10.800	9.333	12.600	10.860	14.380
13	6.615	9.385	7.800	10.850	9.354	12.680	10.890	14.450
14	6.143	9.143	7.714	10.890	9.371	12.740	10.900	14.490
15	6.400	8.933	7.720	10.920	9.387	12.800	10.920	14.540
16	6.500	9.375	7.800	10.950	9.400	12.800	10.960	14.570
17	6.118	9.294	7.800	10.050	9.412	12.850	10.950	14.610
18	6.333	9.000	7.733	10.930	9.422	12.890	10.950	14.630
19	6.421	9.579	7.863	11.020	9.432	12.880	11.000	14.670
20	6.300	9.300	7.800	11.100	9.400	12.920	11.000	14.660
∞	5.991	9.210	7.815	11.340	9.488	13.280	11.070	15.090

For values of n greater than 20 and/or values of k greater than 6, use χ^2 tables with $k-1$ degrees of freedom

Annexe 6 :Communication 1



ATTESTATION DE COMMUNICATION



Nous soussignés,
Mme TANOU Lath Wrong Marguérite Léocadie, Présidente de l'Association Génération femmes Vaillantes et Commissaire Générale du Salon de l'Agriculture de la Côte d'Ivoire (SACOT)
et
Monsieur AKPA Eric Essoh, Président du Salon de l'Agriculture de la Côte d'Ivoire (SACOT)

Attestons que Monsieur **LASSANA Bamba**
a présenté les résultats de ses travaux de recherche sous forme de Poster intitulé: **Qualité microbiologique d'un complément alimentaire à base de néré (*Parkia biglobosa*)**, pendant la deuxième édition du Salon de l'Agriculture de la Côte d'Ivoire (SACOT 2024) qui s'est tenue du mardi 09 au samedi 13 avril 2024 à la Place Henri Konan Bédié de la mairie de Dabou. Durant ces jours, Monsieur LASSANA Bamba a effectivement interagi avec les populations répondant ainsi à nos attentes. En foi de quoi, la présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Dabou, le 13 avril 2024.

TANOU LATH WRONG M.L
Commissaire Générale



AKPA ERIC ESSOH
Président

Annexe 7 : Communication 2



PUBLICATIONS

Publication 1

Research Article

Situation of Consumption of Seasoning Broths in Three Cities in Côte d'Ivoire: Abidjan, Bouaké and Daloa

Lassana Bamba¹, Gervais Méline M'Boh² , Kipré Laurent Séri^{2,*} ,
Gnongbo Alexis Bahi² , N'Gbesso Amos Ekissi³ , Kouassi Denis Bédou⁴,
Grah Avit Maxwell Beugré¹, Allico Joseph Djaman^{2,4} 

¹Laboratory of Agro-valorization, Department of Agroforesterie, Jean Lorougnon Guédé University, Daloa, Côte d'Ivoire

²Medical and Fundamental Biochemistry Department, Pasteur Institute of Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Laboratory of Biotechnology Agriculture and Valorization of Biological Resources, Department of Biosciences, Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Biology and Health Laboratory, Department of Biosciences, Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Introduction: Seasoning broths have become an indispensable ingredient of more than 80% of households. The objective of this study is to assess the consumption of seasoning broths in three cities of Côte d'Ivoire: Abidjan, Bouaké and Daloa. **Methodology:** Survey missions were carried out from 2nd June 2022 to 10th August 2022 in Abidjan, Bouaké and Daloa. **Results:** Tablet (Maggi), Soumara and shrimp (Maggi) broths were the most consumed with 36%, 18% and 17% of the surveyed households respectively. The most consumed broths are Crevette (Maggi) in Bouaké, Poulet (Maggi) in Daloa and Tablette (Maggi) in Abidjan. The long consumption periods were in Bouaké with Soumara (16.7 years), Poulet (Maggi) (16.5 years) and Tablette (Maggi) (16.3 years). The daily consumption frequencies were between 2 and 3. The recorded frequencies were between 1.12 and 2.13 in Abidjan, between 2.7 and 3 in Bouaké and, 2 and 2.05 in Daloa. **Conclusion:** The most consumed broths were Tablette (Maggi), Soumara and Crevette (Maggi), respectively. Bouaké recorded the longest consumption periods of 14 to 16.7 years. Daily consumption frequencies ranged from 2 to 3 broths/day. Investigations will be conducted for the enhancement of the traditional broth «Soumara» for its highly appreciated properties in food and traditional medicine.

Keywords

Broths, Consumption, Households, Cities, Côte d'Ivoire

1. Introduction

Broths are seasoning ingredients, in different forms (cubes, powders, liquids) [1]. These seasoning broths have become an indispensable and unavoidable ingredient in many everyday

dishes of more than 80% of African households [2, 3]. They are valued for their taste-enhancing powers and affordable prices [4, 5]. In order to meet the ever-growing needs of

*Corresponding author: serikiprel@gmail.com (Kipré Laurent Séri)

Received: 21 April 2024; **Accepted:** 13 May 2024; **Published:** 30 May 2024



Copyright: © The Author(s), 2024. Published by Science Publishing Group. This is an **Open Access** article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

consumers, food technology professionals are trying several formulations. For example, 75,000 tons of seasoning broth are produced annually. In 2016 alone, more than 65 billion broths flood the African market, dominated by a few large companies including Nestlé, Jumbo and KUB [6]. Besides these industrial broths, Soumara, fermented food condiment, handcrafted from the cotyledons of the seeds of *Parkia biglobosa* «nééré» is very popular in sub-Saharan Africa [7-10]. Soumara recipes are highly valued not only for their richness in nutrients (diet), but also in traditional medicine (polyphenols, flavonoids) [11]. Soumara reduces high blood pressure, fights goiter, reduces anemia, prevents cancer and fights constipation [12]. However, while appreciated, there are many criticisms of seasoning cubes for their composition and the health effects of the many food additives they contain [13]. Indeed, the cubes contain Monosodium Glutamate or MSG (E 621) [14], which turns out to be one of the most contested products. Industrial broths are responsible for sexual weakness in men, vaginal bleeding, urogenital disorders, heart problems, hypertension, gastritis, behavioral disorders in children, prostate swelling, Parkinson's disease, Alzheimer's [14]. In Côte d'Ivoire and especially in large cities, household eating habits cause seasoning broths to be purchased day by day despite the potentially dangerous effect of these. In addition, little data exists on household eating habits. In 2023,

Ahon et al. [11] conducted a survey of soumara consumption in the communes of Koumassi and Port-Bouët located in the District of Abidjan. In view of the risks to the health of consumers that their excessive consumption could cause, it appeared necessary to conduct a consumption survey in order to look for the different seasoning broths consumed while highlighting the factors of appeal (frequency, preference and duration) of these broths by households surveyed in Abidjan, Bouaké and Daloa.

2. Study Areas

This study took place in three major urban centers of Côte d'Ivoire: Abidjan, Bouaké and Daloa. Abidjan, the country's economic capital, has a population of 5,616,633 with an average household size of 4.5 [15]. The city of Bouaké is located in central Côte d'Ivoire. It is the second most populous city after the economic capital Abidjan and the third economically. Its population is estimated at 832,371 with 152,187 households with an average size of 5.4 [15]. Daloa is the third city in Côte d'Ivoire in terms of population after Abidjan and Bouaké. Located in the center-west, Daloa is a cosmopolitan agricultural town. Its population is 421,879 with 80,584 households averaging 5.2 [15].

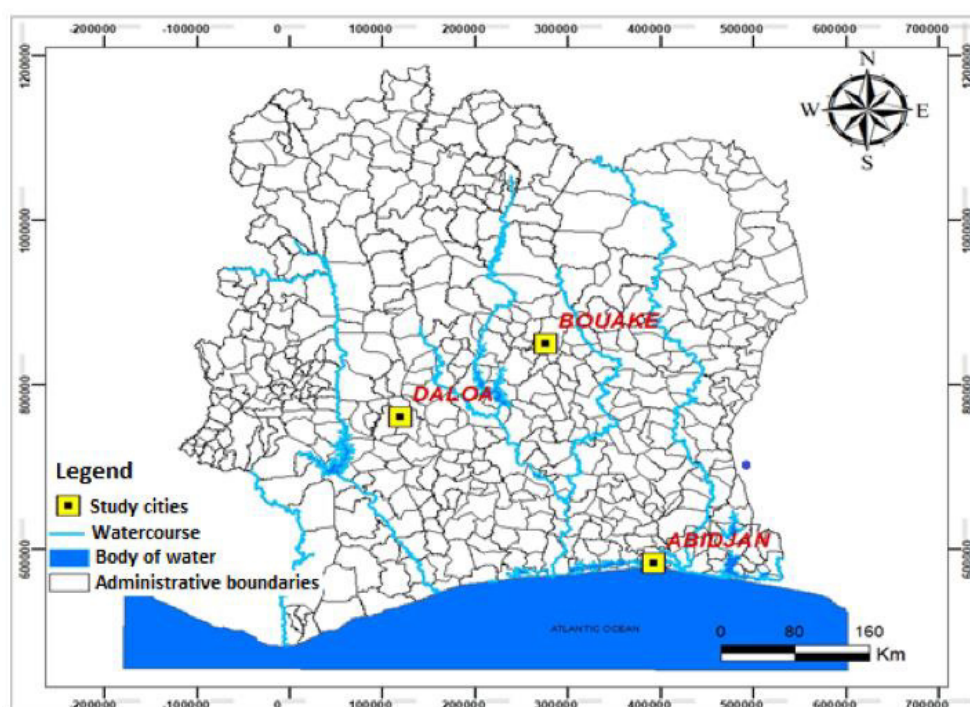


Figure 1. Study areas.

3. Sampling Method

Fact-finding missions were carried out from 2 June 2022 to

10 August 2022 in three major urban centers in Côte d'Ivoire: Abidjan, Bouaké and Daloa. Data collection used the development of a household-only questionnaire, a pre-survey to test the questionnaire, and actual data collection [16]. The

questionnaire included open, semi-open and closed questions, with spaces available to record alternatives to the proposed options. This questionnaire was based on the preferential choice of broths of households, their duration and frequency of consumption of broths. These survey missions lasted 69 days corresponding to the pre-survey during which the questionnaire was tested and the collection of data from households.

The number of households covered by the consumption survey was determined using Survey Monkey Audience [17] with:

Population size = Total number of households per city (Abidjan = 1,261,750; Bouaké = 152,187; Daloa = 80,584);

Margin of error = 5%;

Confidence level = 95%;

z-score = 1.96.

The interview was face to face, in one go. The household survey was a 24-hour recall type of consumption survey [18]. A total of 656 households were surveyed.

4. Statistical Analyses

The data was collected in Microsoft Excel 2013. GraphPad. Prism. V9.5 was used for averaging and plotting graphs. Means are presented as mean standard deviation.

5. Results

5.1. Different Types of Broths Consumed and Consumption Preference of Study Households

The survey revealed two types of culinary broths consumed: industrial broths [Crevette (Maggi), Jumbo, Tablette (Maggi), Tomato (Doli), Adja, Etoile (Maggi) and Poulet (Maggi)] and traditional broth "Soumara" (Figure 2). Overall, Tablette (Maggi), Soumara and Crevette (Maggi) broths were the most consumed with 36%, 18% and 17% of the surveyed households respectively (Figure 3).



Figure 2. Seasoning broths recorded after investigation.

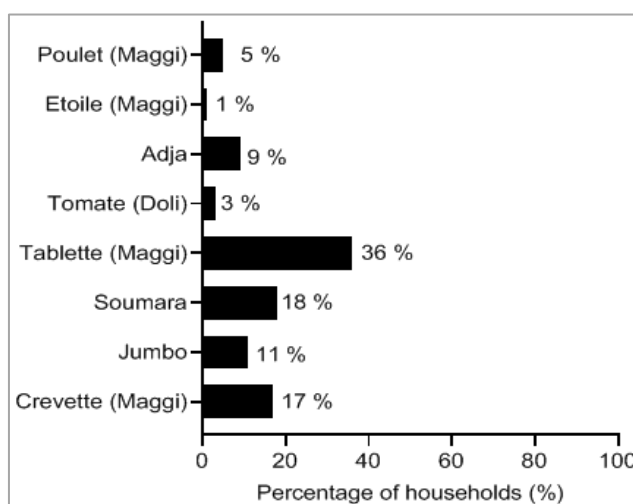


Figure 3. Type and preferred choice of household broths.

5.2. Distribution of Households Consuming Broths by City

Throughout the survey, an appeal for broths was observed in households in the three cities, namely Daloa, Bouaké and Abidjan. The Crevette (Maggi) broth was found more in households

in Bouaké than in Daloa and Abidjan. It is the same for the broths Crevette (Maggi), Jumbo, Soumara, Tomato (Doli), Adja and Etoile (Maggi). However, the number of households consuming Poulet (Maggi) broth was higher in Daloa than in Bouaké and Abidjan. Tablette (Maggi) broth was more consumed in Abidjan than in Daloa and Bouaké (Figure 4).

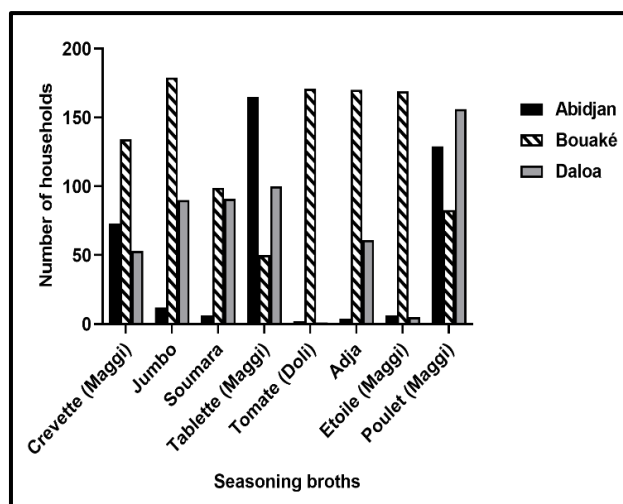


Figure 4. Distribution of broth consumption in households by city.

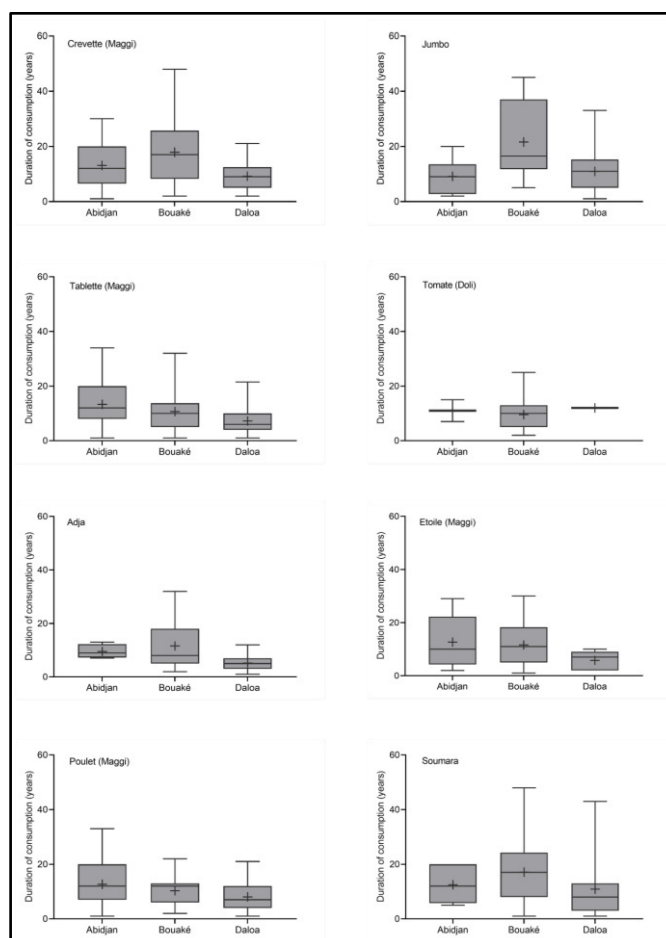


Figure 5. Broth consumption duration by city.

5.3. Duration of Consumption of Household Broths

Overall, it was in Bouaké that the high consumption durations were observed, namely 14 to 16.5 years of consumption of broths with Soumara (16.7 years), Poulet (Maggi) (16.5 years) and Tablette (Maggi) (16.3 years) respectively as the longest consumed. The city of Abidjan occupied the second place behind Bouaké with 12 to 15 years of consumption of broths with Tomato (Doli) broth as the longest consumed (15 years). The third place was occupied by the households of Daloa with average consumption durations of broths that ranged from 8 to 12 years with the broth Tomato (Doli) as the longest consumed (12 years) (Figure 5).

5.4. Frequency of Consumption of Household Broths

As for the daily consumption frequencies, they were between 2 and 3 broths/ Day in all the households surveyed. Indeed, households in Daloa recorded frequencies between 2 and 2.05 broths/Day with broths Crevette (Maggi), Tablette (Maggi), Poulet (Maggi) and Soumara the most consumed daily. Those of Bouaké had frequencies ranging from 2.7 to 3 broths/ Day with the broth Tomato (Doli) most frequently consumed. Daily consumption frequencies of Abidjan household broths were between 1.12 and 2.13 broths/Day with the most consumed Adja broth and Tablette (Maggi) and Poulet (Maggi) broths (Figure 6).

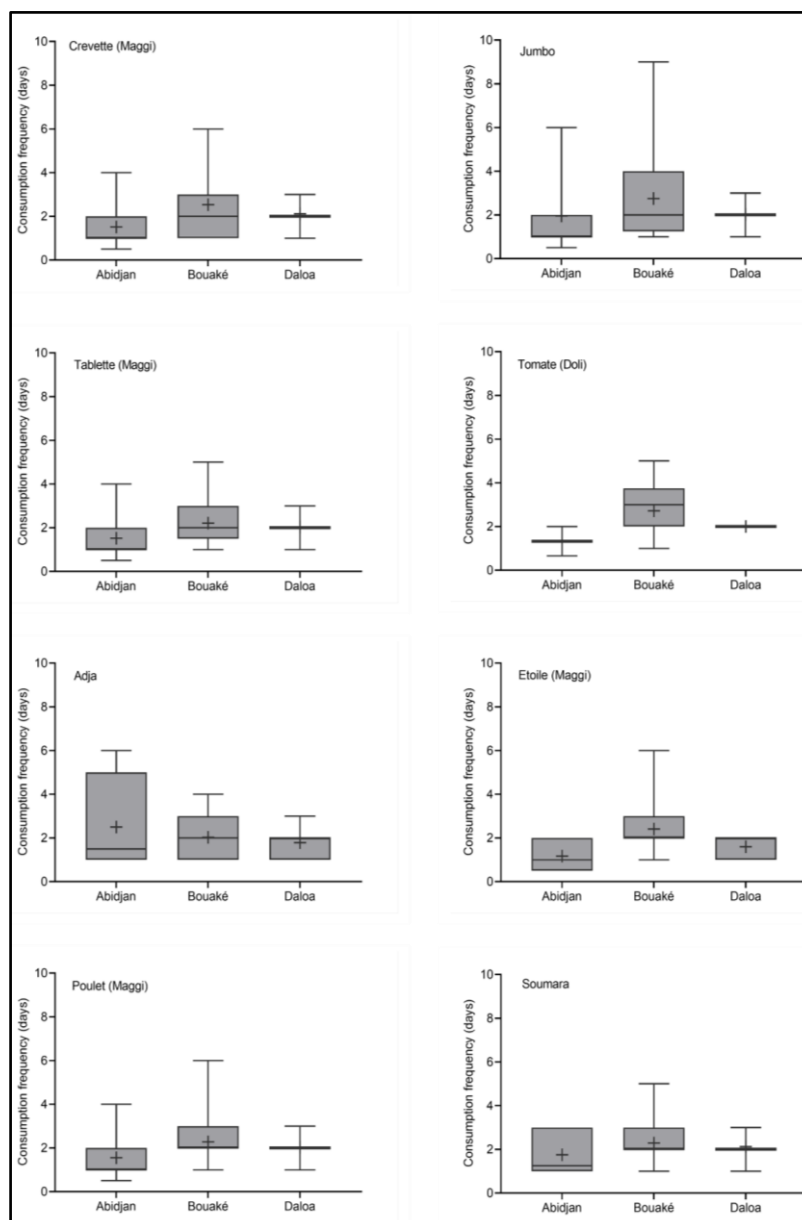


Figure 6. Broth consumption frequency by city.

6. Discussion

The investigation revealed the presence of industrial broths such as Crevette (Maggi), Jumbo, Tablette (Maggi), Tomato (Doli), Adja, Etoile (Maggi) and Poulet (Maggi), and traditional broth, Soumara, a food condiment based on «Néré» seeds *Parkia biglobosa* in the three cities of Abidjan, Bouaké and Daloa. These broths are well known to populations. Indeed, they have become an indispensable ingredient for more than 80% of households in West Africa [2, 3]. In addition, Tablette (Maggi), Soumara and Crevette (Maggi) broths were the most consumed in respectively 36%, 18% and 17% of the surveyed households. A pronounced interest in broths Crevette (Maggi), Jumbo, Soumara, Tomato (Doli), Adja and Etoile (Maggi) was noted in households in the city of Bouaké. While Poulet (Maggi) broth was more consumed in Daloa. As for Tablette (Maggi) broth, it was more consumed in Abidjan. According to 2011 estimates, Maggi brand broths were most present in West and Central Africa with more than one hundred million cubes sold daily [13]. In all the households surveyed, consumption frequencies were between 2 and 3 cubes of broths per day with consumption durations between 8 and 16.7 years. This range of consumption periods shows the recent integration of broths into the cooking habits of households in these cities of Côte d'Ivoire. Indeed, industrial culinary broths appeared in Africa in the 1950s with a penetration rate of more than 70% in households [13].

However, Bouaké recorded the longest consumption periods: 14 to 16.7 years of consumption of broths with 16.7 years for Soumara against 16.5 years for Poulet (Maggi) and 16.3 years for Tablette (Maggi). This singularity of the city of Bouaké could be explained by the presence of populations already having a culture of broths. Bouaké is a cosmopolitan city with strong migrant communities from neighboring countries such as Burkina Faso, Mali and Guinea [19]. These populations have a long history with culinary broths, with a particular reference to the nutritional values, safety and commercial potential of these broths [20, 21].

Consumers prefer broth in their daily diet because of its palatability, high nutritional value [22, 23]. Indeed, broth is a food product in which a good number of protein-rich substances and their derivatives play an essential role in taste [1, 24]. These broths all also contain salt, maltodextrin, flavour enhancers, oil and aromas [1, 13]. However, several decades after their introduction into households, scientific studies have revealed the toxic character of industrial broths. Indeed, cubes would be dangerous because of the presence of monosodium glutamate or MSG (E 621) also called «flavor enhancer» [14]. Similarly, these broths are salt providers whose excessive consumption contributes significantly to the development of non-communicable diseases (NCDs) such as high blood pressure and other cardiovascular diseases [25-27].

On the other hand, Soumara, fermented food condiment made from the cotyledons of the seeds of *Parkia biglobosa*

«Néré» is very appreciated by indigenous communities in sub-Saharan African countries [7-10]. Soumara recipes are highly appreciated not only for their taste, but also for their nutritional (rich in proteins and vitamins) and medical qualities. Indeed, Soumara would decrease high blood pressure, combat goiter, reduce anemia, prevent cancer and fight constipation [12]. This survey showed that traditional broth, Soumara was very present in households. This was confirmed by Ahon *et al.* (2023) [11] who justified through a consumption survey, the many uses of this ingredient, both in food and traditional medicine, because very rich in nutrients, polyphenols and flavonoids. The authors also revealed that the Soumara produced in Côte d'Ivoire is relatively more consumed (55.77%) than that produced in other countries (44.23%). And that this artisanal product was appreciated for its taste to 50.97% of consumers and for its therapeutic character to 37.5%: in the form of grain (68.27%), powder (23.08%) or paste (8.65%).

7. Conclusions

This investigation revealed two types of seasoning broths, namely industrial broths [Crevette (Maggi), Jumbo, Tablette (Maggi), Tomato (Doli), Adja, Etoile (Maggi) and Poulet (Maggi)] and traditional broth Soumara. Overall, Tablette (Maggi) broth was the most consumed, followed by the Soumara and finally the broth Crevette (Maggi). Bouaké households preferred broth Crevette (Maggi), while Daloa households favored broth Poulet (Maggi). Abidjan households preferred broth Tablette (Maggi).

The city of Bouaké had the longest consumption periods: 14 to 16.7 years with Soumara broths (16.7 years), Poulet (Maggi) (16.5 years) and Tablette (Maggi) (16.3 years). As for the daily consumption frequencies, they were between 2 and 3 broths/Day in all the households surveyed. Daily consumption frequencies of Abidjan household broths were between 1.12 and 2.13 broths/Day. Investigations will be conducted for the enhancement of the traditional broth for its properties as well as in food as in traditional medicine very appreciated by households of these three major cities of Côte d'Ivoire.

Abbreviations

MSG	Monosodium Glutamate
NCDs	Development of Non-Communicable Diseases

Acknowledgments

We would like to thank the authorities of the Jean Lorougnon Guédé University in Daloa and the Institute Pasteur in Côte d'Ivoire for their availability and assistance throughout this work. We do not forget all the households that have fully agreed to participate in the survey.

Author Contributions

Lassana Bamba: Data curation, Writing – original draft

Gervais Méline M'Boh: Conceptualization, Project administration

Kipré Laurent Séri: Data curation, Writing – original draft, Writing – review & editing

Gnogbo Alexis Bahi: Methodology

N'Gbesso Amos Ekissi: Resources

Kouassi Denis Bédou: Data curation, Formal Analysis

Grah Avit Maxwell Beugré: Supervision

Allico Joseph Djaman: Validation, Visualization

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- [1] Moretti D., Hurrell R. F. & Cercamondi C. I. Bouillon Cubes, In: Food Fortification in a Globalized World. Elsevier, Academic Press. 2018, 159-165.
- [2] Fall M. Avis scientifique relatif au risque lié à la consommation de glutamate monosodique (GMS) et de chlorure de sodium (NaCl) contenus dans les bouillons d'aide culinaire au Sénégal. [Scientific opinion relating to the risk linked to the consumption of monosodium glutamate (MSG) and sodium chloride (NaCl) contained in culinary broths in Senegal.] 2016, p. 30.
- [3] Diarra T. Evaluation de la consommation des bouillons culinaires dans le District de Bamako (cas de Sébénikoro). Thèse de Doctorat, faculté de pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako. [Evaluation of the consumption of culinary broths in the District of Bamako (case of Sébénikoro). Doctoral thesis, faculty of pharmacy, Sciences, Techniques and Technologies University of Bamako.] 2018.
<https://www.bibliosante.ml/handle/123456789/3809>
- [4] Ramesh S. P. & Rajasekharan P. Food and Health Broth-The Rich Food of the Common Man. Addendum. 2019, 3(1), 120-125.
- [5] Lo N. K. Nutrition: les cubes industriels sont-ils dangereux pour notre santé? BBC Afrique, [Dakar. Nutrition: are industrial cubes dangerous for our health? BBC Africa, Dakar.] 2021.
<https://www.bbc.com/afrique/region-5766092>
Accessed April 15, 2023.
- [6] Africanews. En Afrique, le bouillon en cube fait recette. [In Africa, the broth in cube is a recipe.] 2019.
<https://www.africanews.com> Accessed May 23, 2023.
- [7] Abdou-Souley R., Diadié-Oumarou H., Abdelkader A. S., Yacoubou B. & Balla A. Caractérisation Biochimique et Microbiologique de Soumbala de néré (*Parkia biglobosa*) et d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*) produits au Niger. [Biochemical and Microbiological Characterization of Soumbala of néré (*Parkia biglobosa*) and Guinea sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) produced in Niger.] Eur Sci J. 2020, 16(3), 224-243. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n3p224>
- [8] Dabiré Y., Mogmenga I., Somda M. K., Ugwuanyi J., Ezeogu L. I. L. I., Dicko M. H. & Traoré A. S. Production technique, safety and quality of soumbala, a local food condiment sold and consumed in Burkina Faso. African J Food Sci. 2020, 14(2), 38-52. <https://doi.org/10.5897/AJFS2019.1891>
- [9] Owusu-Kwarteng J., Parkouda C., Adewumi G. A., Ouoba L. I. I. & Jespersen L. Technologically relevant *Bacillus* species and microbial safety of West African traditional alkaline fermented seed condiments. Crit Rev Food Sci Nutr. 2020, 0(0), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1830026>
- [10] Kambire O., Yao K. M., Sika A. E., Coulibaly A., Boli Z. & Koffi-Nevry R. Microbiological and physicochemical characteristics of three types of "soumbara" from seeds of African locust bean in Korhogo markets, Côte d'Ivoire. Int J Food Sci. 2021, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2021/5572300>
- [11] Ahon G. M., Alla K. T., Bakayoko L. & Amoikon K. E. Manufacturing Technique and Nutritive Value of Soumbara (*Parkia biglobosa* Seeds) and Dark Seed of Korhogo (Côte d'Ivoire). Open Journal of Applied Sciences. 2022, 12, 1673-1686. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.1210114>
- [12] Sankhon A., Sangare O., Loua T., Balde M. A. & Sylla M. M. Study of the Nutritional Properties of Broths Based on Soumbara (Nere *Parkia biglobosa*) and Products of Animal Origin (Beef, Chicken, Fish And Shrimp) in the Republic of Guinea - Conakry. Acta Scientific Agriculture. 2023, 7(6), 24-28. <https://doi.org/10.31080/asag.2023.07.1271>
- [13] Talata O., Farida Zakou Moussa & Cissé F. M. Les bouillons cubes (souvent appelés cubes Maggi), des condiments qui peuvent être remplacés (épisode 1). [Broths cubes (often called Maggi cubes), condiments that can be replaced (episode 1).] RECA-Niger / Mai 2021. 8 p.
- [14] Airaodion A. I., Ogbuagu U., Oloruntoba A. P., Agunbiade A. P., Airaodion E. O., Mokelu I. P. & Ekeh S. C. Biochemical mechanisms involved in the regulation of appetite and weight-review. International Journal of Research. 2019, 6(2), 397-409. <https://pen2print.org/index.php/ijr/>
- [15] Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Résultats globaux. [General Census of Population and Habitat, Global Results.] 2021. Accessed May 02, 2022.
- [16] Dossou-yovo P., Tossou L. T. C., Sezan A. & Yelouassi R. A. C. Evaluation de la qualité nutritionnelle des bouillons « cubes » les plus consommés au Sud-Bénin. [Nutritional quality assessment of the most consumed "cube" broths in South Benin.] International Journal of Innovation and Applied Studies. 2016, (17)1, 94-99. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [17] Survey Software Solution. The Survey System. 2013. <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/> Accessed March 02, 2022.

- [18] Kouadio F. K. Etude nutritionnelle du « garba »: aliment de rue à base de manioc (*Manihot esculenta* crantz, 1766) couramment consommé à Abidjan (Côte d'Ivoire). Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody - Doctorat. [Nutritional study of “garba”: street food made from cassava (*Manihot esculenta* crantz, 1766) commonly consumed in Abidjan (Ivory Coast). Félix Houphouët-Boigny University of Abidjan-Cocody – Doctorate.] 2021. Accessed July 22, 2023.
- [19] Invest in Bouaké. Forum d'affaires. Catalogue de projets. [Business forum. Project catalog.] 2024. 98 p. Accessed October 12, 2023.
- [20] El Sheikha A. F. & Montet D. African fermented foods: historical roots and real benefits. In: R.C. Ray and D. Montet (ed) Microorganisms and fermentation of traditional foods, food biology series. CRC Press, Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 3000, Boca Raton, Florida, USA. 2015, 248-282. ISBN-13: 978-1-4822-2309-5.
- [21] Ouoba L. I. I. Traditional alkaline fermented foods: Selection of functional *Bacillus* starter cultures for Soumbala production. In: Speranza B., Bevilacqua A., Corbo M. R., Sinigaglia M. (eds) Starter cultures in food production, 1st edn. Wiley, London. 2017, 370-383.
<https://doi.org/10.1002/9781118933794.ch18>
- [22] Zhou J., Liu J., Lin D., Gao G., Wang H., Guo J. & Ke L. Boiling-induced nanoparticles and their constitutive proteins from *Isatis indigotica* Fort. Root decoction: Purification and identification. Journal of Traditional Complementary Medicine. 2017, 7(2), 178-187.
<https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.08.007>
- [23] Li X., Menga H., Zhua Y., Shub S., Bao Y., Jianga S. & Liu Y. Correlation analysis on sensory characteristics and physico-chemical indices of bone broth under different processing methods. Food Chemistry Advances. 2022, 1, 100036.
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100036>
- [24] Perez-Palacios T., Eusebio J., Palma S. F., Carvalho M. J., Mir-Bel J. & Antequera T. Taste compounds and consumer acceptance of chicken soups as affected by cooking conditions. International Journal of Food Properties. 2017, 20(1), 154-165.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1291678>
- [25] Kotchen T. A., Cowley A. W. & Frohlich E. D. Salt in Health and Disease — A delicate balance. The New England Journal of Medicine. 2013, 368(13), 1229-1237.
<https://doi.org/10.1056/NEJMr1212606>
- [26] Kayode O. T., Bello J. A., Oguntola J. A., Kayode A. A. A. & Olukoya D. K. The interplay between monosodium glutamate (MSG) consumption and metabolic disorders. Heliyon. 2023, 9(9), e19675. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19675>
- [27] Kebe S. D., Diouf A., Sylla P. M. D. D., Thiam M., Coly O. B., Faye M. H., Badiane A. & Idohou-Dossou N. Consumption of discretionary salt and bouillon in Senegalese households and related knowledge, attitudes and practices. African Journal of Food Science. 2023, 17(8), 154-161. <https://doi.org/10.5897/AJFS2023.2254>

Publication 2

Physico-Chemical and Nutritional Properties of a Food Broth Based on Nere (*Parkia biglobosa*)

Lassana Bamba^{1,2}, Gervais Melaine M'Boh², N'Gbesso Amos Ekissi^{2,3*}, Kipré Laurent Séri², Gnogbo Alexis Bahi², Koffi Pierre Valery Niaba¹, Allico Joseph Djaman^{2,4}, Grah Avit Maxwell Beugre¹

¹Laboratory of Agro-Valorization, Department of Agroforesterie, Jean Lorougnon Guédé University, Daloa, Côte d'Ivoire

²Medical and Fundamental Biochemistry Department, Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Laboratory of Biotechnology Agriculture and Valorization of Biological Resources, Department of Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Cote d'Ivoire

⁴Biology and Health Laboratory, Department of Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire
Email: *prunellekissi@hotmail.fr

How to cite this paper: Bamba, L., M'Boh, G.M., Ekissi, N.A., Séri, K.L., Bahi, G.A., Niaba, K.P.V., Djaman, A.J. and Beugre, G.A.M. (2024) Physico-Chemical and Nutritional Properties of a Food Broth Based on Nere (*Parkia biglobosa*). *Food and Nutrition Sciences*, 15, 377-389.

<https://doi.org/10.4236/fns.2024.155025>

Received: February 1, 2024

Accepted: April 30, 2024

Published: May 30, 2024

Copyright © 2024 by author(s) and Scientific Research Publishing Inc. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Purpose: Diet and eating habits are major risk factors for the health and the development of disease, such as, for example, metabolic disorder leading to cardiovascular pathology and cancer, decreased immunity exposing to infections. This study of the physico-chemical and nutritional properties of a soumara-based food broth was carried out with the aim of promoting the consumption of organic broth made from nere seeds (soumara). That is to alleviate certain metabolic diseases, which is a matter of food safety, and also to limit the risk for the health about the consumption of some cooking stocks on the market. **Methods:** Several natural ingredients such as nere seeds (soumara), ginger, black pepper, parsley and garlic were used to create a nere-based stock. All these ingredients were freeze-dried and the powder obtained was used to make the broth, regarding their physical and chemical properties. **Results:** The broth had a good protein content of 17.41 ± 0.367 g/100g, a lipid content of 16.80 ± 0.08 g/100g and a fiber content of 8.66 ± 0.04 g/100g. In terms of nutritional values, the broth showed good levels of calcium 184.21 ± 0.09 mg/100g, potassium 50.04 ± 1.45 mg/100g and iron and zinc. In terms of antioxidant activity, the broth also showed good antioxidant activity. **Conclusion:** Regarding the properties of our food broth, whose composition is based on natural ingredients, could be recommended for consumption and, its properties, could play an important role in preventing and combating certain metabolic diseases.

Keywords

Food Broth, Nere, Physico-Chemical Properties, Nutrition, Food Safety

1. Introduction

Since the 1960s, particularly in developed countries, eating habits have evolved considerably towards a more diversified diet [1]. Worldwide, consumption of local cereals such as rice, millet and sorghum has declined in favour of wheat and maize, but these cereals still dominate the diet. In 2019, more than 820 million people worldwide were suffering from protein-energy malnutrition [2]. The high cost of animal protein sources such as meat, fish and poultry makes these products inaccessible to people. So, to cover the need, proteins from plant sources are in demand because they are cheaper and more readily available [3]. Furthermore, the nutritional quality of food is not only a public health issue, but is also becoming a strategic issue for the development and innovation of the agri-food industry. Spices are functional foods, *i.e.* foods that can be shown to have a beneficial effect on certain target functions of the body over and above basic nutritional requirements [4]. Spices come in a variety of flavours, colours and aromas, adding a wide range of nutrients to foods [5]. They enhance and complement the flavour of foods without detracting from their organoleptic quality [6]. The same applies to other food additives such as soumara seeds and food legumes that are valued for their nutritional qualities [7]. Soumara is one of the popular food seasonings produced from the alkaline fermentation of African locust bean (*Parkia biglobosa*) seeds in many West African countries [8] [9]. Soumara contained 30% to 47% protein, 20% to 43% fat and 13% to 17% carbohydrates, and was an excellent source of energy (464 to 546 Kcal/100g), and was a rich source of essential amino acids and fats [10]. It is also rich in B vitamins [11]. In addition to its aromatic attributes, soumara is thought to play an important role in maintaining good health [9]. It is said to help regulate blood pressure, combat cardiovascular disease and contain a beneficial bioactive compound [12]. It is also sometimes added as a seasoning in the preparation of various African dishes [13].

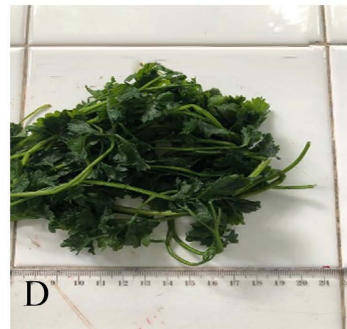
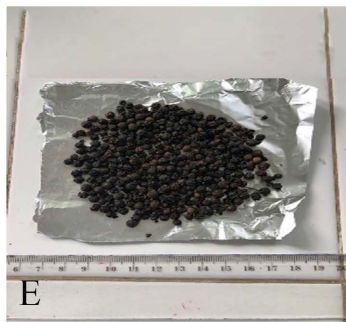
This tendency to improve the taste of food using food supplements or adjuvants has led to a profusion of broths flooding the markets, the composition of which is often unknown, and which is unfortunately not without health risks for consumers [14].

Given that broths are widely used in households [15], in the context of food security and with a view to satisfying nutritional needs without risk to consumer health, this study was conducted to develop a natural food broth based on nere (Soumara) using natural ingredients.

2. Material and Methods

2.1. Biological Material

The biological material consisted of several ingredients: fermented dwarf seeds (*Biglobosa parkia*, Photo 6), garlic cloves (*Allium sativum*, Photo 2), onion bulbs (*Allium cepa*, Photo 3), ginger rhizomes (*Zingiber officinale*, Photo 1), parsley leaves (*Petroselinum crispum*, Photo 4) and black peppercorns (*Piper nigrum*, Photo 5).

**Photo 1 : Ginger roots****Photo 2 : Clove of garlic****Photo 3 : Onion bulbs****Photo 4 : Percil****Photo 5 : Black peppercorns****Photo 6 : Fermented Néré seeds**

2.2. Methods

2.2.1. Collection of Samples

A total of 5 kg of each ingredient was purchased in Adjame Gouro in the Autonomous District of Abidjan. The samples were transported to the CeReB laboratory of the Institute Pasteur of Cote d'Ivoire for the various treatments and transformations.

2.2.2. Preparation of the Various Ingredients

In the laboratory, all the ingredients were carefully sorted, cleaned, washed and rinsed. Once all the waste had been removed, using a stainless-steel knife, the ginger rhizomes, garlic and onion cloves were cut up and placed in plates, while the other ingredients were placed in separate plates and all subjected to freeze-drying. 72 hours later, all the samples were removed from the freeze-dryer and, using a blender, the various powders were obtained and made ready for the various analyzes.

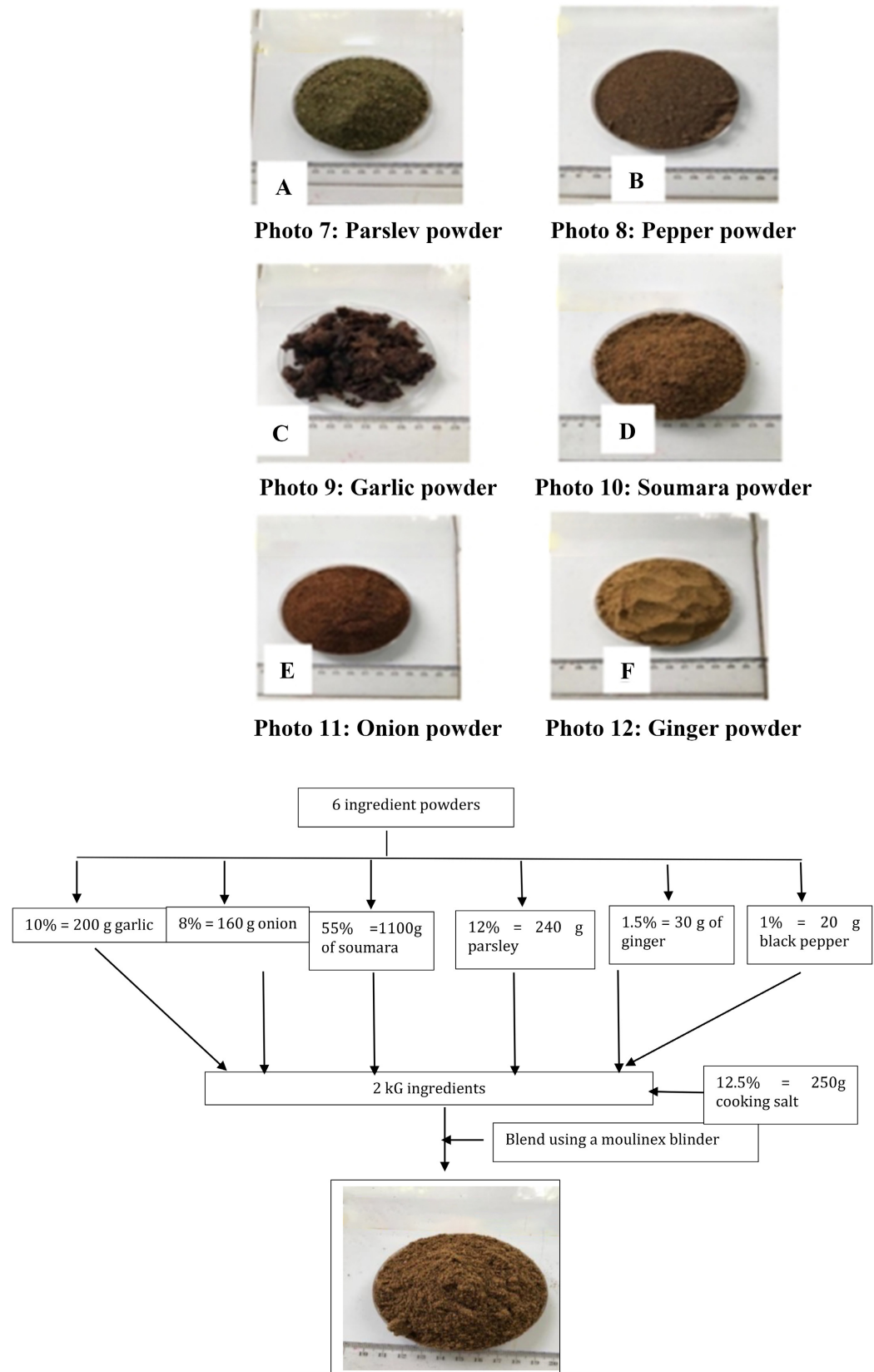


Figure 1. Diagram of soumara-based broth formulation.

In the laboratory, using a precision balance of 0.01 g, the ingredients were weighed and gradually placed in a sterilised plate. All the ingredients were then mixed using a moulinex bender. This formulation was carried out under aseptic conditions. This formula was evaluated after a microbiological analysis and a sensory analysis with 100 panalists who participated in the choice of this formulation for the different analyses (**Figure 1**).

2.3. Physico-Chemical Analysis

Moisture content was calculated according to the difference in substrate weight before and after oven drying at 105°C for 24 hours. pH and titratable acidity were determined using the AOAC [16]. The protein and lipid contents of the samples were determined using the AOAC [16]. Protein content was determined by estimating nitrogen content using the Kjeldahl method (AOAC method 920.152). This method consists of mineralising organic nitrogen into ammonium by mixing 0.2 g of “soumara” powder with 1 digestion tablet (composed of 3.5 g of potassium sulphate, 4 g of copper sulphate) and 10 mL of sulphuric acid. The total protein content was determined by acidimetry. Ash content was determined by incineration at 525°C (AOAC method 940.26). In addition, the total lipid content using the Soxhlet as an extractor was determined according to AOAC [17]. Total lipids were determined using the Soxhlet method (AOAC method 963.15). Dietary fibre was determined using AOAC method [18].

Total carbohydrate content and energy value (EV) were determined according to the FAO [19] using the following formulae: Total carbohydrate (%) = $100 - [(\% \text{ protein}) + (\% \text{ fat}) + (\% \text{ water}) + (\% \text{ ash})]$ EV (Kcal/100g) = $(\% \text{ protein} \times 4) + (\% \text{ fat} \times 9) + (\% \text{ carbohydrate} \times 4)$. Each test was carried out in triplicate.

Mineral content was determined by ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometer) as described by [20]. 5 g of the sample was reduced to ash in a muffle furnace (Pyrolabo, France). The ash obtained was dissolved in 10 mL of HCl/HNO₃ and transferred to 100 mL flasks and the volume made up with demineralised water. The mineral composition of the sample was determined using an Agilent 7500 c argon plasma mass spectrometer. Calibrations were carried out using external standards prepared from a single 1000 ppm stock solution supplemented with 2% nitric acid.

2.4. Total Phenol Content

Total polyphenol content was determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu reagent [21]. Results were expressed as mg gallic acid equivalent (GAE)/g sample, averaged over three replicates. Total flavonoid content was determined using the method based on Blasa *et al.* [22], with a few modifications. One millilitre of our sample (10 g/L) was mixed with 0.3 mL NaNO₂ (5%) and 0.3 mL AlCl₃ (10%) was added after 5 minutes. The samples were vortexed for 2 minutes and after 6 minutes were neutralised with 2 mL NaOH solution (1 M).

Absorbance was read at 510 nm and quantification was performed using a calibration curve. The results were expressed in mg sample gram equivalents averaged over three replicates.

2.5. Anti-Nutritional Factors

With regard to anti-nutritional factors, the oxalate content was determined according to the method described [23] using potassium permanganate. Phytate content was determined according to the method described [24].

2.6. Antioxidant Properties

The antioxidant activity assay was carried out according to the method described [25] using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). To do this, 1 mL of 0.3 mM DPPH solution prepared in ethanol was added to 2.5 mL of sample solution (1 g of dried sample powder mixed with 10 mL of methanol). This was filtered through Whatman No. 4 paper and left to react for 30 minutes at room temperature. Absorbance values were measured using a spectrophotometer (PG Instruments, UK) set at a wavelength of 517 nm. The mean absorbance values were converted to percentage antioxidant activity using the following formula:

$$(\%) \text{Entrapment activity} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times (100)$$

The mechanism of this method is based on electron transfer. When the Fe^{3+} ion is reduced in an acid medium ($\text{pH} = 3.6$) to Fe^{2+} in the presence of 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ), the formation of a Fe^{2+} TPTZ complex (blue colour) occurs, which absorbs in the 593 - 595 nm region. The acid pH prevents the formation of hydroxides and oxides, keeping the iron soluble. It also increases the redox potential, which favours the reaction. The reducing capacity is linked to the degree of hydroxylation and the degree of conjugation of the bonds present in the phenolic compounds in our samples [26]. For analyses with volumes of between 50 and 200 μL , a volume of FRAP reagent of 0.2 to 5.0 mL is generally applied to carry out the antioxidant activity test. Trolox or gallic acid is used in the calibration curve and the blank is standardised with demineralised water [27].

3. Statistical Analysis

All these analyses were performed in triplicate. Excel version 2016 was used to process standard deviation and mean.

4. Results

4.1. Physico-Chemical Characteristics

The results of the physico-chemical composition of the soumara-based formulated broth are given in **Table 1**. The soumara-based broth formula showed a high value of energy, protein, lipid and ash.

Table 1. Physico-chemical composition of the formulated broth.

Parameters in g/100g DM	Concentrations
Humidity (%)	5.85 ± 0.04
pH	6.6 ± 0.1
Titrateable acidity (Meq/100g)	0.02 ± 0.02
Carbohydrates	9.99 ± 0.43
Protein	17.41 ± 0.37
Fat	16.80 ± 0.08
Fiber	8.66 ± 0.04
Ash	11.47 ± 2.62
Energy value (Kcal)	260.8 ± 10.3

4.2. Mineral Composition

The mineral composition of the soumara-based powder is shown in **Table 2**. In terms of macroelements, the results showed a high presence of calcium, followed by potassium and magnesium. Sodium was the only macronutrient in our analysis with the lowest content. Phosphorus had low values with the presence of zinc and iron.

4.3. Nutritional and Anti-Nutritional Composition of a Soumara-Based Broth

The results of the nutritional and anti-nutritional composition are given in **Table 3**, with a high value of Oxalate followed by Phytates and flavonoïds.

Table 2. Mineral composition of a soumara-based ingredient formulation.

Parameters mg/100g	Concentrations
Calcium	184.21 ± 0.09
Sodium	8.76 ± 0.03
Potassium	50.04 ± 1.45
Phosphorus	0.17 ± 0.00
Magnesium	33.29 ± 6.96
Zinc	2.44 ± 0.03
Iron	3.55 ± 0.04

Table 3. Nutritional and anti-nutritional composition.

Parameters	Concentrations
Polyphénols totaux (mg EAG/g)	1.37 ± 0.02
Flavonoides (mg EQ/g)	11.56 ± 0.61
Phytates mg/100g MS	11.77 ± 0.79
Oxalates EAP/100g MS	121.05 ± 0.1

4.4. Antioxidant Activity Composition of Soumbala-Based Broths

The powder of our sample showed a DPPH activity level of $43.62\% \pm 0.64\%$ and a FRAP activity composition of $23.1 \pm 0.03 \mu\text{g EAA/g}$.

5. Discussion

Numerous epidemiological and clinical studies have shown that regular consumption of soumbala-based products is associated with a reduced risk of developing certain metabolic diseases such as cancer and cardiovascular disease. The compounds involved in these effects are found in the protein and lipid fractions, the fiber and above all among the molecules derived from the plant's secondary metabolism, including vitamins, triterpenes and flavonoids, which may act alone or in interaction.

The spice powder obtained from 60% soumbala and certain ingredients had a low moisture content of 5.85 ± 0.04 . These results are similar to those of Kabré *et al.* [28], which were $3.09\% \pm 1.95\%$ and $6.72\% \pm 0.17\%$, and higher than those reported by Camara *et al.* [29], which ranged from $15.35\% \pm 3.28\%$ to $27.53\% \pm 2.33\%$. This difference could be linked to the drying techniques used. Moisture levels below 10% are very important for shelf life. The results gave a pH value of 6.6 ± 0.1 . They are similar to those of Camara *et al.* [29], who found pH values in soumbala powder between 6.60 ± 0.13 and 7.45 ± 0.18 respectively in their studies. With regard to protein content, our spices showed an excellent value of 17.41% but lower than that of Camara *et al.* [29] in fermented seeds of *Parkia biglobosa* from Cote d'Ivoire with a value of between 28.47% and 28.84%. The difference in content would be due to the addition of other ingredients (onions, garlic, parsley, ginger, black pepper), which would have a low protein content. This protein content in our spice could help prevent protein-energy malnutrition in children [30] [31]. The crude fibre content of our spice is $8.66\% \pm 0.04\%$. This content is lower than that found by [32] 10.49% and higher than that of Ndamitso *et al.* [33] who obtained crude fibre contents of fermented *Parkia biglobosa* seeds of around 1.71%. This difference could be due to climatic and environmental factors and the processing technology used [34], as well as the low fibre content of certain ingredients used in the formulation of soumbala-based spices [35]. Fiber promotes intestinal transit (good digestion) [36]. This content in crude fiber would give the food a low glycaemic index, which could make this powder an asset as part of an anti-diabetic diet [37]. The energy value of our soumbala-based formulation with different ingredients is $260.8 \pm 10.3 \text{ g/100 dry matter}$. Part of this energy comes from the protein and fat content. This energy value is lower than that reported by Ndamitso *et al.* [33], who reported an energy value of 471.75 kcal/100g dry matter. This difference is due to the low protein and fat content of the other ingredients used to make up our broth. The very high ash content (11.62 ± 2.62) resulting from the incineration of the spice with the various soumbala-based ingredients enabled us to quantify a number of mineral substances (calcium, phosphorus, sodium, potassium, iron and zinc) essential to the body. The presence of macroelements and trace elements confirms

that our spice formulation provides sufficient quantities of mineral salts to the populations that consume it. In addition, the very high calcium content of our spice comes from the seeds of soumara (*Parkia biglobosa*) and ginger (*Zingiber officinale*), an herbaceous perennial plant native to tropical regions of Asia [38]. In addition, it can benefit consumers by promoting bone growth, skeletal strength and tooth hardness in children and adolescents. Calcium also helps to maintain bone structure and prevent osteoporosis in adults. It also helps reduce the risk of colon cancer [39]. In addition, adequate calcium intake based on the recommended dietary allowance of 500 to 1200 mg/day may have a protective effect on arterial hypertension [40]. The presence of zinc and iron in our spice production (soumara-based broth) is important for the health of the population. In fact, these two important trace elements are undeniable micronutrients for health and nutrition and are increasingly appreciated, as their deficiencies can play an important role in the onset of certain diseases. In the case of zinc, this level in the diet of the population would reduce certain risk factors for immune deficiency and susceptibility to infections in the elderly [41]. The significant presence of iron in the spice is thought to come from ginger (*Zingiber officinale*). However, regular consumption of this spice in the diet of the population (children and adults) would reduce the risk of martial deficiency and associated anaemia, which can contribute to reduced energy efficiency, lower aerobic capacity, reduced endurance and the appearance of muscular and general fatigue. The potassium present in our spice powders could help regulate blood pressure and support the proper functioning of the nervous system and muscles [42] [43]. Magnesium is considered a natural anti-stress agent and is found in foods [44]. It is involved in neuromuscular transmission of impulses and regulation of heart rate [45]. Recent studies have shown the effects of benefits of an adequate magnesium intake (6 mg/kg·bw) in the prevention of cardiovascular disease [46]. In addition, such a broth would be recommended as a regular seasoning in people's meals. Several epidemiological studies have shown that a diet rich in bioactive molecules provides long-term protection against the development of cancer, cardiovascular disease, diabetes and osteoporosis [47]. The inclusion of phenolic compounds in our spice formulations would be beneficial for consumers because of their protective effects. Such food in the population dish would prevent the body from the harmful effects of free radicals that can accelerate cellular aging [48]. In addition, the presence of flavonoids in this powder would strengthen the body against the effects of antioxidant stress, which are powerful antioxidants [49] [50].

Acknowledgements

We thank sincerely the institute for its contribution regarding the provision of equipment for the research work.

Funding

This research received no specific funding.

Conflicts of Interest

The authors declare no competing interests.

References

- [1] Kearney, J. (2010) Food Consumption Trends and Drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B Biological Sciences*, **365**, 2793-2807. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0149>
- [2] Grebmer, K.V., Bernstein, J., Patterson, F., Wiemers, M., Chéilleachair, R.N., *et al.* (2019) Global Hunger Index: The Challenge of Hunger and Climate Change. Concern Worldwide. <https://www.globalhungerindex.org/pdf/en/2019.pdf>
- [3] Youssef, C.E., Bonnarme, P., Fraud, S., Péron, A.C., Helinck, S., *et al.* (2020) Sensory Improvement of a Pea Protein-Based Product Using Microbial Co-Cultures of Lactic Acid Bacteria and Yeasts. *Foods*, **9**, Article 349. <https://doi.org/10.3390/foods9030349>
- [4] Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. and Chandra, N. (2010) Free Radicals, Antioxidants and Functional Foods: Impact on Human Health. *Pharmacognosy Reviews*, **4**, 118-126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- [5] Mann, A. (2011) Biopotency Role of Culinary Spices and Herbs and Their Chemical Constituents in Health and Commonly Used Spices in Nigerian Dishes and Snacks. *African Journal of Food Science*, **5**, 111-124.
- [6] Kaefer, C.M. and Milner, J.A. (2011) Herbs and Spices in Cancer Prevention and Treatment. In: Benzie, I.F.F. and Wachtel-Galor, S., Eds., *Herbal Medicine. Biomolecular and Clinical Aspects*, CRC Press, Boca Raton.
- [7] Sumner, L.W., Mendes, P. and Dixon, R.A. (2003) Plant Metabolomics: Large-Scale Phytochemistry in the Functional Genomics Era. *Phytochemistry*, **62**, 817-836. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00708-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00708-2)
- [8] Ouoba, L.I.I. (2017) Traditional Alkaline Fermented Foods: Selection of Functional Bacillus Starter Cultures for Soumbala Production. In: Speranza, B., Bevilacqua, A., Corbo, M.R. and Sinigaglia, M., Eds., *Starter Cultures in Food Production*, John Wiley & Sons, New York, 370-383. <https://doi.org/10.1002/9781118933794.ch18>
- [9] Akanda, F., Parkouda, C., Suurbaar, J., Donkor, A.M. and Owusu-Kwarteng, J. (2018) Effects of Mechanical Hulling on Microbiological Characteristics and Chemical Changes during the Processing of *Parkia biglobosa* Seeds into Dawadawa, a West African Alkaline Fermented Condiment. *Journal of the Science Association of Ghana*, **17**, 13-19.
- [10] Parkouda, C., Diawara, B. and Ouoba, L.I.I. (2008) Technology and Physico-Chemical Characteristics of Bikalga, Alkaline Fermented Seeds of *Hibiscus sabdariffa*. *African Journal of Biotechnology*, **7**, 916-922.
- [11] Ndir, B., Lognay, G., Wathelet, B., Cornelius, C., Marlier, M., *et al.* (2000) Chemical Composition of Nététu, Food Condiment Produced by Fermentation of the Seeds of the African Carob Tree *Parkia biglobosa* Jacq. Benth. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, **4**, 101-105.
- [12] Coulibaly, S.O., Ouattara, A., Ouattara, K. and Coulibaly, A. (2017) Antihypertensive Effects of Aqueous and Ethanolic Extracts of Fermented Seeds of *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) in Rats. *European Scientific Journal*, **13**, 136-162.
- [13] Somda, M.K., Savadogo, A., Tapsoba, F., Ouédraogo, N., Zongo, C. and Traoré, A.S. (2014) Impact of Traditional Process on Hygienic Quality of Soumbala a Fermented

- Cooked Condiment in Burkina Faso. *Food Safety Journal*, **2**, 59-64.
- [14] Muteba Kalala, D. (2014) Characterization of Food Consumption Patterns of Households in Kinshasa: Analysis of the Interrelationships between Lifestyles and Eating Habits. Ph.D. Thesis, University of Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, 199. <https://hdl.handle.net/2268/166356>
 - [15] Diarra, T. (2019) Evaluation de la consommation des bouillons culinaires dans le District de Bamako (cas de Sébénikoro). Pharmacy Thesis, University of Sciences, Techniques and Technologies of Bamako, Bamako.
 - [16] AOAC (2000) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. AOAC, Washington DC.
 - [17] AOAC (2005) Association Official Analytical Chemist. AOAC, Gaithersburg, MD.
 - [18] AOAC (1997) AOAC International Official Methods of Analysis. 16th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
 - [19] FAO (2002) Composition of Foods in Calorigenic Nutritional Principles and Calculation of Useful Energy Values. FAO, Washington DC.
 - [20] CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec) (2014) Détermination des métaux: Méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon, MA. 200-Mét. 1.2, révision 5, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.
 - [21] Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M. (1999) Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in enzymology*, **299**, 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
 - [22] Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, M.P., Albertini, M.C., *et al.* (2006) Raw, Millefiori Honey Is Packed Full of Antioxidants. *Food Chemistry*, **97**, 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.039>
 - [23] Day, R.A. and Underwood, A.L. (1986) Qualitative Analysis. Prentice-Hall Publications, New Jersey.
 - [24] Latta, M. and Eskin, M. (1980) A Simple Method for Phytate Determination. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **28**, 1313-1315. <https://doi.org/10.1021/jf60232a049>
 - [25] Barros, L., Baptista, P. and Ferreira, I.C.F.R. (2007) Effect of *Lactarius piperatus* Fruiting Body Maturity Stage on Antioxidant Activity Measured by Several Biochemical Assays. *Food and Chemical Toxicology*, **45**, 1731-1737. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.03.006>
 - [26] Cerretani, L. and Bendini, A. (2010) Rapid Assays to Evaluate the Antioxidant Capacity of Phenols in Virgin Olive Oil. In: Preedy, V.R. and Watson, R.R., Eds., *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*, Academic Press, Cambridge, 625-635. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374420-3.00067-X>
 - [27] Seo, S.M.R., Jung, C.S., Kang, J., Lee, R.H., Kim, S.W., *et al.* (2015) Larvicidal and Acetylcholinesterase Inhibitory Activities of Apiaceae Plant Essential Oils and Their Constituents against *Aedes albopictus* and Formulation Development. *Journal Agriculture Food Chemistry*, **63**, 9977-9986. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03586>
 - [28] Kabré, E., Bazié, R., Bandé, M., Sanou, T., Nikiéma, F., *et al.* (2020) Study of the Nutritional Values and Sanitary Quality of Soumbala Collected from Six Regions of Burkina Faso. *African Journal of Biochemistry Research*, **14**, 92-101. <https://doi.org/10.5897/AJBR2020.1091>
 - [29] Camara, F., Soro, S., Traoré, S., Brou, K. and Dje, K. (2016) Biochemical and Microbi-

- ological Characteristics of African Mustards Produced from Fermented Seeds of *Parkia biglobosa* and Glycine Max, Sold in Côte d'Ivoire. *International Journal of Sciences of Biology and Chemistry*, **10**, 506-518. <https://doi.org/10.5897/AJFS2015.1377>
- [30] Touré, A.S. (2020) Étude de la phytochimie et de l'activité antiracalaire de la pulpe de *Parkia biglobosa* utilisée pour la prise en charge de la malnutrition. Pharmacy Thesis, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako.
- [31] Hsairi, M., Gargouri, L., Safi, F., Elleuch, A. and Mahfoudh, E. (2021) Protein-Energy Malnutrition in Children. *SFAX Medical Information Journal*, **37**, 10-16.
- [32] Cissé, I., Koffi, N.E., Niamketchi, G.L., Dembélé, S., Kouadio, K.B., et al. (2021) Phytochemical and Nutritional Composition of Fermented *Parkia biglobosa* Seeds from Northern Ivory Coast. *Journal of Applied Biosciences*, **168**, 17507-17519.
- [33] Ndamitso, M.M., Musah, M., Mathew, J.T. and Bissala, V.T. (2020) Comparative Nutritional Analysis of Daddawa Made from Fermented *Parkia biglobosa* and Glycine Max Seeds. *Communication in Physical Sciences*, **5**, 263-269.
- [34] Ojewumi, M.E., Omoleye, J., Emerete, M., Ayoola, A.A. and Obanla, O.R. (2018) Effect of Various Temperatures on the Nutritional Compositions of Fermented African Locust Bean (*Parkia biglobosa*) Seed. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **3**, 117-122.
- [35] Colin, L. (2016) L'Ail et Son Interet en Phytotherapie. Ph.D. Thesis, Université de Lorraine, Nancy. https://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUPHA_T_2016_COLIN_LUCIE.pdf
- [36] Valentina, V., Paola, B., Daniela, M., Christian Del, B., et al. (2022) Effects of Dietary Fibers on Short-Chain Fatty Acids and Gut Microbiota Composition in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients*, **14**, Article 2559. <https://doi.org/10.3390/nu14132559>
- [37] Rémond, D. and Walrand, S. (2017) Legume Seeds: Nutritional Characteristics and Health Effects. *Agronomic Innovations*, **60**, 133-144.
- [38] Braga, M.E.M., Moreschi, S.R.M. and Meireles, M.A.A. (2006) Effects of Supercritical Fluid Extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. Starches. *Carbohydrate Polymers*, **63**, 340-346. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.08.055>
- [39] Flood, A., Peters, U., Chatterjee, N., Lacey, J., Schairer, C., et al. (2005) Calcium from Diet and Supplements Is Associated with Reduced Risk of Colorectal Cancer in a Prospective Cohort of Women. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, **14**, 126-132. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.126.14.1>
- [40] Alaoui, L. (2020) Role of Minerals (Sodium, Potassium, Calcium and Magnesium) in the Prevention and Management of High Blood Pressure. *Moroccan Review of Agronomic and Veterinary Sciences*, **8**, 333-341.
- [41] Brown, K.H., Peerson, J.M., Allen, L.H. and Rivera, J. (2002) Effect of Supplemental Zinc on the Growth and Serum Zinc Concentrations of Prepubertal Children: A Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **75**, 1062-1071. <https://doi.org/10.1093/ajcn/75.6.1062>
- [42] Houston, M.C. (2011) The Importance of Potassium in Managing Hypertension. *Current Hypertension Report*, **13**, 309-317. <https://doi.org/10.1007/s11906-011-0197-8>
- [43] Besnier, F. (2018) Modulation of the Autonomic Nervous System and Cardiac Architecture by Physical Activity in the Treatment of Chronic Heart Failure. Master's Thesis, University of Toulouse III-Paul Sabatier, Toulouse.
- [44] Morais, J.S.B., Severo, S.J., Dos Santos, L.R.L., Melo, S.R.D.S., et al. (2017) Role of

- Magnesium in Oxidative Stress in Individuals with Obesity. *Biological Trace Element Research*, **176**, 20-26. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0793-1>
- [45] Alber, H., Dromigny, E., Le hazif Nedelec, M., Perrus-Lesquibe, C., et al. (2010) Heart Rhythm Disorders Linked to Taking Psychotropic Medications. *Journal Pharmacology Clinical*, **29**, 183-209.
- [46] Baudet, M., Daugareil, C. and Ferrieres, J. (2012) Prevention of Cardiovascular Diseases and Health and Diet Rules. *Annals of Cardiology and Angiology*, **61**, 93-98. <https://doi.org/10.1016/j.ancard.2011.05.007>
- [47] Pandey, K.B. and Rizvi, S.I. (2009) Plant Polyphenols as Dietary Antioxidants in Human Health and Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2**, Article ID: 897484. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- [48] Deghal, L. and Derradji, S. (2018) Study of the Antioxidant Effect of Polyphenols Extracted from Commercial Tomatoes. Master's Thesis, Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem University, Mostaganem.
- [49] Seyoum, A., Asres, K. and El Fiky, F.K. (2006) Structure-Radical Scavenging Activity Relationships of Flavonoids. *Phytochemistry*, **67**, 2058-2070. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.07.002>
- [50] Adriouch, S., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., Touvier, M. and Fezeu, L.K. (2017) Association entre les apports en polyphénols et le risque de maladies cardiovasculaires: Résultats d'une étude prospective sur 84,000 adultes français. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, **31**, 238. <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2017.06.051>

Publication 3



Research Article

Bio-Tolerance Evaluation of *Parkia biglobosa*-Based Dietary Supplement a Plant Species from Ivorian Medicinal Flora

^{1,2}Bamba Lassana, ^{2,3}M'Boh Gervais Mélaïne, ^{2,3}Bahi Gnogbo Alexis,
^{2,3}Séri Kipré Laurent, ¹Beugre Grah Avit Maxwell and ^{2,3}Djaman Allico Joseph

¹Agro-valorization Laboratory, University of Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²Department of Fundamental and Medical Biochemistry, Institut Pasteur, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Biology and Health Laboratory, University Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Background and Objective: Broths have become an indispensable ingredient for over 80% of households. The aim of this study was to assess the bio-tolerance of a néré-based or *Parkia biglobosa*-based dietary supplement in broth form in rats. **Materials and Methods:** The bio-tolerance of the experimental broth was evaluated in rats by the oral route. The broth, containing a high percentage of néré fruit, was formulated at IPCI and the control broth was a culinary broth available on the Ivorian market. Rats with an average weight of 130 g received the different broths orally for 28 days. The bio-tolerance of the experimental broth was evaluated in rats by the oral route. Biochemical parameters were determined using ready-to-use kits and a Cobas C311 Hitachi and the AVL 9180 electrolyte analyzer. Hematological marker assays are carried out automatically using the Sysmex XN-1000 Kobe, Japan. **Results:** The results showed that the experimental broth did not excessively decrease or increase the weight of the rats during the course of the experiment. Similarly, the broth did not induce any toxicity on relative organ weights, nor did it cause any disturbance of biochemical parameters compared with the control broth. The concentrations of GGT, LDH and CPK obtained in rats fed experimental broth at the highest dose (6 g/kg body weight) were significantly lower than those obtained in rats fed control broth at a dose of 3 g/kg body weight. These values were respectively 4.66 ± 0.3 , 2587 ± 13 and 2385.66 ± 33 U/l in rats fed with experimental broth versus 12.3 ± 0.8 , 2678.67 ± 36 and 2645.6 ± 36 U/l in rats fed with control broth. **Conclusion:** The experimental broth showed good bio-tolerance in treated rats and an immunoregulatory effect. These results justify the numerous uses of néré fruits in African dishes.

Key words: Bio-tolerance, *Parkia biglobosa*, néré, medicinal flora, biotoxicity, dietary supplement

Citation: Lassana, B., M.G. Mélaïne, B.G. Alexis, S.K. Laurant, B.G.A. Maxwell and D.A. Joseph, 2024. Bio-tolerance evaluation of *Parkia biglobosa*-based dietary supplement a plant species from Ivorian medicinal flora. Asian J. Biochem., 19: 7-16.

Corresponding Author: Bahi Gnogbo Alexis, Department of Fundamental and Medical Biochemistry, Institut Pasteur, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright: © 2024 Bamba Lassana *et al.* This is an open access article distributed under the terms of the creative commons attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Competing Interest: The authors have declared that no competing interest exists.

Data Availability: All relevant data are within the paper and its supporting information files.

INTRODUCTION

Seasoning broths have become an indispensable ingredient for over 80% of households^{1,2}. Culinary bouillon production is estimated at 75,000 tonnes per year. In 2016, more than 60 billion broths flooded the African market, which is dominated by a few large companies including Nestlé, Jumbo and KUB³. Food technology professionals are then attempting several formulations to meet the daily needs of consumers, who are growing in number due to population growth in developing countries. Several studies have reported the nutritional suitability of *Parkia biglobosa* seeds with a composition of 35% protein, 29% lipids, 16% carbohydrates, calcium and good organoleptic properties as well as a positive effect on intestinal flora^{4,5}. Néré and spice grains were chosen, which are widely consumed by the African population.

Néré (*Parkia biglobosa*) is of great nutritional and pharmacological importance to mankind. For Appia *et al.*⁶ it's a plant with a thousand and one virtues, as described by several communities on the dark continent, néré cures several illnesses and feeds more than 20 million people in 14 countries. Almeida *et al.*⁷ and Kassi *et al.*⁸ explain that néré flour and its fermented grains are prescribed by doctors in cases of both malnutrition and hypertension. "Néré yellow flour is rich in protein, calcium and iron⁵. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) states in a study published in January 2016⁹: "Néré yellow flour is rich in protein, calcium and iron. The final goal of this project is to propose a culinary formulation based on néré (soumara) and other spices from African dietary habits, to help add value to our local products. This study aimed to assess the toxicological activities of this culinary formulation in Wistar rats.

MATERIALS AND METHODS

Study area: The experimental study was carried out from December, 2023 to January, 2024. The force-feeding the animals was carried out at the vivarium of the Félix Houphouët Boigny University and the phases of pre-analytical, analytical and post-analytical of blood from the rats were carried out at the Biochemistry and Haematobiology Unit of Institut Pasteur of Côte d'Ivoire (IPCI).

Materials: Biological material consists of broth made from néré and other local spices (experimental broth X) and a commercially available industrial broth (control broth Y).

Laboratory animals including Wistar albino rats.

Technical equipment: It consists of:

- A biochemistry system, the COBAS C311 HITACHI from Roche Diagnostic France, was used for the determination of biochemical markers
- An Electrolyte Analyzer 9180 (Roche Diagnostics®, Germany)
- Sysmex XN-1000i Kobe, Japan for the determination of hematological markers
- Small items such as syringes, gavage cannulas for oral administration of substances, 0.01 g precision balances for various weighing operations, urine jars for preparation of various solutions and sampling tubes

Reagents:

- Specific reagent kits from Roche Diagnostics (France) were used for assays of classic biochemical parameters (urea, creatinine, ASAT, ALAT, GGT, LDH and CPK, etc.)
- SnapPak universal ready-to-use kit for blood ionograms

Ready-to-use blood count kits for determination of blood count and red blood cell count.

Methods

Formulation of the experimental broth: The experimental broth formulation is an organic food product consisting of 55% soumara flour, 10% garlic powder, 8% onion powder, 12% parsley powder, 1.5% ginger powder, 1% black pepper and 12.5% cooking salt. All ingredients were then blended using a Moulinex blender. This formulation was carried out under aseptic conditions.

Rat treatment: The experiments were carried out on 25 rats of the Albino Wistar strain, divided into batches of 5 in metabolic cages and acclimatized for 7 days before the start of the experiments. They were fed water and pellets. They were obtained from the animal house (vivarium) of the École Normale Supérieure within the Félix Houphouët University Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire) conducted by gavage for 28 days. The concentrations received by the different batches of rats are as follows:

- **Control batch:** Rats were given distilled water at 1 mL/100 g body weight orally
- **Batch 1 experimental broth:** Rats treated with broth at a dose of 0.25 g/kg body weight (Broth X1)
- **Batch 2 experimental broth:** Rats treated with broth at a dose of 3 g/kg body weight (Broth X2)
- **Batch 3 experimental broth:** Rats treated with broth at a dose of 6 g/kg body weight (Broth X3)
- **Control broth batch (Broth Y):** Rats treated with a commercially available broth at a dose of 3 g/kg body weight

Force-feeding and blood sampling: Gavage was performed every morning at 8 am for 28 days. Rats were fed daily with pellets. The animals were weighed twice a week. On days 14 (D14) and 28 (D28) of the experiment, the rats' blood was collected, after anesthesia, from the orbital sinus of the eye using pipettes' according to the technique described by Diehl *et al.*¹⁰.

Blood from each animal is collected in tubes without anticoagulants for biochemical analysis (ionogram, ALAT, ASAT, urea, creatinine, GGT, LDH, CPK) and also in tubes containing EDTA for Complete Blood Count (CBC). These tubes, containing whole blood from the rats, were triple-packed and transported to the Biochemistry and Hematobiology Unit of the Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI Cocody site) for the various pre-analytical, analytical and post-analytical phases.

Determination of biochemical parameters in plasma

Method for measuring electrolytes (Na⁺, Cl⁻, K⁺): The determination of Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions was carried out with the 9180 electrolyte analyzer, based on the comparison of an unknown value with a known value to calculate the electrolyte values of the specimen.

Biochemical marker assay methods: The biochemical parameters were determined using ready-to-use kits and a Cobas C311 Hitachi from Roche Diagnostics, France.

Principle of the Hitachi Cobas C311: The Cobas C311 is a fully automated clinical biochemistry analyzer. Its principle is based on performing manual assays in a completely closed circuit without human intervention. It is designed for the qualitative and quantitative determination of a wide range of biochemical assays in various body fluids. It is an *in vitro* diagnostic medical device manufactured by Roche Diagnostics in Germany and distributed by Roche Diagnostic France. Biochemical parameters are determined by a variety of methods, following kit calibration and quality control.

Analytical method for biochemical parameters: Quantitative analysis of biochemical parameters was carried out on 500 µL of serum after kit calibration and validation of quality control results. Results are obtained directly in concentration after conversion of absorbances from the equations of the calibration lines incorporated in the automaton. Biochemical marker assays are performed according to the different principles and methods described in the instructions supplied with the reagent kits.

Hematological marker assay methods: The hematological marker assays are carried out automatically using the Sysmex XN-1000 Kobe, Japan combined independent variation and flow cytometry technology¹¹. Its principle harnesses the power of fluorescent flow cytometry and hydrodynamic focusing technologies. Thanks to a photodiode laser worktable, Sysmex fluorescent flow cytometry offers the sensitivity needed to measure and differentiate cell types present in blood.

Ethical consideration: The approval of the ethical committee is not applicable because it is a food supplement but the study was performed according to OECD, 2008: 407 test guideline¹².

Statistical analysis: The statistical analysis of the results was carried out using GraphPad prism 8U software. The Newman-Keuls Student's t-test was used to compare means. A difference between two means is considered significant if $p < 0.05$.

RESULTS

Assessment of the effect of daily broth consumption on physical parameters: The average body mass values obtained in all batches are shown in Fig. 1. At the end of the treatments, the average gains in animal body mass were 33 ± 1.14 , 26.33 ± 0.33 , 25.33 ± 1 , 21.3 ± 1.13 and 31 ± 1 g, respectively for the control batch, the experimental broth batches (0.25, 3 and 6 g) and the commercial control broth batch (3 g). The rate of change in body mass of rats treated with the control broth was not significantly different from that of rats in the control batch. The rates of change in body mass of rats treated with experimental broth were lower but not significant than those of control rats and rats fed control broth, with the exception of rats fed experimental broth at dose X3 (6 g/kg), at which there was a significant difference between rats fed control broth ($p < 0.05$) and control rats ($p < 0.01$). Overall, however, an increase in body mass was observed in all broth-treated and control rats (experimental and control).

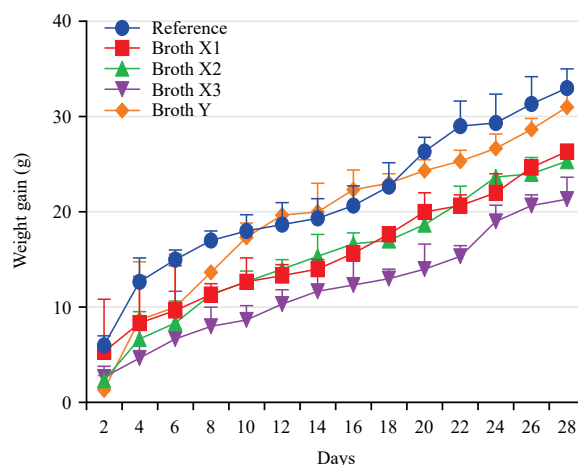


Fig. 1: Weight assessment of rats

Values are expressed as Means $\pm$ Errors, n = 3. Body weights of broth batch X3 rats show significant differences from control ($p < 0.05$)

Table 1: Relative weight of organs

Relative weight	Reference	Broth X1	Broth X2	Broth X3	Broth Y
Heart	0.36 ± 0.04	0.42 ± 0	0.39 ± 0.01	0.42 ± 0.1	$0.47 \pm 0.03^{**}$
Kidneys	0.608 ± 0.03	0.67 ± 0.01	0.64 ± 0.05	0.7 ± 0	0.66 ± 0.01
Liver	5.18 ± 0.2	4.98 ± 0.04	$5.30 \pm 0.15^{b*}$	4.42 ± 0.03	$3.78 \pm 0.03^{**}$

Values are expressed as Means $\pm$ Standard Errors, n = 3. ^{**}: Relative weight of heart and liver in broth batch Y indicates significant differences from the control ($p < 0.05$),

^{b*}: Relative liver weight of broth batch Y indicates significant differences from broth batch X ($p < 0.05$), Bouillon X: Experimental broth and Broth Y: Control broth

Table 2: Blood electrolyte values in rats

Parameter	Date	Reference	Broth X1	Broth X2	Broth X3	Broth Y
Na (mEq/L)	14	133 ± 0.57	134.3 ± 0.33	133 ± 1.15	133 ± 1.5	135.33 ± 2.6
	28	136 ± 0.5	136.33 ± 0.66	134 ± 1	132.66 ± 1	134 ± 1
K (mEq/L)	14	7.066 ± 0.28	7.53 ± 0.59	9.93 ± 0.9	8.23 ± 1.39	9.46 ± 1.08
	28	7.16 ± 0.29	6.77 ± 0.26	8.03 ± 0.5	9.7 ± 0.9	7.16 ± 0.4
Cl (mEq/L)	14	105.67 ± 0.33	106.33 ± 0.33	105.66 ± 0.33	104 ± 1.5	105.33 ± 2
	28	107 ± 1.15	106 ± 0.57	105.6 ± 1.6	107.33 ± 1.4	106

Values are expressed as Means $\pm$ Errors, n = 3. Differences between batches are not significant ($p > 0.05$)

Effects of broths on relative weight of organs: The relative weights of heart, kidney and liver of control rats were 0.36 ± 0.04 , 0.608 ± 0.03 and 5.18 ± 0.2 g, respectively. Significant differences ($p < 0.05$) were observed in the relative masses of heart (0.47 ± 0.03 g) and liver (3.78 ± 0.03 g) compared to control rats. The relative organ masses of rats treated with experimental broth at the different doses ranged from 0.39 ± 0.01 to 0.42 ± 0.1 g (heart), 0.64 ± 0.05 to 0.7 g (kidney) and 4.42 ± 0.03 to 5.30 ± 0.15 g (liver). There was no significant difference ($p < 0.05$) between the relative organ weights of rats treated with experimental broth at the different doses compared with control rats, but with control broth on the relative weights of heart (increase) and liver (decrease), a significant difference ($p < 0.05$) was observed compared with control rats. When comparing the two broths (experimental and control) at the same dose of 3 g/kg body weight, a significant difference was observed in relative liver weight ($p < 0.05$) (Table 1).

Effects of broths on blood parameters

Effect of broth on electrolytes parameters

Sodium (Na) concentration: After 14 days of treatment, mean sodium concentration values were 133 ± 0.57 mEq/L in control rats and 135.33 ± 2.6 mEq/L in rats fed the control broth. These values ranged from 133 ± 1.15 to 134.3 ± 0.33 mEq/L in rats treated with experimental broth at different concentrations. After 28 days of treatment, the mean sodium concentration values were 136 ± 0.5 mEq/L in control rats and 134 ± 1 mEq/L in rats treated with control broth. For rats treated with experimental broth, values ranged from 132.66 ± 1 to 136.33 ± 0.66 mEq/L. No significant variation was observed in sodium concentrations in rats between 14th and 28th days of treatment. Furthermore, no significant differences were observed during this period between the sodium concentrations of control rats and those of rats treated with control broth and experimental broth (Table 2).

Table 3: Influence of broth on rat blood enzymes

Parameter	Date	Reference	Broth X1	Broth X2	Broth X3	Broth Y
ASAT (U/l)	14	181.87±1.23	192.53±20	190.17±3.01	196.6±19	162.06±12.62
	28	189.3±12	241.0±11	201.56±14	265.36±24	248.7±23
ALAT (U/l)	14	51.63±4.4	52.9±11.7	50.5±23.1	53.83±28	53.1±15.66
	28	50.53±5.9	57.93±5	59±2	68.86±11	65.23±0.7
GGTI (U/l)	14	4±1.5	2.67±0.3 ^{b*}	2.7±0.3 ^{b*}	3±1 ^{b*}	9.33±1.3 ^{a*}
	28	4.33±0.8	4±1 ^{b*}	3.67±1 ^{b*}	4.66±0.3 ^{b*}	12.3±0.8 ^{a*}
LDH (U/l)	14	1682.67±18	1673.33±50 ^{b*}	1640.67±20.6 ^{b*}	1485.33±28 ^{b***}	1990.33±29 ^{a*}
	28	2089.66±72	2087.67±36 ^{b***}	1992.33±21 ^{b***}	2587±13 ^{a***}	2678.67±36 ^{a***}
CPK (U/l)	14	1087.67±22	1038.33±29 ^{b***}	1042.66±64 ^{b***}	1216.66±17 ^{b***}	1600.67±14 ^{a***}
	28	1652.66±14	1656.6±30 ^{b***}	1730.66±30 ^{b***}	2385.66±33 ^{a,b***}	2645.6±36 ^{a***}

Values are expressed as Means±Errors, n = 3. Mean GGTI, LDH and CPK values of control broth batch rats indicate significant differences from control (p<0.05) near 14 and 28 days of treatment. Similarly, mean LDH and CPK values of experimental broth-treated rats indicate significant differences from control (p<0.05) near 28 days of treatment. ^{a*}: Weakly significant compared with control rats (p<0.05), ^{a**}: Low significance compared with control rats (p<0.01), ^{a***}: Compared with control rats (p<0.001); ^{b*}: Weakly significant compared with Y broth-treated rats (p<0.05), ^{b**}: Not significant compared with Y broth-treated rats (p<0.01), ^{b***}: Significant compared with Y broth-treated rats (p<0.001), ALAT: Alanine aminotransferase, ASAT: Aspartate aminotransferase, GGT: Gamma glutamyl transferase, LDH: Lactate dehydrogenase activity and CPK: Creatine phosphokinase activity

Potassium (K) concentration: Mean potassium concentrations after two weeks of treatment in control and control broth-treated rats were 7.066±0.28 and 9.46±1.08 mEq/L, respectively. In rats treated with experimental broth at different doses, concentrations ranged from 7.53±0.59 to 9.93±0.9 mEq/L. At the end of treatment, the potassium concentration was 7.16±0.29 mEq/L (control rats). In rats treated with control broth, potassium concentration showed a slight, non-significant decrease at the end of treatment. It fell from 9.46±1.08 to 7.16±0.4 mEq/L. Also, at the end of the treatments, potassium concentration in rats treated with experimental broth at doses X1 and X2 showed non-significant decreases (p>0.05). However, in rats treated with broth at dose X3, a slight non-significant increase from 8.23±1.39 to 9.7±0.9 mEq/L was reported.

Furthermore, no significant differences were observed during this period between the potassium concentrations of control rats and those of rats treated with control and experimental broth (Table 2).

Chloride (Cl) concentration: After 14 days of treatment, chloride concentrations in rats were 105.67±0.33, 106.33±0.33, 105.66±0.33, 104±1.5 and 105.33±2 mEq/L, respectively for the experimental broth batches (0.25, 3 and 6 g) and the commercial broth batch (3 g). After 28 days of treatment, mean chloride concentration values were 107±1.15 mEq/L in control rats and 106±0.57 mEq/L in rats fed the control broth. For rats treated with experimental broth, values ranged from 105.6±1.6 to 107.33±1.4 mEq/L. No significant variation was observed in the chloride concentrations of rats on day 14th and those on day 28th of treatment. Similarly, no significant difference was observed between the chlorine concentrations of control rats

and those of rats treated with control and experimental broth (Table 2).

Effect of broth on enzyme activity

Effect on aspartate aminotransferase (ASAT): The mean ASAT activity values obtained from the rats are shown in Table 3. The ASAT values for control rats were 181.87±1.23 U/l (14 days) and 189.3±12 U/l (28 days). After 14 days of treatment, ASAT values in rats fed the experimental broth ranged from 190.17±3.01 to 196.6±19 U/l. The ASAT levels in rats fed control broth after 14 days of treatment were 162.06±12.62 U/l. There was a non-significant decrease (p>0.05) in the ASAT concentration of control broth-treated rats compared with the other batches. At the end of treatment, the ASAT concentration of rats treated with experimental broth showed significant increases of 48.47 (Broth X1), 11.39 (Broth X2) and 11.36 (Broth X3). Rats treated with control broth showed the strongest increase (86.64 U/l).

Effect on alanine aminotransferase (ALAT): The mean ALAT values obtained in the different batches are shown in Table 3. On day 14 of treatment, ALAT concentration values were 51.63±4.4, 52.9±11.7, 50.5±23.1, 53.83±28 and 53.1±15.66 U/l, respectively in the control, experimental broth at doses X1, X2 and X3 and control broth Y batches. Statistical analysis revealed no significant difference between ALAT concentration values in control and treated rats.

As for day 28th, ALAT concentrations were 50.53±5.9, 57.93±5, 59±2, 68.86±11 and 65.23±0.7 U/l, respectively for rats from control, Broth X1, X2, X3 and control broth batches. Statistical analysis showed no significant variation between control and treated rats.

Effect on Gamma Glutamyl Transferase (GGT): The mean GGT values after 14 days of treatment were 4 ± 1.5 , 2.67 ± 0.3 , 2.67 ± 0.3 and 3 ± 1 U/l for Control, Broth X1, Broth X2 and Broth X3 rats. The activity values of rats from this lot at the end of the experiment were 4.33 ± 0.8 , 4 ± 1 , 3.67 ± 1 and 4.66 ± 0.3 U/l. The GGT values of rats from the control broth lot were 9.33 ± 1.3 U/l on day 14 and 12.3 ± 0.8 U/l on day 28. Statistical analyses revealed a significant difference ($p < 0.05$) in the GGT activity of rats treated with control broth compared with that of control rats. However, no significant difference ($p > 0.05$) was observed between control and experimental broth-treated rats. In comparison of the two broths (experimental and control) a significant difference ($p < 0.05$) was observed between the concentrations of the different doses from experimental broth 0.25, 3 and 6 g/kg to control broth 3 g/kg body weight (Table 3).

Effect on Lactate Dehydrogenase (LDH) activity: The mean LDH values of control and control broth-treated rats after 14 days of treatment were 1682.67 ± 18 and 1990.33 ± 29 U/l, respectively. Statistical analysis revealed a highly significant difference ($p < 0.001$) in the LDH concentrations of rats from the experimental broth batch compared with those from control rats. The LDH concentrations ranged from 1485.33 ± 28 to 1673.33 ± 50 U/l. No significant differences were observed compared with controls. At the end of treatment, highly significant increases ($p < 0.001$) in rat LDH concentrations were observed in all batches. These values were 2089.66 ± 72 , 2087.67 ± 36 , 1992.33 ± 21 , 2587 ± 13 and 2678.67 ± 36 U/l, respectively for control batches, experimental broth at concentrations of 0.25, 3 and 6 g/kg and control broth 3 g/kg body weight. Similarly, statistical analysis revealed a significant difference ($p < 0.001$) in the LDH activity of rats treated with experimental broth and those treated with control broth compared with control rats on the 28th day. When comparing the two broths (experimental and control), a significant difference was observed between the concentrations of the different doses of experimental broth 0.25, 3 and 6 g/kg and control broth at 3 g/kg body weight at D14 and D28. This difference was particularly noticeable with the first two doses of experimental broth.

Effect on Creatine Phosphokinase (CPK) activity: The mean CPK values of control and experimental broth-treated rats after 14 days of treatment were 1087.67 ± 22 and 1600.67 ± 14 U/l, respectively. Statistical analysis revealed a significant difference ($p < 0.001$) in CPK concentrations between experimental broth-treated and control rats. The CPK activity values in experimental broth-treated rats ranged from 1038.33 ± 29 to 1216.66 ± 17 U/l. At the end of treatment,

a highly significant increase ($p < 0.001$) in rat CPK activity was observed in all batches. These values were 1652.66 ± 14 , 1656.6 ± 30 , 1730.66 ± 30 , 2385.66 ± 33 and 2645.6 ± 36 , respectively for control, Broth X1, X2, X3 and control broth Y batches. Similarly, statistical analysis revealed a significant difference ($p < 0.001$) in CPK activity between experimental and control broth-treated rats compared with control rats on the 28th day of treatment. Values are expressed as Means $\pm$ Standard Errors, $n = 3$. Mean GGT, LDH and CPK values of control broth batch rats show significant differences from control ($p < 0.05$) at 14 and 28 days of treatment. Similarly, the mean LDH and CPK values of broth-treated rats indicated significant differences from control ($p < 0.05$) near 28 days of treatment. In the comparison of the two broths (experimental and control), a significant difference ($p < 0.05$) was observed between the concentrations of experimental broth at doses 0.25, 3 and 6 g/kg and control broth at 3 g/kg body weight (Table 3).

Effects of broth on renal function in rats

Effect on urea: The urea concentrations in rats from different batches after 14 days of treatment were 0.45 ± 0.02 , 0.39 ± 0.02 , 0.54 ± 0.05 , 0.39 ± 0 and 0.43 ± 0.08 mg/L, respectively for control, experimental broth at different doses 0.25, 3 and 6 g/kg and control broth at 3 g/kg body weight. Statistical analysis revealed no significant difference between control and treated rats.

After 28 days of treatment, urea concentrations were 0.45 ± 0.03 mg/L in control rats and 0.31 ± 0.04 mg/L in rats treated with control broth (Y). For rats treated with experimental broth (X), urea concentrations ranged from 0.42 ± 0.03 to 0.58 ± 0.07 mg/L. No significant variation was observed between the urea concentrations of rats on 14th and 28th days of treatment. Furthermore, no significant differences were observed in urea concentrations between control rats and those treated with broth X and Y (Table 4).

Effects on creatinine: Mean creatinine levels at D14 and D28 are shown in the table. After 14 days of rat treatment, creatinine levels were 4.33 ± 0.3 , 4.33 ± 0.33 , 5.33 ± 0.88 , 3.33 ± 0.3 and 3 ± 0.58 g/L. Significant analysis of rat creatinine levels after 14 days of treatment revealed no significant difference between treated and control rats. At the end of treatment, there was a non-significant change in creatinine levels in rats on the 28th day of treatment compared with creatinine levels in rats on the 14th day. Creatinine levels in control and broth-treated rats were 5 ± 0.57 and 4.33 ± 0.3 g/L, respectively. Those of control rats ranged from 5 ± 0.57 to 6.33 ± 0.8 g/L (Table 4).

Table 4: Influence of broths on renal function in rats

Parameter	Date	Reference	Broth X1	Broth X2	Broth X3	Broth Y
Urea (mg/L)	14	0.45±0.02	0.39±0.02	0.54±0.05	0.39±0	0.43±0.08
	28	0.45±0.03	0.42±0.03	0.49±0.02	0.58±0.07	0.31±0.04
Creatine (g/L)	14	4.33±0.3	4.33±0.33	5.33±0.88	3.33±0.3	3±0.58
	28	5±0.57	5±0.57	5.67±0.66	6.33±0.8	4.33±0.3

Values are expressed as Means±Errors, n = 3. Differences between batches are not significant (p>0.05)

Table 5: Influence of broth on erythrocyte parameters

Parameter	Date	Reference	Broth X1	Broth X2	Broth X3	Broth Y
RBC (10 ⁶ /μL)	14	7.15±0.07	7.25±0.05	7.22±0.09	7.11±0.12	7.49±0.24
	28	6.64±0.49	6.7±0.2	7.08±0.1	6.43±0.09	7.053±0.37
WBC (10 ³ /μL)	14	11.80±1	15.86±1.65	14.28±0.99	14.75±2.6	15.94±0.94
	28	15.47±2	13.44±1	13.38±1	17.81±0.67	14.89±0.68
HGB (g/dL)	14	12.16±0.2	12.06±0.237	12.03±0.4	11.7±0.5	12.23±0.26
	28	11.76±0.29	12.53±0.1	11.8±0.18	12.66±0.08	12.93±0.4
PLT (10 ³ /μL)	14	760.33±13	859±24	635±83.9	963±13.5	897.66±98
	28	952±11	1014±80	1195.33±28	1263.33±90	995.6±12

Values are expressed as Means±Errors, n = 3. Differences between batches are not significant (p>0.05), RBC: Red blood cells, WBC: White blood cells, HGB: Hemoglobin and PLT: Platelets

Effects of broth on haematological parameters

Effect on erythrocyte parameters: Mean red blood cell (RBC) levels in control rats were 7.15±0.07 10⁶/μL (D14) and 6.64±0.49 10⁶/μL (D28). Those of rats treated with control broth were 7.49±0.24 10⁶/μL (D14) and 7.053±0.37 10⁶/μL (D28). For rats treated with experimental broth, levels ranged from 7.11±0.12 to 7.25±0.05 10⁶/μL (D14) and from 6.43±0.09 to 7.08±0.1 10⁶/μL on 28th days of treatment. Statistical analysis showed no significant difference (p>0.05) between red blood cell levels in control and treated rats (Table 5).

Mean White Blood Cell (WBC) counts in control rats were 11.80±1.00 10³/μL (D14) and 15.47±2.00 10³/μL (D28). Those of control broth-treated rats were 15.94±0.94 10³/μL (D14) and 14.89±0.68 10³/μL (D28). For rats treated with experimental broth, levels ranged from 14.28±0.99 to 15.86±1.65 10³/μL (D14) and from 13.38±1.00 to 17.81±0.67 10³/μL on 28th days of treatment. Statistical analysis showed no significant difference (p>0.05) between white blood cell levels of control and treated rats.

Hemoglobin (HGB) concentrations in control rats were 12.16±0.2 g/dL (D14) and 11.76±0.29 g/dL (D28), while those in control broth were 12.23±0.26 g/dL (D14) and 12.93±0.4 g/dL (D28). The Hb concentrations in experimental broth rats ranged from 11.7±0.5 to 12.06±0.023 g/dL after 14 days of treatment and from 11.8±0.18 to 12.66±0.08 g/dL after 28 days of treatment. Statistical analysis revealed no significant difference (p-value) between the Hb concentrations of control and treated rats.

Platelet (PLT) levels in control rats were 760.33±13 10³/μL (D14) and 952±11 10³/μL (D28) and those in rats fed control broth were 897.66±98 and 995.6±12 10³/μL.

Platelet levels in experimental broth-fed rats ranged from 635±83.9 to 963±13.5 10³/μL, after 14 days of treatment and from 1014±80 to 1263.33±90 10³/μL after 28 days of treatment. Significant increases (p<0.01) in platelet levels were observed in all batches, moreover, these increases were more marked in rats treated with experimental broth, for Broth X1, platelet levels increased by 155 and 560 10³/μL (Broth X2) and 300 10³/μL (Broth X3).

Effect of broth on leukocyte parameters

Effect on neutrophil percentage: The mean neutrophil values obtained during the different treatments after 14 days of treatment were 19.66±3.96, 24.16±4.4, 15.06±4.1, 15.03±3 and 18.13±3.16%, respectively for rats in the control, experimental broth 0.25, 3 and 6 g/kg and control broth 3 g/kg body weight batches. Statistical analysis revealed no significant difference (p>0.05) between rats in the treated and control batches. After 28 days of treatment, neutrophil percentages were 18.572.7±55, 19.1±0.9, 11.8±4.6, 15.6±1 and 21.47±3.2%. There was no significant variation in broth effects on the percentage of lymphocytes (Fig. 2-3).

Effect on lymphocyte percentage: The effects of broths (experimental and control) on lymphocyte levels were most marked during blood assays of rats in the 14 and 28 day batches. Lymphocyte percentages in control rats were 71.86±5.7% (D14) and 75.26±1.84% (D28). In rats treated with experimental broth, lymphocyte percentages ranged from 64.8±8 to 76.03±3.14% (day 14) and 67.1±3 to 76.03±3.14% (day 28). For rats fed with control broth, lymphocyte percentages were 76.03±3.14% (day 14) and 78.5±4% (day 28) (Fig. 2-3).

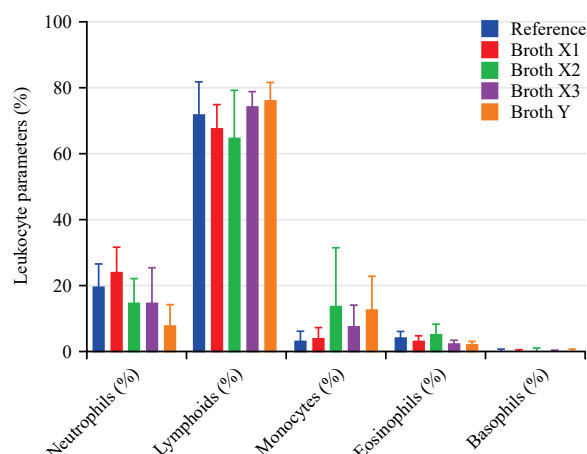


Fig. 2: Leukocyte parameters of rats after 14 days of treatment

Values are expressed as Means $\pm$ Errors, n = 3. Differences between batches are not significant ($p > 0.05$)

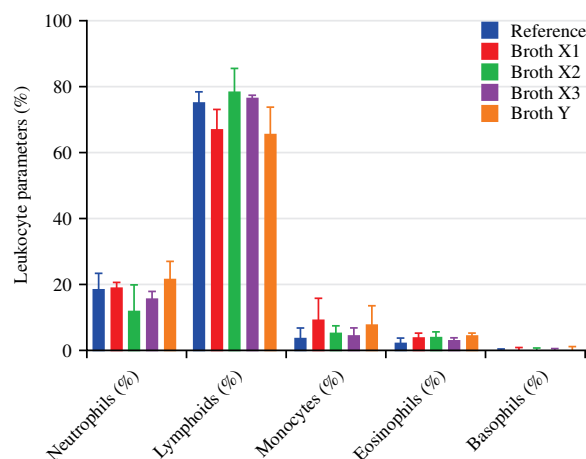


Fig. 3: Leukocyte parameters after 28 days of treatment

Values are expressed as Means $\pm$ Errors, n = 3. Differences between batches are not significant ($p > 0.05$)

Effect on basophil and eosinophil percentages: Basophils and eosinophils were the cells with the lowest percentages during the different assays. Eosinophil percentages were 0.53 ± 0.18 , 0.5 ± 0.1 , 0.73 ± 0.3 , 0.33 ± 0.1 and $0.53 \pm 0.17\%$ after 14 days of treatment and 0.23 ± 0.03 , 0.4 ± 0.1 , 0.43 ± 0.1 , 0.33 ± 0.03 and $0.57 \pm 0.02\%$ after 28 days of treatment respectively to control batches, treated with experimental broth 0.25, 3 and 6 g/kg to control broth 3 g/kg body weight. Eosinophil percentages were 2.13 ± 1 , 4.03 ± 0.6 , 3.97 ± 0.9 , 3 ± 0.4 and $4.53 \pm 0.37\%$ (Fig. 2-3).

DISCUSSION

This study assessed physical, biochemical and hematological parameters during daily gavage administration of experimental and control broth to rats. The results showed

that there was no decrease in rat body weight over the course of the experiment in treated and control animals. Nevertheless, the increase in weight of rats treated with experimental broth was small compared with control rats, with a significant difference in rats treated with experimental broth at dose 3 (6 g/kg). This small variation in the weight of rats treated with experimental broth shows that experimental broth induces neither increased body growth nor decreased body mass. This normal body growth in animals that consumed the experimental broth would be due to the presence of nutritional molecules in the biological formulation such as vegetable proteins and fibers that promote intestinal transit (good digestion)¹¹. In fact, changes in body mass are a reliable indicator of the physiological state of animals in general and rats in particular. It reflects the proper functioning or dysfunction of the organism.

Various organs such as the heart, liver and kidneys can be the target of xenobiotic substances. Alterations in the relative mass of these organs reflect the toxicity of a substance¹². The experimental broth did not affect the relative mass of rat organs. The absence of toxicity of our broth, composed mainly of *néré*, justifies the use of *néré* flour in various African diets in the form of *soumara*¹³.

The experimental broth induced no significant variation in ASAT and ALAT transaminase activities in treated animals compared with controls. This lack of variation shows that experimental broth did not affect the integrity of liver tissue. Indeed, any disturbance in these parameters would be due to tissue necrosis or destruction of the liver parenchyma¹⁴. On the other hand, the experimental broth did not cause any disturbance in GGT levels, an enzyme found particularly in the liver, bile ducts, kidney and bone¹⁵. However, the elevated GGT levels observed in rats fed the control broth indicate that this product may have disrupted GGT secretion or release. Indeed, GGTs are enzymes present in the liver and their increase in the circulation generally indicates hepatic insufficiency, cholestasis, biliary cirrhosis or disorganization of hepatic architecture¹⁶.

In addition, significant differences were observed in enzymes characterizing biomarkers of heart tissue integrity such as CPK and LDH in rats treated with a high dose of experimental broth (6 g/kg body weight) after 28 days. On the other hand, in animals treated with control broth, the sharp increase in these enzymes from day 14th and at a lower dose (3 g/kg body weight) shows that control broth has considerable effects on heart architecture compared with experimental broth. The sharp increase in the concentrations of the enzymes CPK and LDH shows that experimental broth has a significant effect on the activities of these enzymes¹⁷. *Soumara* combined with spices could thus be a powerful antioxidant with anti-hypertensive properties and improve cardiac activity¹³. Regarding the influence of experimental and control broth on the kidneys, no changes were observed in kidney metabolites (creatinine and urea) or electrolytes (sodium, potassium and chloride). Indeed, any substance capable of modifying these various renal functions (glomerular filtration, tubular reabsorption and secretion) inevitably leads to changes in plasma concentrations of urea, creatinine, sodium, potassium and chloride^{16,17}. In fact, *soumara* provides numerous high-quality nutrients (proteins, lipids, carbohydrates, iodine and various vitamins). It is a very important source of quality food and nutrition, with beneficial effects on people's health¹².

In this study, the effects of experimental and control broth on blood cells were assessed by means of hematological analyses. The analyses showed no significant differences in erythrocyte parameters (red blood cells, white blood cells,

platelets and hemoglobins)¹⁸. Nevertheless, the increase in platelet and hemoglobin levels shows that the experimental broth is a good immunostimulant for vascular endothelial protection, since platelets are the protective cells of the vascular endothelium against free radical damage. The broths did not affect the rats' immune systems. In fact, reduced lymphocyte levels are an indicator of a weak immune system and predispose the body to opportunistic diseases. This reduction is thought to be due to the action of phytosterols and flavonoids¹⁹. *Soumara* also provides all the amino acids essential to the body, as well as iron (around 15.5 mg/100 g) and vitamin C to limit the risk of scurvy. This richness in iron indicates that cowpea flour is a powerful immunomodulator in cases of anemia¹⁴. It boosts immune defenses, particularly in cancer prevention. The therapeutic effects of the experimental broth are largely due to the nutritional and therapeutic value of *soumara* contained in the broth. *Néré* flour has anti-malarial, laxative and anti-hypertensive properties²⁰.

CONCLUSION

All in all, these results give grounds for optimism regarding the possible use of this culinary formulation in food. The absence of any difference in physiological anomalies throughout the experiment with the first two doses (0.25 and 3 g/kg body weight) explains the absence of harmful effects. The results showed that the new broth contains very good phytochemical and mineral values and satisfactory antioxidant properties. Confirmation of the biochemical and hematological parameters suggests that this food broth, whose composition is based on natural ingredients, could be recommended for consumption and, thanks to its properties, could play an important role in preventing and combating certain metabolic diseases.

SIGNIFICANCE STATEMENT

The aim of this study was to assess the bio-tolerance of a *néré*-based dietary supplement in broth form in rats. The toxicological analysis of our study broth containing a high percentage of *néré* fruit formulated at the IPCI was carried out in comparison to a control broth which is a culinary broth available on the Ivorian market. Thus, rats with an average weight received the different broths orally for twenty eight days. The blood of these rats was collected for toxicological biomarkers analysis. The experimental broth showed good bio-tolerance without toxicity in treated rats and good immunoregulatory activity. These results justify the numerous uses of *néré* fruits in African dishes.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all of the participants and healthy volunteers who consented to take part in this present study. We do not forget to thank the head of Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Prof. Dosso Mireille.

REFERENCES

- Dossou-Yovo, P., L.T.C. Tossou, A. Sezan and R.A.C. Yelouassi, 2016. Evaluation of the nutritional quality of the most consumed seasonings named «cube» in South of Benin. *Int. J. Innovation Appl. Stud.*, 17: 94-99.
- Al-Subhi, F.M.M., 2013. Evaluation of mushrooms broth cube and its compared with Maggi broth cube products in Saudi Arabia. *J. Am. Sci.*, 9: 250-255.
- Klassen-Wigger, P., M. Geraets, M.C. Messier, P. Detzel, H.P. Lenoble and D.V. Barclay, 2018. Micronutrient Fortification of Bouillon Cubes in Central and West Africa. In: *Food Fortification in a Globalized World*, Mannar, M.G.V. and R.F. Hurrell (Eds.), Academic Press, Cambridge, Massachusetts, ISBN: 9780128028612, pp: 363-372.
- Campbell-Platt, G., 1980. African locust bean (*Parkia* species) and its West African fermented food product, dawadawa. *Ecol. Food Nutr.*, 9: 123-132.
- Teklehaimanot, Z., 2004. Exploiting the Potential of Indigenous Agroforestry Trees: *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* in Sub-Saharan Africa. In: *New Vistas in Agroforestry: A Compendium for 1st World Congress of Agroforestry*, 2004, Nair, P.K.R., M.R. Rao and L.E. Buck (Eds.), Springer, Dordrecht, Netherlands, ISBN: 978-94-010-8090-3, pp: 207-220.
- Appia, V.K., D.A. Zadou and K.H. Kouassi, 2023. Social value of the néré tree in the Gour cultural area in Ivory Coast [In Indonesian]. *Eur. Sci. J.*, 19: 91-105.
- Almeida, M.M.B., P.H.M. de Sousa, M.L. Fonseca, C.E.C. Magalhães, M. de Fátima Gomes Lopes and T.L.G. de Lemos, 2009. Evaluation of macro and micro-mineral content in tropical fruits cultivated in the Northeast of Brazil. *Cienc. Technol. Alimentos*, 29: 581-586.
- Kassi, Y., K.J. Aka, K.J.C. Abo, A. Méa, S.A.N. Bi and E.E. Ehilé, 2008. Antihypertensive effect of an aqueous extract from *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) bark of trunk on the rabbit blood pressure [In French]. *Sci. Nat.*, 5: 133-143.
- FAO, 2016. The State of Food and Agriculture 2016: Climate Change, Agriculture and Food Security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, ISBN: 978-92-5-109374-0, Pages: 173.
- Diehl, K.H., R. Hull, D. Morton, R. Pfister and Y. Rabemampianina *et al.*, 2001. A good practice guide to the administration of substances and removal of blood, including routes and volumes. *J. Appl. Toxicol.*, 21: 15-23.
- Rosman, N., W.N.W. Salleh, M.A. Mohamed, J. Jaafar, A.F. Ismail and Z. Harun, 2018. Hybrid membrane filtration-advanced oxidation processes for removal of pharmaceutical residue. *J. Colloid Interface Sci.*, 532: 236-260.
- OECD, 2008. Test No. 407: Repeated Dose 28-Day Oral Toxicity Study in Rodents. In: *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals*, Section 4, OECD, OECD Publishing, Malaysia, ISBN: 9789264070684, Pages: 1-13.
- Coulibaly, O.S., M. Koné and A. Ouattara, 2022. Effects of the aqueous and ethanolic extracts of fermented seeds of *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) on some markers of the oxidative stress in rats made hypertensive. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 16: 2506-2515.
- Adeneye, A.A., O.P. Ajagbonna, T.I. Adeleke and S.O. Bello, 2006. Preliminary toxicity and phytochemical studies of the stem bark aqueous extract of *Musanga cecropioides* in rats. *J. Ethnopharmacol.*, 105: 374-379.
- Akhtar, M., C. Holmgren, A. Göndör, M. Vesterlund, C. Kanduri, C. Larsson and T.J. Ekström, 2012. Cell type and context-specific function of PLAG1 for IGF2 P3 promoter activity. *Int. J. Oncol.*, 41: 1959-1966.
- Hossain, M.S., K.M. Akter-Uz-Zaman, M. Nurul Amin, R. Ahammed and M. Emdadul Haque *et al.*, 2017. Association of biochemical parameters with renal functions of end stage renal disease (ESRD) patients of Bangladesh. *J. Bioanal. Biomed.*, 9: 294-298.
- Gowda, S., P.B. Desai, S.S. Kulkarni, V.V. Hull, A.A.K. Math and S.N. Vernekar, 2010. Markers of renal function tests. *North Am. J. Med. Sci.*, 2: 170-173.
- El Hilaly, J., Z.H. Israili and B. Lyoussi, 2004. Acute and chronic toxicological studies of *Ajuga iva* in experimental animals. *J. Ethnopharmacol.*, 91: 43-50.
- Olson, H., G. Betton, D. Robinson, K. Thomas and A. Monro *et al.*, 2000. Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 32: 56-67.
- Iweala, E.E.J., F.O. Uhegbu and O. Obidoa, 2009. Biochemical and histological changes associated with long term consumption of *Gnetum africanum* Welw. leaves in rats. *Asian J. Biochem.*, 4: 125-132.

Résumé

Les bouillons d'assaisonnement, ingrédients indispensables dans plus de 80 % des ménages, présenteraient des risques pour la santé des consommateurs, au regard des additifs alimentaires et du Glutamate monosodique ou GMS (E 621) qu'ils contiennent. L'objectif général de cette étude est de contribuer à la préservation de la santé des populations en Côte d'Ivoire par la conception d'un bouillon alimentaire naturel à base de grains fermentés néré (*Parkia biglobosa*), connus pour leurs vertus nutritionnelles. Pour cette étude, après une enquête de consommation menée dans 656 ménages de trois villes (Abidjan, Bouaké et Daloa), un bouillon à base de soumara, d'ail, d'oignon, de persil, de gingembre et de poivre vert a été formulé. Celui-ci a subi des analyses physico-chimiques, nutritionnelle et microbiologique. Le test de classement hédonique a été employé pour évaluer le caractère sensoriel du bouillon formulé. La chromatographie en phase gazeuse (CPG) a permis de déterminer la composition en acides gras. Les résultats de cette étude ont révélé l'absence de pathogènes dans le Néré bouillon formulé. Une Date Limite de Consommation (DLC) de 186,89 jours mis en évidence. De plus, les proportions bien choisies des ingrédients garantissent une saveur et une acceptabilité sensorielles élevées. Le Néré bouillon formulé a montré également de bonnes valeurs phytochimiques, minérales et des propriétés antioxydantes satisfaisantes doublé d'une bonne bio-tolérance. Ce bouillon alimentaire pourrait être recommandé à la consommation et jouerait de par ses propriétés, un rôle important dans la prévention et la lutte contre certaines maladies métaboliques. Toutefois, des études complémentaires sont nécessaires avant sa vulgarisation.

Mots clés : Bouillon alimentaire, Glutamate monosodique, Soumara, Côte d'Ivoire.

Abstract

Seasoning broths, an essential ingredient in over 80% of households, are thought to pose health risks to consumers due to the food additives and monosodium glutamate (MSG) they contain. The overall objective of this study is to contribute to the health preservation of populations in Côte d'Ivoire by developing a natural food broth based of fermented grains on néré (*Parkia biglobosa*), known for its nutritional benefits. For this study, following a consumer survey conducted in 656 households in three cities (Abidjan, Bouaké, and Daloa), a broth based on soumara, garlic, onion, parsley, ginger, and green pepper was formulated. This broth underwent physicochemical, nutritional, and microbiological analyses. The hedonic ranking test was used to evaluate the sensory quality of the formulated broth. Gas chromatography (GC) was used to determine the fatty acid composition. The results of this study revealed the absence of pathogens in the formulated Néré broth. A Best Before Date (BBD) of 186.89 days was demonstrated. Furthermore, the carefully selected proportions of ingredients ensure high flavor and sensory acceptability. The formulated Néré broth also demonstrated good phytochemical and mineral values, satisfactory antioxidant properties, and good biotolerance. This food broth could be recommended for consumption and, due to its properties, could play an important role in the prevention and control of certain metabolic diseases. However, further studies are needed before its widespread use.

Keywords: Food broth, Monosodium glutamate, Soumara, Côte d'Ivoire.

UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

THESE DE DOCTORAT

Formulation et évaluation de la qualité sanitaire d'un
bouillon alimentaire à base de grains fermentés de
néré (*parkia biglobosa*) en Côte d'Ivoire

ANNEE : 2024-2025
N°D'ORDRE 150

BAMBA
LASSANA