



THÈSE DE DOCTORAT

FORMATION DOCTORALE

AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT TROPICAL

Mention : **Biologie-Santé**

Spécialité : **Biochimie et Pharmacologie**

THÈME :

Evaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de *Anthocleista nobilis* sur les souches bactériennes multirésistantes responsables d'infections urinaires dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)

Prénoms : Kouamé Abraham

NOM : N'GUESSAN

JURY

Président : Madame, TRAORE-Ouattara Karidia, Professeur Titulaire, Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ

Directeur : M. ANGAMAN Djédoux Maxime, Professeur Titulaire, Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ

Rapporteur : M. OUATTARA Bazoumana Djandé Samuel, Maître de Conférences, Université Péléforo GON COULIBALY

Examineur : M. ACKAH Jacques Auguste A.B, Professeur Titulaire, Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ

Examineur : M. N'GORAN Koua Serge Beranger, Maître de Recherche, Centre National de Floristique

Soutenue le 21/02/2026

TABLE DE MATIERES

DEDICACE.....	viii
REMERCIEMENTS	ix
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	xii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES FIGURES	xiv
LISTE DES ANNEXES	xvi
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	6
1.1. INFECTIONS DES VOIES URINAIRES (IVU)	7
1.1.1. Définitions des infections des voies urinaires	7
1.1.2. Classification et symptômes des infections urinaires (IU).....	7
1.1.2.1. Classification des infections urinaires	7
1.1.2.1.1. Selon la localisation.....	7
1.1.2.1.1.1. Infections de l'appareil urinaire basses.	8
1.1.2.1.1.1.1. Cystite.....	8
1.1.2.1.1.1.2. Urétrite	8
1.1.2.1.1.1.3. Prostatite.....	8
1.1.2.1.1.2. Infections urinaires hautes : pyélonéphrite.....	9
1.1.2.1.2. Selon la complication	10
1.1.2.1.2.1. Infections urinaires simples.....	10
1.1.2.1.2.2. Infections urinaires compliquées.....	10
1.1.2.2. Symptômes des infections urinaires	10
1.1.3. Mode de transmission et mécanisme des infections des voies urinaires.....	11
1.1.3.1. Mode de transmission des IVU	11
1.1.3.2. Mécanisme des IVU	12
1.1.4. Facteurs favorisant les infections urinaires (IU)	13
1.2. EPIDEMIOLOGIE DES INFECTIONS URINAIRES.....	15
1.3. QUELQUES MICROORGANISMES RESPONSABLES DES INFECTIONS DES VOIES URINAIRES	18
1.3.1. Bacilles à Gram négatif	18

1.3.1.1. <i>Escherichia coli</i>	18
1.3.1.2. <i>Proteus</i>	18
1.3.1.3. <i>Klebsiella</i>	18
1.3.1.4. <i>Enterobacter</i>	19
1.3.1.5. <i>Pseudomonas</i>	19
1.3.2. Cocci à Gram Positif.....	19
1.3.2.1. Streptocoques.....	20
1.3.2.2. Staphylocoques.....	20
1.4. RESISTANCE BACTERIENNE AUX ANTIBIOTIQUES.....	20
1.4.1. Définition des antibiotiques.....	21
1.4.2. Classification des antibiotiques.....	21
1.4.2.1. Bêtalactamines.....	22
1.4.2.1.1. Pénicillines.....	22
1.4.2.1.2. Carbapénèmes.....	23
1.4.2.1.3. Monobactames.....	24
1.4.2.2. Macrolides.....	24
1.4.2.3. Aminosides.....	24
1.4.2.4. Quinolones.....	25
1.4.3. Résistance aux antibiotiques.....	25
1.4.3.1. Origine des résistances aux antibiotiques.....	26
1.4.3.2. Types de résistance aux antibiotiques.....	26
1.4.3.2.1. Résistance naturelle.....	26
1.4.3.2.2. Résistance acquise.....	27
1.4.3.2.2.1. Transformation.....	27
1.4.3.2.2.2. Transduction.....	28
1.4.3.2.2.3. Conjugaison.....	28
1.4.3.3. Plasmides et dissémination des gènes de résistance.....	28
1.4.3.4. Multirésistance.....	29
1.4.3.5. Mécanisme de résistance aux antibiotiques.....	30
1.4.3.5.1. Inactivation enzymatique de l'antibiotique.....	30
1.4.3.5.2. Efflux actif.....	31
1.4.3.5.3. Modification ou remplacement de la cible.....	31
1.4.3.5.4. Perméabilité réduite de la molécule.....	32
1.4.3.6. Infections urinaires et la résistance aux antibiotiques.....	32

1.4.3.7. Coûts socioéconomiques de la résistance bactérienne aux antibiotiques	33
1.5. INTERET DES PLANTES MEDICINALES DANS LA LUTTE CONTRE LES BACTERIES MULTIRESISTANTES (BMR)	34
1.5.1. Médecines traditionnelles.....	34
1.5.1.1. Plantes médicinales : des réservoirs de composés bioactifs	35
1.5.1.2. Propriétés antimicrobiennes et antioxydantes des plantes médicinales.....	36
1.5.1.2.1. Activité antimicrobienne	37
1.5.1.1.2. Activité antioxydante et lien avec le traitement des infections	37
1.5.2. Limites des travaux antérieurs sur l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des IU	38
1.5.3. Présentation de <i>Anthocleista nobilis</i>	39
1.5.3.1. Classification et taxonomie	39
1.5.3.2. Description botanique.....	39
.....	40
1.5.3.3. Situation géographique et habitat	40
1.5.3.4. Usages traditionnels	40
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	41
2.1. MATERIEL	42
2.1.1. Matériel biologique	42
2.1.1.1. Matériel végétal.....	42
2.1.1.2. Bactéries testées	42
2.1.2. Matériel technique.....	42
2.1.3. Consommables et produits chimiques.....	43
2.1.3.1. Matériel de collecte des isolats bactériens reçus au CHR	43
2.1.3.2. Matériel pour la revivification et la culture des isolats bactériens	44
2.1.3.3. Milieux de culture et antibiotiques utilisés pour les tests d'antibiogramme et de sensibilité aux extraits de plantes	44
2.1.3.4. Matériel et réactifs pour l'extraction de l'ADN plasmidique et l'amplification	45
2.1.3.5. Solvants et réactifs pour le triphytochimique et l'activité antioxydante	45
2.2. METHODES	46
2.2.1. Enquête sur les plantes médicinales utilisées dans le traitement des IU dans la région du Haut-Sassandra.....	46
2.2.1.1. Choix des sites de l'enquête	46

2.2.1.2. Description de la zone d'étude	46
2.2.1.3. Collecte des échantillons	47
2.2.1.4. Indice ethnobotanique	48
2.2.1.4.1. Fréquence de citation (FC)	48
2.2.1.4.2. Fréquence relative de citation (FRC).....	48
2.2.1.4.3. Valeur d'usage ethnobotanique (VU)	48
2.2.1.4.4. Niveau de Fidélité (NF).....	49
2.2.1.4.5. Indice de Consensus des Informateurs (ICF)	49
2.2.2. Collecte des échantillons bactériens.....	49
2.2.3. Détermination de la sensibilité aux antibiotiques	49
2.2.3.1. Préparation de l'inoculum	50
2.2.3.2. Ensemencement.....	50
2.2.3.3. Dépôt des disques imprégnés d'antibiotique	50
2.2.3.4. Lecture.....	50
2.2.4. Recherche des gènes de résistance	51
2.2.4.1. Extraction de l'ADN plasmidique	51
2.2.4.2. Détection des gènes codant pour la résistance aux antibiotiques.	51
2.2.4.3. Electrophorèse sur gel d'agarose	53
2.2.4.3.1. Préparation du gel d'agarose.....	53
2.2.4.3.2. Migration des produits d'amplification et révélation	53
2.2.5. Evaluation de l'activité antibactérienne de <i>Anthocleista nobilis</i>	54
2.2.5.1. Préparation du matériel végétal	54
2.2.5.2. Tests d'efficacités des extraits végétaux en milieu solide.	54
2.2.5.3. Test de détermination des paramètres antimicrobiens des extraits végétaux en milieu liquide.....	55
2.2.5.3.1. Préparation de l'inoculum	55
2.2.5.3.2. Numération de l'inoculum.....	56
2.2.5.3.3. Inoculation.....	56
2.2.5.3.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	56
2.2.5.3.5. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB).....	56
2.2.6. Criblage Phytochimique	57
2.2.6.1. Test de détection des stérols et terpènes par la réaction de Lieberman et Burchard	57
2.2.6.2. Test de détection des polyphénols	57
2.2.6.3. Test de détection des flavonoïdes par la réaction à la cyanidine	58
2.2.6.4. Test de détection des leucoanthocyanes	58

2.2.6.5. Test de détection des anthocyanes.....	58
2.2.6.6. Tests de détection des tanins	58
2.2.6.6.1. Tanins catéchiques.....	58
2.2.6.6.2. Tanins galliques.....	58
2.2.6.7. Test de détection des alcaloïdes	58
2.2.6.8. Test de détection des saponosides	59
2.2.7. Dosage des métabolites secondaires	59
2.2.7.1. Détermination de la teneur des polyphénols totaux.....	59
2.2.7.2. Détermination de la teneur des flavonoïdes totaux	60
2.2.7.3. Détermination de la teneur en tanins condensés.....	60
2.2.7.4. Détermination de la teneur des tanins totaux.....	61
2.2.7. Activité antioxydante.....	61
2.2.7.1. Test d'inhibition du radical cationique ABTS•+	61
2.2.7.2. Test d'inhibition du radical DPPH	62
2.2.8. Analyses statistiques.....	63
2.2.8.1. Analyses des données d'enquête	63
2.2.8.2. Analyse des données antibactériennes et antioxydantes.....	63
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION.....	63
3.1. RESULTATS	64
3.1.1. Caractéristique de la population enquêtée.....	64
3.1.1.1. Caractéristiques sociodémographiques.....	64
3.1.1.2. Niveau de connaissance des plantes médicinales	66
3.1.1.3. Diversité des plantes médicinales utilisées pour traiter les IU	67
3.1.1.3.1. Analyse floristique.....	67
3.1.1.3.2. Fréquence d'usage des espèces	67
3.1.1.3.3. Relations entre les plantes, les hommes et leur environnement	69
3.1.1.3.4. Parties des plantes médicinales utilisées par les enquêtés	70
3.1.1.3.5. Méthodes de préparation et voies d'administration des recettes	71
3.1.2. Profil de résistance des espèces bactériennes identifiées des IVU.....	72
3.1.2.1. Profil de résistance d' <i>Escherichia coli</i> aux antibiotiques.....	72
3.1.2.2. Profil de résistance de <i>Staphylococcus aureus</i> aux antibiotiques.....	73
3.1.2.3. Profil de résistance de <i>Staphylococcus epidermidis</i> aux antibiotiques.....	74
3.1.2.4. Profil de résistance de <i>Enterococcus faecalis</i> aux antibiotiques	75
3.1.2.5. Résistance de <i>Enterobacter hormaechei</i> , <i>Shigella flexneri</i> et <i>Salmonella enterica</i> isolées des urines.....	76

3.1.2.6. Prévalence des phénotypes de résistance des souches isolées des IVU	78
3.1.3. Gènes associés aux mécanismes de résistances des souches bactériennes isolées des IVU.....	79
3.1.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits aqueux, éthanolique 70%, acétonique 70% et éther de pétrole 70%	80
3.1.4.1. Rendements des extraits	80
3.1.4.2. Sensibilité des isolats bactériens aux extraits de plante	81
3.1.4.2.1. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de <i>Anthocleista nobilis</i> sur les souches de <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Staphylococcus epidermidis</i>	81
3.1.4.2.2. Sensibilité des isolats bactériens aux extraits de plante en milieu liquide.....	93
3.1.5. Composition en métabolites secondaires des extraits de <i>Anthocleista nobilis</i>	95
3.1.6. Analyse quantitative des polyphénols, flavonoïdes, tanins totaux et condensés....	96
3.1.7. Activité antioxydante des extraits de <i>Anthocleista nobilis</i>	97
3.1.7.1. Test ABTS•+ (Acide 2,2-azino-bis-3-(ethylBenzoThiazoline-6-Sulfonique)).....	97
3.1.7.2. Test au radical libre 2,2-diphényl-1-picryl hydrazyl (DPPH)	98
3.2. DISCUSSION	100
Niveau de connaissance des plantes médicinales en fonction de certaines caractéristiques sociodémographiques	100
Diversité des plantes médicinales utilisées pour le traitement des IU	103
Parties des plantes utilisées, méthodes de préparation et voies d'administration des recettes	107
Niveau de résistance des bactéries isolées des IVU	111
Phénotypes de résistance aux antibiotiques et gènes associés aux mécanismes de résistances des bactériennes isolées des IVU	117
Activités antibactériennes des extraits aqueux, acétonique 70% et éthanolique 70% de <i>Anthocleista nobilis</i> sur les isolats de Staphylocoques isolés des IVU.....	122
Teneur en métabolites secondaires et activité antioxydante d'extrait de <i>Anthocleista nobilis</i>	131
CONCLUSION & PERSPECTIVES & RECOMMANDATIONS	139
REFERENCES.....	143
ANNEXES	xvii
PUBLICATION	xxv

Dédicace

DEDICACE

Je dédie cette thèse

A la mémoire de mon regretté père N'GUESSAN Kouassi,

A ma mère KOFFI Amenan

A mon Epouse YAO Valérie et

A mes enfants N'GUESSAN Affoué Moayé Miracle et KOUAME Amenan Miensa Tehillah

Remerciements

REMERCIEMENTS

Cette thèse est l'aboutissement de plusieurs années de travail, d'échanges, de collaboration, mais aussi de moments de doute et de découragement. Sa réalisation n'aurait pas été possible sans les apports scientifiques et le soutien de nombreuses personnes, que je tiens ici à remercier sincèrement.

Aux autorités de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ

Je tiens tout d'abord à exprimer ma reconnaissance aux autorités de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ, dont l'engagement constant a permis de créer un cadre favorable à l'élaboration de ce travail.

Mes remerciements vont tout particulièrement à Madame le Professeur ADOHI Krou Viviane, Présidente de l'Université, pour sa gestion efficace et son dévouement à la bonne marche de l'Institution.

Je remercie également les Vice-présidents de l'Université, le Professeur SORO Dogniméton et le Professeur KONE Issiaka, pour leur implication active dans la formation, la recherche et le rayonnement de notre Université au-delà des frontières nationales.

Je tiens à remercier tout particulièrement le Docteur KOUASSI Kouassi Clément, Maître de Conférences et Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) en Agroforesterie, pour m'avoir accordé son soutien dans le bon déroulement de ce travail. Son leadership éclairé ainsi que son engagement constant en faveur des étudiants ont largement contribué à la réussite de cette étude.

J'exprime également ma profonde gratitude au Professeur ACKAH Jacques Auguste Alfred, Vice-Directeur de l'UFR d'Agroforesterie, pour son implication continue en faveur de la qualité de l'enseignement et de la recherche. Sa disponibilité et la pertinence de ses conseils ont été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail. Je le remercie également d'avoir accepté d'en être examinateur.

Mes remerciements vont au Laboratoire d'Agro-valorisation de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE et tout particulièrement à son Directeur, le Professeur BEUGRE Grah Avit Maxwell, pour m'avoir permis la réalisation de cette étude.

A nos maîtres et juges

Remerciements

Je tiens à rendre un hommage appuyé à mon Directeur Scientifique, le Professeur ANGAMAN Djédoux Maxime, dont l'implication, la rigueur et l'exigence intellectuelle ont été des repères constants tout au long de ce travail. Il a su guider mes recherches avec une grande justesse, en apportant des éclairages scientifiques pertinents. Son expertise, sa capacité d'analyse critique et son sens de la pédagogie ont été des piliers essentiels dans l'élaboration de cette thèse. Je lui suis profondément reconnaissant pour sa patience, son écoute attentive et pour la confiance qu'il m'a toujours accordée, même dans les moments de doute.

J'adresse mes sincères remerciements à Madame TRAORE Karidia épouse OUATTARA, Professeur titulaire à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE, Présidente du jury, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider ce jury, ainsi que pour la qualité de son appréciation et ses orientations scientifiques.

Je remercie vivement Monsieur OUATTARA Bazoumana, Maître de Conférences à l'Université Péléforo Gon Coulibaly, Rapporteur de ce travail, pour la rigueur de son évaluation, la pertinence de ses observations et ses suggestions constructives qui ont contribué à l'amélioration de ce manuscrit.

Mes remerciements vont également à Monsieur N'GORAN Koua Beranger, Maître de Recherche au Centre National de Floristique, Examineur, pour l'intérêt porté à ce travail et pour ses remarques enrichissantes.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à tous les enseignants du parcours de BIOLOGIE-SANTÉ et à tous ceux qui ont contribué à notre formation, de près ou de loin, pour m'avoir ouvert le monde de la science. Mes remerciements vont aux Docteurs OBOUYEBA Abba Pacôme, OKOU Obou Constantin, KOFFI Allali Eugène, AKRE Djako Sosthène-Thierry. Grâce à vous, j'ai acquis de solides compétences et une passion renouvelée pour la recherche.

A tous ceux qui ont facilité mon intégration au Laboratoire de Bactériologie Virologie du CHR de Daloa

Je tiens donc à remercier tous ceux qui ont contribué à mon intégration et à mon adaptation à ce Laboratoire. Il s'agit de l'ensemble du personnel, avec à sa tête le Dr MONTHAUT Sylvia Vénérer Epse ZOKOU, Cheffe de Service et Monsieur ALLE Aguié Patrice, Biotechnologiste. Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments distingués. Je tiens aussi à vous remercier sincèrement de m'avoir accepté de réaliser une partie de mon projet dans votre laboratoire dans les meilleures conditions possibles. En effet, le temps passé au

Remerciements

Laboratoire avec vous, m'a permis d'allier la théorie et à la pratique. Vos conseils et suggestions ont apporté une contribution notable, sans laquelle ce travail n'aurait pas été mené.

A mes amis et condisciples

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux Docteurs N'ZI N'goran Parfait, KAMBOU Sansan, GBEGBE Dého Aristide et BOKO Adjoua Christiane Eunice pour leurs précieux conseils, leur encadrement bienveillant et leur soutien constant, notamment dans les moments les plus difficiles de ce travail. J'adresse également mes sincères remerciements et tous mes encouragements à mes collègues de thèse, KOUASSI Affoué Tatiana, YAO Dago Liliane et KACOU Okran Christophe. Merci pour les moments de collaboration et de partage déjà vécus, et que cet esprit d'entraide nous accompagne jusqu'au bout de cette aventure scientifique.

A tous les membres de la famille

Je remercie toute ma famille pour ses prières, son soutien et ses conseils.

Je remercie également ma grande sœur KOUASSI Amino Naomie Epouse KACOU, qui n'a cessé de me donner la force, l'envie et les moyens d'avancer dans mes recherches.

Je remercie mes grands frères et sœurs pour les énormes sacrifices qu'ils ont consentis pour moi. Que le Seigneur vous bénisse abondamment. Ce travail n'est qu'un modeste témoignage de mon amour filial et de ma gratitude.

Remerciements

LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

ABTS	: (acide 2,2-azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique))
AC	: Extrait Acétonique
ACM	: Analyse des Correspondances Multiples
ADN	: Acide Désoxyribonucléique
AFC	: Analyse Factorielle des Correspondances
Aq	: Extrait Aqueux
BLSE	: β -lactamases à Spectre Etendu
BMH	: Bouillon Mueller Hinton
CASFM	: Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie
CAT	: Catalase
CHR	: Centre Hospitalier Régional
CMB	: Concentration Minimale Bactéricide
CMI	: Concentration Minimale Inhibitrice
DPPH	: (1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl)
EE	: Extrait Ethanolique
EP :	: Extrait d'Ether de Pétrole
ERA	: Espèces Réactives de l'Azote
ERO	: Espèces Réactives de l'Oxygène
GPx	: Glutathion peroxydase
GR	: Glutathion réductase
GSH	: Glutathion
GSSG	: Glutathion oxydé
IVU	: Infections des Voies Urinaires
LB	: Luria-Bertani
MH	: Mueller Hinton
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
OS	: Stress Oxydative
pH	: Potentiel Hydrogène
SOD	: Superoxyde Dismutase
VIH	: Virus de l'Immunodéficience Humaine

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Signes cliniques de l’IU (Haertig & Conort, 1991).....	10
Tableau II : Groupes des pénicillines et leurs caractéristiques (Buxeraud & Fraune, 2020)..	23
Tableau III : Equipements de laboratoire utilisé.....	43
Tableau IV: Liste des disques d’antibiotique testés sur les souches bactériennes.....	44
Tableau V : Conditions d'amplification des gènes de résistance.....	52
Tableau VI : Amorces utilisées pour la détection des gènes de résistance	52
Tableau VII : Profil sociodémographique de 349 participants dans quatre localités de la région du Haut-Sassandra.....	65
Tableau VIII : Connaissance des plantes médicinales selon le sexe, la localité, le niveau d’éducation et le groupe ethnique	66
Tableau IX : Données ethnobotaniques sur toutes les plantes recensées pour le traitement des infections urinaires	Erreur ! Signet non défini.
Tableau X : Facteurs de Consensus des Informateurs des différents types d’infections	Erreur ! Signet non défini.
Tableau XI : Diamètre d’inhibition (en mm) des souches <i>Enterobacter hormaechei</i> , <i>Shigella flexneri</i> et <i>Salmonella entérica</i>	77
Tableau XII : Diamètre d’inhibition (en mm) des souches <i>Staphylococcus cohnii</i>	78
Tableau XIII : Phénotypes de résistance aux antibiotiques des Entérobactéries, Staphylocoques et <i>Enterococcus faecalis</i>	79
Tableau XIV : Evaluation de l’activité antimicrobienne des extraits de la plante <i>Anthocleista nobilis</i>	90
Tableau XV : Paramètres antibactériens des extraits de <i>Anthocleista nobilis</i> sur des souches de <i>Staphylococcus aureus</i> et de <i>Staphylococcus epidermidis</i>	94
Tableau XVI : Profil phytochimique des extraits de <i>Anthocleista nobilis</i>	96
Tableau XVII : Teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins condensés et totaux dans les extraits de <i>Anthocleista nobilis</i>	97
Tableau XVIII: Activité antioxydante par la méthode ABTS	97
Tableau XIX : Taux d’inhibition du DPPH, des extraits aqueux (Aq), éthanolique (EE) et acétonique (AC) en fonction des différentes concentrations de <i>Anthocleista nobilis</i>	98

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Forme topographique de types d'infection urinaire	7
Figure 2 : Pathogénèse des infections urinaires	13
Figure 3 : Présentation d'une bêta lactamine	22
Figure 4 : Structure des macrolides	24
Figure 5 : Structure des aminosides	25
Figure 6 : Mécanismes de résistances aux antibiotiques	32
Figure 7 : Ecorce du tronc de <i>Anthocleista nobilis</i>	40
Figure 8 : Matériel végétal étudié	42
Figure 9 : Carte montrant la localisation de la zone d'étude	47
Figure 10 : Analyse des correspondances multiples (ACM) des variables : indices ethnobotaniques (FRC, UV et FL), sexe, ethnie, localité et plantes utilisées	70
Figure 11 : Utilisation médicinale de familles de plantes contre diverses	67
Figure 12 : Nombre d'utilisations par partie de la plante	71
Figure 13 : Nombre d'utilisations par voie d'administration et par mode de préparation	72
Figure 14 : Taux de résistance d' <i>Escherichia coli</i> aux antibiotiques	73
Figure 15 : Taux de résistance de <i>Staphylococcus aureus</i> aux antibiotiques	74
Figure 16 : Taux de résistance de <i>Staphylococcus epidermidis</i> aux antibiotiques	75
Figure 17 : Taux de résistance de <i>Enterococcus faecalis</i> aux antibiotiques	76
Figure 18 : Profil électrophorétique du produit d'amplification du gène de résistance de <i>S. aureus</i> (mecA)	79
Figure 19 : Prévalence des gènes plasmidiques de résistance aux antibiotique	80
Figure 20 : Rendements des différents extraits d' <i>Anthocleista nobilis</i>	81
Figure 21 : Analyse en Factorelle des Correspondances (AFC) basée sur la comparaison de l'activité antibactérienne sur les souches bactériennes	92
Figure 22 : Effet des extraits acétonique (AC), éthanolique (EE) et aqueux (Aq) de <i>Anthocleista nobilis</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	92
Figure 23 : Photos montrant la CMB des extraits éthanolique 70% (EE), acétonique 70% (AC) et aqueux (Aq) sur <i>Staphylococcus aureus</i>	95
Figure 24 : Evaluation du pourcentage de piéger du radical DPPH en fonction de la concentration des extraits aqueux (Aq), éthanolique (EE) et acétone (AC)	99

Liste des annexes

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Fiche d'enquête ethobotanique	xviii
Annexe 2: Antibiogramme de quelques souches testées	xix
Annexe 3: Dosages des métabolites secondaires et de ABTS pour l'évaluation de l'activité antioxydante	xx
Annexe 4: Courbes d'étalonnages	xxi
Annexe 5: Activité antioxydante.....	xxii
Annexe 6: Appareils et équipements utilisés	xxiii

INTRODUCTION

Introduction

Depuis plusieurs années, les Infections Urinaires (IU) constituent un véritable problème de santé publique à l'échelle mondiale, avec une incidence estimée à près de 150 millions de cas par an (Bertholm, 2016 ; Amrani & Bechiri, 2018). Ces infections figurent parmi les plus fréquentes, notamment chez les femmes adultes, chez qui la prévalence est estimée entre 50 et 60 % (Medina & Castillo-Pino, 2019). Elles constituent l'une des principales causes de morbidité dans la population générale et se classent au deuxième rang des maladies infectieuses les plus courantes, juste après les infections respiratoires (Addis *et al.*, 2021).

Sur le plan clinique, les IU sont également l'un des principaux motifs de consultation médicale. Elles entraînent plus de 7 millions de visites en cabinet chaque année et plus de 100 000 hospitalisations aux Etats-Unis (Daniel *et al.*, 2003 ; Niska *et al.*, 2010). Chez l'enfant, une étude menée à la Mayo Clinic a révélé une fréquence de 0,2 % sur 55 000 consultations pédiatriques (Acar & Goldstein 1984). Les IU sont particulièrement fréquentes chez les patients alités, notamment les personnes âgées et jouent un rôle déterminant dans la survenue de complications rénales chroniques, telles que la pyélonéphrite ou des septicémies d'origine urinaire (Bennsman, 1976). Présentes à tout âge, elles touchent davantage les femmes de moins de 50 ans (Flores-Mireles *et al.*, 2015) et figurent parmi les principales causes de prescription d'antibiotiques en soins primaires.

En Afrique également, les IU sont largement répandues, avec une prévalence significativement plus élevée chez les femmes que chez les hommes. Au Nigeria, par exemple, 42,8 % des femmes sont touchées contre 10,2 % des hommes (Oladeinde *et al.*, 2011). Cette différence est principalement liée à des facteurs anatomiques et physiologiques féminins, mais aussi à l'activité sexuelle, à certains moyens contraceptifs, ainsi qu'à la ménopause (Dougnon *et al.*, 2020). En Algérie, les IU sont responsables de plus de 3 millions de cas annuels, soulignant ainsi l'ampleur du problème à l'échelle continentale (Abada & Rouidji, 2020).

En Côte d'Ivoire, les IU constituent également un problème de santé publique non négligeable. Une étude menée à Abidjan a révélé une prévalence de 18 % des IU néonatales (Kouassi-M'Bengue *et al.*, 2008). Cette situation semble se confirmer dans plusieurs régions du pays. En effet, la prévalence reste particulièrement élevée dans certaines localités, comme l'ont souligné Kamara *et al.* (2017). Dans la région du Haut-Sassandra, par exemple, une étude récente a estimé la prévalence globale à 16,25 % entre 2019 et 2022 (Gbégbé *et al.*, 2023).

Le traitement des IU repose essentiellement sur l'usage d'antibiotiques, qui demeurent à ce jour la stratégie thérapeutique de référence (Meyer, 2004). Leur introduction au XX^e siècle a permis

Introduction

de réduire significativement la morbidité et la mortalité liées à ces infections (O'Neill, 2016). Toutefois, la prescription excessive et souvent inappropriée de ces molécules, notamment en automédication ou sur la base d'antibiothérapies empiriques, a conduit à l'émergence croissante de souches bactériennes multirésistantes impliquées dans les IU (Mares *et al.*, 2024). Cette situation compromet gravement l'efficacité des traitements actuels, prolonge les hospitalisations et augmente le risque de complications sévères.

La résistance bactérienne aux antibiotiques, en particulier chez les germes responsables des IU, constitue désormais une menace majeure pour la santé publique mondiale. Les entérobactéries productrices de β -lactamases à spectre étendu (BLSE), par exemple, sont de plus en plus fréquemment isolées dans les IU, tant en milieu hospitalier que communautaire (Mares *et al.*, 2024). Selon l'Institut Pasteur (2021), la résistance bactérienne est responsable de plus de 33 000 décès par an en Europe. Les projections de l'Organisation mondiale de la santé sont alarmantes : en l'absence d'alternatives thérapeutiques, les infections bactériennes, y compris urinaires, pourraient entraîner jusqu'à 10 millions de décès par an d'ici à 2050, dont près de la moitié en Afrique et en Asie (O'Neill, 2016). Au-delà de son impact sanitaire, cette résistance croissante a aussi des répercussions économiques majeures. La Banque mondiale estime qu'elle pourrait entraîner, d'ici à 2030, une perte équivalente à 3,8 % du PIB mondial, et précipiter 28 millions de personnes supplémentaires dans l'extrême pauvreté d'ici à 2050 (OMS, 2018).

Face à cette crise, les plantes médicinales apparaissent comme une alternative prometteuse. Plus de 80 % des populations d'Afrique subsaharienne y ont recours pour leurs besoins de santé (Jamila, 2018). Les extraits végétaux, riches en composés bioactifs, peuvent présenter des propriétés antibactériennes intéressantes, notamment via des mécanismes d'action complémentaires ou synergiques avec les antibiotiques (Iroba *et al.*, 2010). Plusieurs espèces issues de la pharmacopée africaine sont utilisées contre les IU, telles que *Herniaria hirsuta*, *Anastatica hierochuntica* ou encore *Apium graveolens* (Elhassan *et al.*, 2019).

Dans la région du Haut-Sassandra, la population, confrontée à des difficultés d'accès aux soins modernes, se tourne massivement vers la médecine traditionnelle (Shao & Li, 2008). Des plantes comme *Cassia occidentalis* ou *Euphorbia hirta* sont couramment employées pour traiter diverses affections, dont les IU (Aké-Assi & Adjanohoun, 1979 ; Sanogo *et al.*, 2006). Toutefois, malgré leur usage empirique répandu, l'efficacité thérapeutique de ces plantes reste souvent peu ou mal documentée. La validation scientifique de leurs propriétés pharmacologiques demeure encore partielle, et les données disponibles sont généralement

Introduction

limitées, dispersées ou anciennes. Ce déficit de documentation rigoureuse freine leur reconnaissance par les systèmes de santé officiels et soulève un certain nombre de questions essentielles quant à leur efficacité réelle, leur innocuité et leur potentiel thérapeutique. Dès lors, cette étude s'efforce d'apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- Quelles sont les plantes médicinales traditionnellement utilisées dans cette région pour le traitement des IU ?
- Quel est le profil de résistance des agents pathogènes responsables des IU dans la région du Haut-Sassandra ?
- Ces plantes possèdent-elles des propriétés antibactériennes et antioxydantes susceptibles de contribuer efficacement à la prise en charge des IU ?

Pour répondre à ces questions de recherches, plusieurs hypothèses ont été émises :

- la flore médicinale locale comprend des espèces traditionnellement utilisées pour le traitement des IU ;
- les souches bactériennes isolées des IU dans la région du Haut-Sassandra présentent une multirésistance aux antibiotiques conventionnels ;
- Ces plantes possèdent des activités antibactériennes et antioxydantes susceptibles d'agir efficacement contre les souches multirésistantes impliquées dans les IU.

Pour vérifier ces hypothèses, une enquête ethnobotanique a été menée dans la région afin d'identifier les espèces végétales les plus utilisées dans le traitement des IU. Cette investigation a permis de dresser un inventaire des plantes locales à visée thérapeutique, dans le but d'orienter les recherches vers celles qui présentent un potentiel intéressant en matière d'activité antimicrobienne. Parmi les espèces recensées lors de cette enquête, *Anthocleista nobilis* s'est distinguée par la fréquence de sa citation et la diversité des symptômes pour lesquels elle est traditionnellement utilisée. Considérée comme une plante majeure dans la pharmacopée locale, elle est notamment employée dans le traitement des affections urinaires. Sa réputation en médecine traditionnelle, couplée à l'absence de validation scientifique approfondie, a suscité un intérêt particulier pour une investigation ciblée.

C'est dans cette optique que le présent travail s'inscrit, avec pour objectif de contribuer à l'éradication des IU d'origine bactérienne dues aux souches multirésistantes par l'exploitation du potentiel thérapeutique de *Anthocleista nobilis*.

Spécifiquement, il s'agira entre autres de :

Introduction

- inventories des plantes médicinales utilisées dans le traitement des infections des voies urinaires dans la région du Haut-Sassandra ;
- Déterminer, de façon phénotypique et génotypique, la résistance des isolats bactériens responsables d'IU ;
- étudier l'activité antibactérienne, antioxydante des extraits de *Anthocleista nobilis* sur les souches multi-résistantes responsables des IU.

Ce travail s'articule autour de trois parties. La première partie est consacrée à un rappel bibliographique sur les IU, l'antibiorésistance et l'utilisation de *Anthocleista nobilis* en médecine traditionnelle. La deuxième partie va présenter le matériel et les méthodes utilisées, pour la réalisation de cette étude. La troisième partie a été réservée aux résultats expérimentaux obtenus et leur discussion. Ce travail se termine par la présentation d'une conclusion générale qui récapitule les résultats de notre étude et met d'éventuelle perspectives.

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES

1.1. INFECTIONS DES VOIES URINAIRES (IVU)

1.1.1. Définitions des infections des voies urinaires

Les (IU) désignent l'ensemble des infections touchant les voies urinaires, incluant les reins, des uretères, la vessie et de l'urètre. Elle est causée par des micro-organismes (principalement des bactéries) qui pénètrent dans l'organisme et s'installent dans les voies urinaires. Elle se caractérise par une multiplication des germes pathogènes dans les voies urinaires et accompagnée d'une réaction inflammatoire avec un afflux de leucocytes. Les symptômes les plus courants sont des douleurs ou une sensation de brûlure lors de la miction, parfois accompagnées de douleurs abdominales et de fièvre. Cette infection est majoritairement féminine, le risque d'infection étant plus faible chez les hommes (Alan, 2015).

1.1.2. Classification et symptômes des infections urinaires (IU)

1.1.2.1. Classification des infections urinaires

La classification des IU peut se faire en deux classes.

1.1.2.1.1. Selon la localisation

Les IU sont divisées en deux grandes parties anatomiques selon la localisation (ou l'organe infecté). En effet, elle peut être localisée dans les voies urinaires basses (cystite, urétrite, et prostatite) ou les voies urinaires hautes (pyélonéphrite ou pyélite) (Bahtassou, 2004) (Figure 1).

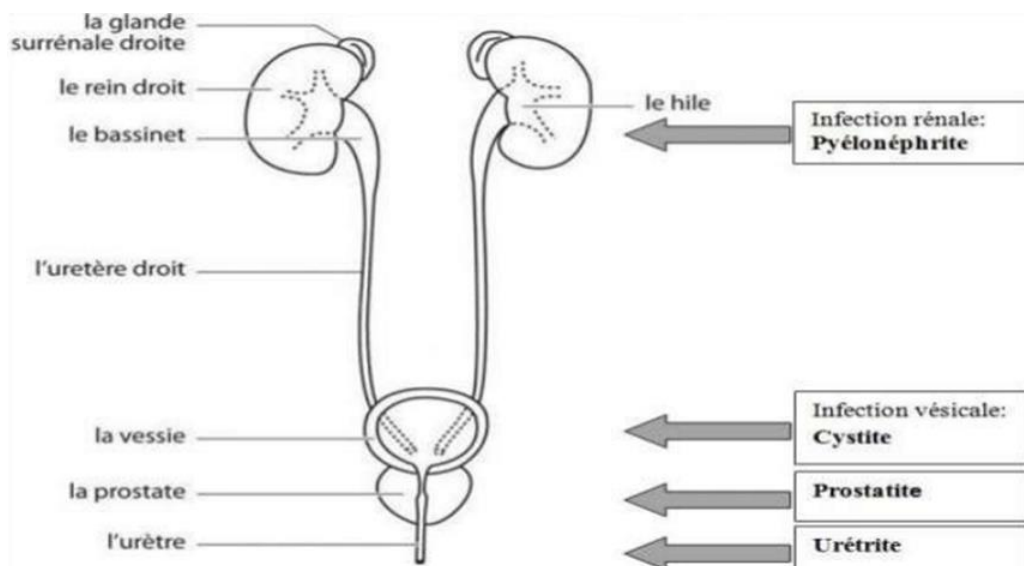


Figure 1: Forme topographique de types d'infection urinaire (Boutoille, 2011)

1.1.2.1.1.1. Infections de l'appareil urinaire basses.

1.1.2.1.1.1.1. Cystite

C'est une inflammation de la vessie, le plus souvent d'origine bactérienne (Alan, 2015). Généralement, l'inflammation est provoquée par la prolifération de bactéries intestinales de type *Escherichia coli* (Bruyère *et al.*, 2008). C'est l'une des formes les plus fréquentes des infections basses de l'appareil urinaire. Elle touche la plupart des femmes (Bruyère *et al.*, 2008). En effet, chez l'Homme, une cystite s'accompagne pratiquement d'une prostatite (Marrich, 2008). Elle reflète le plus souvent une contamination par des agents pathogènes, des bacilles ou rarement des champignons. Elle est courante chez les diabétiques, les jeunes femmes et les femmes enceintes (Ekoumou, 2003).

1.1.2.1.1.1.2. Urétrite

L'urétrite touche uniquement l'urètre. Il s'agit d'une Infection Sexuellement Transmissible (IST) courante chez les Hommes (Bruyère *et al.*, 2008). Mais les femmes peuvent également en être affectées (Bruyère *et al.*, 2008). Dans la majorité des cas, elle se manifeste par la présence de plusieurs types de bactéries telles que *Neisseria gonorrhoeae*, *Escherichia coli* et *Chlamydia trachomatis* (François *et al.*, 2013).

1.1.2.1.1.1.3. Prostatite

La prostatite est une inflammation douloureuse de la prostate. Elle est la conséquence d'une inflammation de la prostate qui à la différence des autres pathologies de la prostate, affectent spécifiquement l'homme jeune. Elle est courante ; (1 homme sur 10 qui fera face à une prostatite au cours de sa vie). On distingue plusieurs types de prostatites notamment aigue, chronique infectieuse et chronique non bactérienne (Loubeau, 2012).

La prostatite aigue est une inflammation de la glande prostatique d'origine microbienne. Elle se manifeste par de fortes fièvres, des douleurs atroces et une grande fatigue. Généralement, elle nécessitera une hospitalisation (Loubeau, 2012). Par ailleurs, la prostatite chronique est caractérisée par une infection de la prostate qui peut résulter d'une IU « classique » mal traitée. Les souches responsables de cette anomalie sont au sein de la prostate et donc très compliquer à identifier et à traiter, d'autant que la prostate est très peu perméable aux antibiotiques (Loubeau, 2012).

Quant à la prostatite chronique non bactérienne, elle est caractérisée par une absence d'infection. Les causes sont différentes d'une prostatite bactérienne, car elles peuvent être dues à une malformation de l'appareil uro-génitale ou à un mauvais fonctionnement des muscles du plancher pelvien. L'origine des prostatites non bactériennes reste mal connue et suscite des débats dans le monde des urologues (Loubeau, 2012).

1.1.2.1.1.2. Infections urinaires hautes : pyélonéphrite

La pyélonéphrite correspond à une infection bactérienne sévère qui touche les voies urinaires supérieures, incluant le bassinet (pyélite) et le tissu rénal (néphrite). Elle survient généralement à la suite d'une IU basse, qui s'est compliquée ou propagée, le plus souvent par un mécanisme d'ascension des germes depuis la vessie vers les uretères, puis jusqu'aux reins (Drai *et al.*, 2012 ; Mohammedi, 2013). Ce phénomène est particulièrement fréquent chez les femmes jeunes ainsi que chez les enfants présentant des anomalies anatomiques des voies urinaires, notamment un reflux vésico-urétéral favorisant la remontée de l'urine vers le rein (Moreddu, 2007).

La pyélonéphrite peut se manifester sous deux formes cliniques : aiguë ou chronique. La forme aiguë se caractérise par une inflammation infectieuse soudaine du bassinet et du parenchyme rénal, souvent en lien avec une cystite non traitée ou récidivante (Haouar, 2010). Elle s'accompagne généralement de symptômes marqués tels qu'une fièvre élevée, des douleurs lombaires unilatérales, une dysurie, des frissons ou encore une altération de l'état général.

En revanche, la pyélonéphrite chronique résulte d'une inflammation rénale persistante, souvent silencieuse, pouvant évoluer sur le long terme sans signes cliniques apparents. Elle peut être la conséquence d'infections récidivantes ou mal soignées. Bien qu'elle semble cliniquement résorbée, elle s'installe insidieusement avec des manifestations parfois discrètes comme une fatigue chronique, des céphalées, une hypertension artérielle tardive, une anémie secondaire, des anomalies fonctionnelles rénales, ou encore une pyurie et bactériurie persistantes (Haouar, 2010).

1.1.2.1.2. Selon la complication

1.1.2.1.2.1. Infections urinaires simples

Elles surviennent chez les patients sans facteur de risque de complication (Saghir, 2018). Ces infections ne concernent que la femme sans complications particulières et sans anomalie organique ou fonctionnelle de l'arbre urinaire (Silveira, 2009).

1.1.2.1.2.2. Infections urinaires compliquées

Les IU dites compliquées surviennent chez des patients présentant au moins un facteur de risque susceptible d'aggraver le pronostic de l'infection et de compliquer la prise en charge thérapeutique (Silveira, 2009). Elles incluent principalement les cystites compliquées, les pyélonéphrites aiguës compliquées ainsi que les prostatites (Bassi, 2013). Les principaux facteurs de risque associés sont généralement retrouvés chez les hommes âgés, les femmes enceintes, les patients immunodéprimés, ceux atteints d'insuffisance rénale ou de diabète, ainsi que chez les individus souffrant d'infections nosocomiales (Tiouit, 2009).

1.1.2.2. Symptômes des infections urinaires

Ils dépendent de la partie de l'appareil urinaire infectée (Lights & Boskey, 2015). Cela se manifeste par plusieurs symptômes qui apparaissent chez la personne infectée, qu'il s'agisse d'un homme, d'une femme ou d'une personne âgée. Les principaux signes cliniques sont présentés dans le tableau I (Clere, 2012).

Tableau I: Signes cliniques de l'IU (Haertig & Conort, 1991)

Symptômes les plus communs	Cas de pyélonéphrite	Cas de la Prostatite	Cas de la Cystite simple	Chez les personnes âgées
-douleurs ou des brûlures au moment d'uriner. - une fréquence élevée de miction durant le jour. - un sentiment persistant d'avoir besoin d'uriner. - urines troubles à l'œil nu dégageant une mauvaise odeur - pression dans le bas-ventre. - la présence d'une	-douleurs intenses dans le bas du dos ou dans l'abdomen ou aux organes sexuels. - Frissons. -forte fièvre. - vomissements. - altération de l'état général (Clere, 2012).	-brûlure urinaire, pollakiurie, sédiment et culture d'urine. - douleurs à l'éjaculation, frisson, fièvre, toucher rectal douloureux Prostate augmentée de volume (Somogyi <i>et al.</i> , 2010)	- brûlures, envies fréquentes d'uriner peuvent être présents ou non -absence de : fièvre, frisson et de lombalgie - Pollakiurie diurne et nocturne ; - mauvaise odeur des urines- hématurie (non signe de gravité) ; - des douleurs franches sus pubiennes ou	-fièvre sans autre symptôme, incontinence urinaire, troubles digestifs (perte d'appétit, vomissements (Clere, 2012).

hématurie (sang dans les urines) dans 30% des cas en fin de miction est évoqué par Clere (2012).			abdominales diffuses. (Somogyi <i>et al.</i> , 2010 ; Ayoub, 2012)	
--	--	--	--	--

1.1.3. Mode de transmission et mécanisme des infections des voies urinaires

1.1.3.1. Mode de transmission des IVU

La transmission des agents infectieux responsables des IU peut s'effectuer selon trois modes principaux : directe, indirecte ou par auto-infection.

La transmission directe constitue la première étape essentielle de toute infection. Elle implique un contact physique entre un agent pathogène et son hôte, généralement par l'intermédiaire de muqueuses, de plaies ouvertes ou de lésions cutanées. Cette voie est particulièrement fréquente dans les contextes hospitaliers, où le personnel soignant peut, involontairement, véhiculer des micro-organismes pathogènes par le biais de ses mains, après contact avec des patients infectés. La contamination peut également survenir lors de gestes médicaux inappropriés, tels que la déconnexion intempestive entre une sonde urinaire et son système de drainage, favorisant ainsi l'introduction de bactéries dans la vessie (Barrier-Letertre, 2014). Ce type de transmission entre individus, sans l'intervention d'un vecteur matériel, est qualifié de transmission interhumaine. Elle peut également résulter d'un contact direct avec des excréments ou des fluides corporels d'un individu infecté.

La transmission indirecte, quant à elle, implique l'intervention d'objets ou de surfaces contaminés. Il peut s'agir de dispositifs médicaux souillés (sondes, instruments chirurgicaux), de liquides de perfusion, d'antiseptiques contaminés, d'aliments ou encore de l'environnement hospitalier (air, eau, surfaces), servant de vecteurs passifs aux agents pathogènes (Lacheheb & Bendagha, 2016).

Enfin, l'auto-infection se produit lorsque des micro-organismes issus de la flore commensale du patient deviennent pathogènes dans des conditions particulières. Ces germes, habituellement inoffensifs, peuvent coloniser des sites stériles comme la vessie ou les reins, dès lors que les défenses immunitaires sont affaiblies ou que des facteurs favorisants (stase urinaire, sonde à demeure, immunodépression) sont présents. Ce déséquilibre, ou dysbiose, peut entraîner une

rupture de l'homéostasie microbienne et favoriser l'émergence d'une infection (Ait Miloud, 2011).

1.1.3.2. Mécanisme des IVU

L'IU se développe généralement lorsque les mécanismes de défense de l'hôte sont affaiblis, permettant ainsi à un micro-organisme virulent d'adhérer, de proliférer et de persister au sein du tractus urinaire (Niveditha *et al.*, 2012). Dans le cas des IU non compliquées, le processus pathogénique débute par une étape essentielle : l'adhésion bactérienne. Celle-ci représente le point de départ de l'invasion. Les uropathogènes, souvent issus de la flore intestinale, contaminent la région péri-urétrale, colonisent ensuite l'urètre, puis migrent vers la vessie.

Ce processus nécessite l'expression de structures spécifiques telles que les pili et les adhésines, qui reconnaissent et se fixent sur des récepteurs localisés à la surface de l'uroépithélium vésical. L'uroépithélium est composé notamment de cellules dites "parapluie" ou "cellules de facette", qui constituent la couche la plus superficielle de la vessie. Ces cellules sont la cible privilégiée de certains uropathogènes, en particulier *Escherichia coli* uropathogènes (UPEC), capables de produire des toxines, des enzymes protéolytiques, et d'induire des lésions cellulaires.

La présence bactérienne déclenche une réponse inflammatoire de l'hôte, marquée par le recrutement massif de neutrophiles chargés d'éliminer les bactéries extracellulaires. Toutefois, certains uropathogènes peuvent échapper à cette réponse immunitaire en pénétrant à l'intérieur des cellules hôtes, ou en adoptant des formes morphologiques alternatives. Ils peuvent alors se multiplier en intracellulaire et former des biofilms protecteurs, structures qui renforcent leur résistance à l'action des défenses immunitaires et des antibiotiques (Niveditha *et al.*, 2012).

Les toxines et protéases produites induisent des dommages cellulaires par la libération de nutriments essentiels à la survie de la bactérie et à sa montée vers les reins. Si l'agent pathogène traverse la barrière épithéliale tubulaire et pénètre dans les reins, l'IU évolue en bactériémie (Flores-Mireles *et al.*, 2015).

Cependant, l'IU compliquée se manifeste par une succession d'uropathogènes avec les mêmes étapes initiales que celles décrites pour l'IU, mais cela nécessite l'exposition de la vessie à un cathéter sur lequel le fibrinogène se fixe en raison de la forte réponse immunitaire induite par le cathétérisme, fournissant un environnement favorable pour l'attachement des uropathogènes. L'infection provoque une infiltration de neutrophiles et la multiplication de bactéries formant

un biofilm. Celles-ci induisent des lésions épithéliales et provoquent une infection rénale, qui peut évoluer vers une bactériémie en atteignant la barrière des cellules épithéliales tubulaires (Figure 2) (Flores-Mireles *et al.*, 2015).

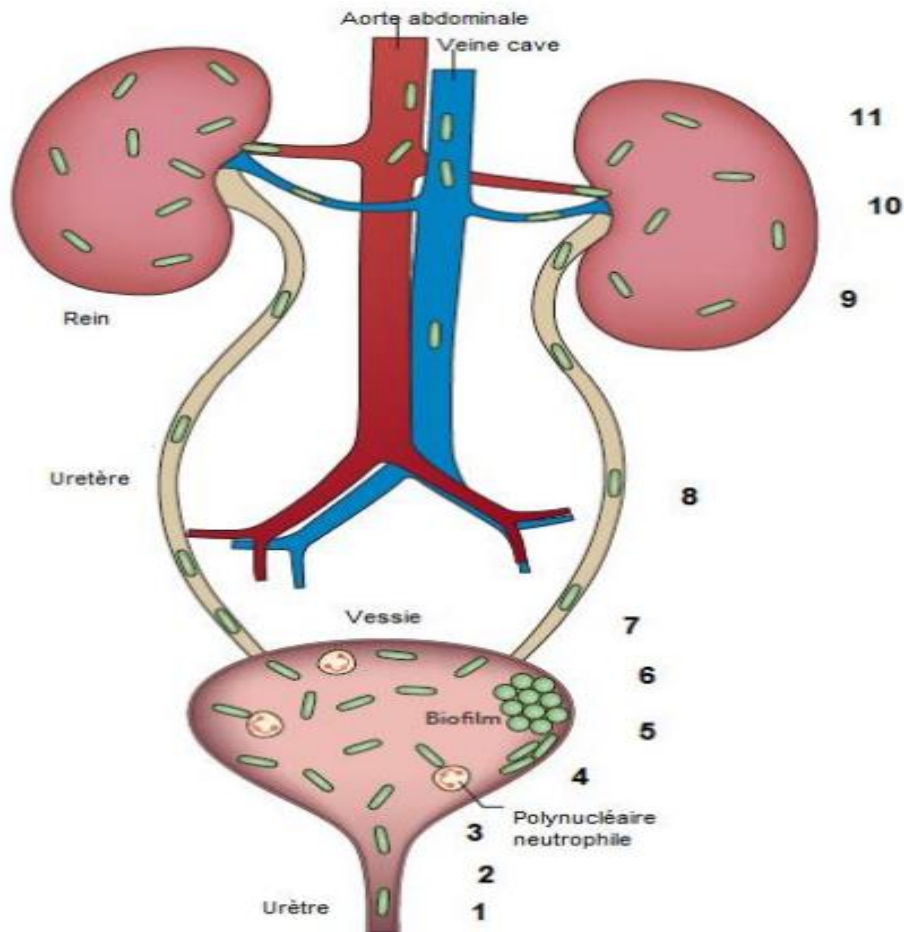


Figure 2 : Pathogenèse des infections urinaires (Flores-mireles *et al.*, 2015)

Figure 2 : Physiopathologie des infections urinaires, adaptée d'après (Flores-Mireles *et al.* 2015). 1) Contamination de la zone périurétrale par un uropathogène en provenance de l'intestin. 2) Colonisation de l'urètre et migration vers la vessie. 3) Colonisation et invasion de la vessie, médiée par facteurs d'adhésion. 4) Infiltration par les polynucléaires neutrophiles. 5) Multiplication bactérienne et résistance aux défenses de l'hôte. 6) Formation de biofilm. 7) Dommages aux cellules épithéliales par production de toxines et protéases. 8) Ascension jusqu'aux reins. 9) Colonisation des reins. 10) Dommages aux tissus par les toxines bactériennes. 11) Bactériémie possible.

1.1.4. Facteurs favorisant les infections urinaires (IU)

Plusieurs facteurs liés à l'hôte peuvent augmenter la susceptibilité aux IU et, dans certains cas, aggraver leur évolution clinique. Le sexe féminin constitue l'un des principaux facteurs de

risque. En effet, chez la femme, l'urètre est relativement court, mesurant moins de 5 cm, et son orifice est situé à proximité immédiate du vagin et de l'anus deux zones souvent colonisées par des bactéries d'origine digestive (Soussy & Bonnet, 2013). Cette proximité anatomique, associée à la faible distance que les bactéries doivent franchir pour atteindre la vessie, explique en grande partie la prévalence plus élevée des IU chez les femmes par rapport aux hommes, chez qui l'urètre mesure environ 20 cm.

L'activité sexuelle est également reconnue comme un facteur favorisant les IU chez la femme. Les rapports sexuels entraînent des microtraumatismes et des frottements qui facilitent l'entrée des micro-organismes dans l'urètre (Soussy & Bonnet, 2013). De plus, certains moyens de contraception, notamment le diaphragme et les spermicides, perturbent la flore vaginale physiologique, ce qui favorise la colonisation et la prolifération de bactéries potentiellement pathogènes (Chung *et al.*, 2010).

Un autre facteur important est la stase urinaire, qui constitue un terrain favorable à la multiplication bactérienne. Elle peut résulter de divers troubles fonctionnels, tels que les mictions peu fréquentes, volontairement retenues ou incomplètes, qui réduisent l'effet mécanique du flux urinaire dans l'élimination des germes (Chung *et al.*, 2010). Une hydratation insuffisante limite également la fréquence des mictions, compromettant ainsi le lavage naturel des voies urinaires. En outre, la constipation peut induire une compression des voies urinaires par distension du rectum, entraînant une rétention urinaire partielle, ce qui favorise l'accumulation de germes dans la vessie (Leroy & Tattevin, 2012).

D'autres facteurs, anatomiques et fonctionnels peuvent également provoquer une stase : un prolapsus urogénital des calculs urétraux, une augmentation du volume de la prostate chez l'homme de plus de 50 ans, la grossesse avec l'augmentation du volume de l'utérus diminuent physiquement le diamètre de l'urètre (Soussy & Bonnet, 2013).

Au cours de la grossesse, plusieurs modifications anatomiques et physiologiques prédisposent les femmes aux infections des voies urinaires (IVU). L'utérus gravide exerce une pression mécanique sur les voies urinaires, perturbant ainsi le drainage normal de l'urine. Par ailleurs, les modifications hormonales, notamment l'augmentation des taux de progestérone, induisent une hypotonie des muscles lisses des uretères, ce qui diminue le péristaltisme urinaire et favorise la stagnation de l'urine. De plus, une élévation du pH urinaire est souvent observée pendant la grossesse, contribuant à la prolifération bactérienne. Cette combinaison de facteurs

engendre un contexte d'immunodépression physiologique, rendant les femmes enceintes particulièrement vulnérables aux IVU (Soussy & Bonnet, 2013).

Chez la femme ménopausée, la carence en œstrogènes constitue un autre facteur de risque important. En effet, la flore vaginale, normalement dominée par les lactobacilles, produit de l'acide lactique qui maintient un pH acide, défavorable à la colonisation par les germes uropathogènes. Or, cette flore est sous dépendance hormonale. Après la ménopause, la baisse de l'imprégnation œstrogénique perturbe l'équilibre vaginal, entraînant une élévation du pH et facilitant ainsi l'implantation de bactéries pathogènes. De surcroît, la production de mucopolysaccharides, qui forme une couche protectrice sur la muqueuse vésicale, est également régulée par les œstrogènes. Une carence hormonale entraîne donc un amincissement de cette couche protectrice, ce qui favorise les infections (Leroy & Tattevin, 2012).

Le diabète sucré mal contrôlé représente également un facteur prédisposant aux IVU. La glycosurie crée un environnement favorable à la croissance bactérienne dans les voies urinaires. De plus, les complications associées au diabète, telles que la neuropathie autonome, peuvent entraîner des troubles de la vidange vésicale, avec rétention urinaire et reflux vésico-rénal, conditions propices au développement de pyélonéphrites (Soussy & Bonnet, 2013).

Enfin, des facteurs génétiques pourraient également intervenir dans la susceptibilité individuelle aux IVU. Certaines hypothèses suggèrent un lien entre les groupes sanguins, notamment le groupe AB, et un risque accru d'IU. Toutefois, les données scientifiques à ce sujet demeurent contradictoires, et des variations interindividuelles importantes ont été rapportées (Soussy & Bonnet, 2013).

1.2. EPIDEMIOLOGIE DES INFECTIONS URINAIRES

L'épidémiologie des IU demeure encore insuffisamment documentée dans de nombreuses régions du monde (Vorkaufeur, 2011). Néanmoins, plusieurs études soulignent leur importance en tant que problème majeur de santé publique, en raison des coûts engendrés, ainsi que de la morbidité et de la mortalité qu'elles peuvent entraîner (Ait Mouloud, 2011). À l'échelle mondiale, on estime qu'environ 150 millions de cas d'IU surviennent chaque année (Mancuso *et al.*, 2023). Ces infections figurent parmi les causes fréquentes de morbidité, et dans certains contextes, peuvent être associées à des issues létales, notamment chez les populations vulnérables (Mathibela *et al.*, 2019).

Selon Amrani & Bachiri (2018), la prévalence des IU chez les femmes varie entre 40 et 50 %. Il est estimé qu'au moins une femme sur deux présentera un épisode d'IU au cours de sa vie, et cette fréquence tend à augmenter avec l'âge. Chez l'homme, les IU deviennent plus fréquentes après 50 ans, notamment en lien avec des pathologies prostatiques ou des uropathies sous-jacentes (Amrani & Bachiri, 2018).

En pédiatrie, les garçons de moins de trois mois présentent un risque plus élevé d'IU, mais au-delà de cet âge, les filles deviennent plus exposées. Chez les nourrissons de sexe masculin, la circoncision semble réduire significativement le risque d'infection. Chez les personnes âgées, la cystite est l'IU la plus fréquemment rencontrée. Elle peut toutefois être asymptomatique, avec une prévalence de bactériurie asymptomatique atteignant 5 à 10 % chez les hommes, et 10 à 20 % chez les femmes de plus de 65 ans. Les infections symptomatiques, quant à elles, constituent une cause majeure de prescription d'antibiotiques dans cette tranche d'âge.

Par ailleurs, certaines populations présentent un risque accru d'IU compliquées : il s'agit notamment des patients diabétiques, des personnes blessées médullaires, des utilisateurs de sondes urinaires, des porteurs du VIH, ainsi que des personnes atteintes de maladies neurologiques comme la sclérose en plaques (Daniel & Thirion, 2003).

Sur le plan microbiologique, les IU sont généralement monomicrobiennes, avec *Escherichia coli* responsable de plus de 80 % des cas. *Staphylococcus saprophyticus* est également impliqué, en particulier chez la femme jeune, dans environ 10 à 15 % des cas. D'autres pathogènes tels que *Klebsiella spp.*, *Proteus mirabilis* et *Enterococcus faecalis* peuvent aussi être en cause, notamment dans les formes compliquées ou nosocomiales.

En France, les (IU) représentent le type d'infection bactérienne le plus fréquent tant en milieu ambulatoire qu'en milieu hospitalier. Selon Branger *et al.* (2002), environ 300 000 infections nosocomiales sont recensées chaque année dans les établissements de santé français, parmi lesquelles près de 132 000 sont des IU nosocomiales. Ces dernières sont responsables de 1 300 à 5 300 bactériémies d'origine urinaire, entraînant environ 1 000 décès par an. En population générale, l'incidence annuelle des IU en France est estimée entre 4 et 6 millions de cas, incluant 3 à 4,5 millions de cystites, environ 50 000 pyélonéphrites et 100 000 prostatites aiguës (Elkharrat *et al.*, 2007). Ce fardeau épidémiologique exerce également une pression écologique considérable, notamment en lien avec la consommation excessive d'antibiotiques et la sélection de souches bactériennes multirésistantes.

Aux Etats-Unis, l'IU constitue la première cause d'infection bactérienne en soins de ville, générant chaque année plus de 7 millions de consultations médicales (Foxman, 2002). En milieu hospitalier, elle se positionne au deuxième rang des infections nosocomiales, juste après les infections pulmonaires. Les IU sont également à l'origine de plus de 100 000 hospitalisations par an aux États-Unis. En 2007, on estimait à 10,5 millions le nombre de consultations ambulatoires pour des symptômes d'IU, et à 2 à 3 millions le nombre de visites aux services d'urgence pour les mêmes motifs (Foxman, 2002).

Au-delà de l'impact sanitaire, les IU génèrent un coût économique non négligeable. Les dépenses directes et indirectes, incluant les frais médicaux, les prescriptions, les hospitalisations, ainsi que les jours d'arrêt de travail, sont estimées à environ 3,5 milliards de dollars par an (Schappert & Rechtsteiner, 2011). Ce poids financier illustre l'ampleur du problème de santé publique que constituent les IU, tant sur le plan clinique qu'économique.

En Algérie, les données épidémiologiques concernant IU demeurent limitées. Néanmoins, une étude menée au laboratoire de microbiologie de l'hôpital de 240 lits de Béchar, incluant à la fois des patients hospitalisés et ambulatoires, a apporté des éléments significatifs sur leur prévalence. Il ressort de cette étude que les IU étaient plus fréquentes chez les femmes (61,9 %) que chez les hommes (38,1 %) (Benyagoub *et al.*, 2013). Sur le plan bactériologique, les entérobactéries constituaient les agents pathogènes majoritaires (50 %), avec une nette prédominance d'*Escherichia coli* (41,4 %). En revanche, les cocci à Gram positif étaient moins représentés (38 %). L'étude a également identifié des infections fongiques à *Candida albicans* représentant 7,2 % des cas, tandis que les infections parasitaires, principalement dues à *Trichomonas vaginalis*, étaient rares.

En Côte d'Ivoire, bien que la prévalence globale des IU soit peu documentée à l'échelle nationale, plusieurs études ponctuelles fournissent des indications utiles. Kouassi- M'Bengue *et al.* (2008) ont rapporté une prévalence de 18 % d'IU chez les nouveau-nés à Abidjan. Par ailleurs, au Centre Hospitalier Universitaire de Cocody, Amorissani *et al.* (2006) ont observé que les IU représentaient 18,9 % des infections néonatales, avec une fréquence de 7,7 % chez les nouveau-nés admis, et une légère prédominance masculine. L'étude bactériologique a mis en évidence une prédominance de *Escherichia coli* (23,5 %), suivie de *Klebsiella spp.* (20,58 %), *Enterobacter spp.* (20,59 %), *Levinea spp.* (8,82 %), *Staphylococcus aureus* (11,76 %), staphylocoques à coagulase négative (11,76 %) et *Enterococcus faecalis* (2,95 %).

De plus, une étude réalisée dans le service de néphrologie pédiatrique du CHU de Yopougon a révélé que le syndrome néphrotique de l'enfant constituait 25 % des motifs de consultation et environ 33 % de l'activité d'hospitalisation, témoignant de la fréquence des pathologies rénales infantiles associées aux IU dans ce contexte (Amorissani *et al.*, 2006).

1.3. QUELQUES MICROORGANISMES RESPONSABLES DES INFECTIONS DES VOIES URINAIRES

Les micro-organismes couramment retrouvés chez les patients présentant une IU sont décrits comme uropathogène (Hannedouche, 2011).

1.3.1. Bacilles à Gram négatif

1.3.1.1. *Escherichia coli*

Escherichia coli est une espèce commensale du tube digestif de l'homme et des animaux. *E. coli* est une entérobactérie qui se développe en 24 heures à 37 °C en milieu gélosé, produisant des colonies rondes, lisses, à bords réguliers, de 2 à 3 mm de diamètre, sans pigmentation (Avril *et al.*, 1992). C'est l'agent le plus fréquent des IUs (Hamburger, 1979). Ce sont des anaérobies facultatifs avec nitrate réductase, non halophiles, immobiles ou mobiles avec une structure flagellaire péritriche, capables de fermenter le lactose et de produire de l'indole. Il est considéré comme un hôte normal, c'est-à-dire commensal, de la microflore digestive de l'homme et de la plupart des animaux à sang chaud (Baliere, 2016). *E. coli* représente à lui seul l'agent responsable de la grande majorité des cas d'IU spontanées (Souilah & Mousaoui, 2017).

1.3.1.2. *Proteus*

Genre bactérien comprenant des bacilles à Gram négatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Les bactéries *Proteus* sont naturellement présentes dans le sol, les eaux usées et, en petites quantités, dans le tube digestif humain. *Proteus mirabilis* est la deuxième bactérie, après *E. Coli*, à induire des IU chez les patients non hospitalisés. Ce germe est généralement sensible aux antibiotiques. (Wainsten, 2012).

1.3.1.3. *Klebsiella*

Klebsiella pneumoniae est une bactérie appartenant au genre *Klebsiella*, constitué de bacilles à Gram négatif, immobiles et encapsulés. Elle fait partie intégrante de la flore fécale humaine, et peut également se retrouver de manière commensale sur la peau, les muqueuses et au niveau des voies respiratoires supérieures (Wainsten, 2012). Après une incubation de 24 heures à 37

°C, *K. pneumoniae* forme des colonies bombées, muqueuses, mesurant environ 3 à 4 mm de diamètre, visibles sur des milieux de culture standards.

Sur le plan biochimique, *K. pneumoniae* est aéro-anaérobie facultative, capable de fermenter de nombreux sucres avec production de gaz. Elle utilise le citrate de Simmons, produit une uréase (bien que moins active que celle des espèces du genre *Proteus*) et fermente l'acétoïne (Baliere, 2016). Son habitat naturel inclut principalement le tractus gastro-intestinal et les voies respiratoires supérieures.

Sur le plan pathologique, *Klebsiella pneumoniae* est un agent opportuniste fréquemment impliqué dans des infections nosocomiales, notamment urinaires, pulmonaires et septicémiques. Elle est reconnue pour son profil multirésistant, ce qui complique la prise en charge thérapeutique, et favorise l'émergence d'épidémies en milieu hospitalier (Wainsten, 2012). Sur le plan respiratoire, cette bactérie est responsable de pneumonies lobaires, de bronchites et de bronchopneumonies, la voie de transmission principale étant aérienne. Elle est également impliquée dans les infections urinaires, généralement par migration ascendante de la flore intestinale vers les voies urinaires (Mirabaud, 2003).

1.3.1.4. *Enterobacter*

Cette bactérie fait partie de la famille des entérobactéries. Il s'agit d'un bacille dont l'habitat préféré est l'intestin humain et animal. On la trouve aussi dans les matières fécales, les eaux usées et les produits laitiers. Le genre *Enterobacter* comprend plusieurs bactéries différentes. Certaines peuvent être à l'origine d'infections des voies urinaires et d'infections nosocomiales (Wainsten, 2012).

1.3.1.5. *Pseudomonas*

Genre bactérien de bacilles à Gram négatif comprenant un grand nombre d'espèces, dont la plupart sont présentes naturellement dans le monde entier, dans le sol, l'eau et les plantes. C'est une bactérie nosocomiale qui a un pouvoir pathogène étendu. Elle est responsable de nombreuses infections : pneumonies, gastro-entérites infantiles et IU (cystites, pyélonéphrites). L'espèce la plus fréquemment responsable d'infections humaines est *Pseudomonas aeruginosa* (Wainsten, 2012).

1.3.2. Cocci à Gram Positif

Ces bactéries sont fréquemment isolées en microbiologie médicale et constituent une part importante de la flore commensale de la peau ainsi que des muqueuses humaines. Il est essentiel de distinguer une infection véritable d'une simple contamination de l'échantillon lorsque la

culture révèle leur présence. Selon leurs besoins en oxygène, ces bactéries peuvent être aérobies strictes, anaérobies strictes, anaérotolérantes ou aérobies facultatifs. Parmi elles, les familles des Micrococcaceae et des Streptococcaceae occupent une place prépondérante dans la pathogenèse humaine (Bouvet, 2016).

1.3.2.1. Streptocoques

Les streptocoques sont des cocci Gram-positifs, de forme ovoïde, généralement disposés en chaînes. Ils sont immobiles, non sporulés, et peuvent vivre en conditions aérobies ou anaérobies facultatives. Ces bactéries ne produisent pas de catalase et ne réalisent pas la réduction des nitrates. De plus, elles sont encapsulées. Leur croissance est favorisée dans des milieux de culture enrichis. Concernant les infections des voies urinaires, on observe fréquemment la présence de streptocoques bêta-hémolytiques du groupe B, ainsi que des streptocoques du groupe D et des streptocoques non groupables (Sissoko, 2006).

1.3.2.2. Staphylocoques

Les staphylocoques sont des cocci Gram-positifs se présentant sous forme de petits amas, en diplocoques, en tétrades ou en courtes chaînes, mesurant entre 0,8 et 1 micromètre. Ils sont immobiles, non sporulés, et peuvent se développer en conditions aéro-anaérobies facultatives. Leur croissance se réalise aisément sur des milieux de culture ordinaires, avec une température maximale de croissance de 37 °C. Ces bactéries constituent une part de la flore commensale de la peau et des muqueuses, et possèdent une activité catalase. On distingue principalement deux groupes : les staphylocoques à coagulase négative, parmi lesquels figurent *Staphylococcus saprophyticus*, *S. epidermidis* et *S. haemolyticus*, ainsi que *S. aureus*, qui est fréquemment impliqué dans les infections nosocomiales (Sissoko, 2006).

1.4. RESISTANCE BACTERIENNE AUX ANTIBIOTIQUES

Les antibiotiques constituent des médicaments indispensables pour le traitement et la prévention des infections bactériennes, telles que les pneumonies, bronchites, otites, méningites, IU, septicémies, ainsi que certaines maladies sexuellement transmissibles. Cette avancée majeure en médecine a permis de sauver des millions de vies chaque année. Cependant, leur efficacité est aujourd'hui menacée par la capacité des bactéries à s'adapter et à développer des mécanismes de résistance face aux traitements. Il est important de préciser que ce sont les bactéries elles-mêmes et non les patients ou les animaux qui deviennent résistantes aux antibiotiques. On parle alors de résistance bactérienne lorsque ces micro-organismes ne

répondent plus aux antibiotiques, tandis que les souches sensibles restent réceptives aux traitements.

Ainsi, la résistance bactérienne aux antibiotiques est un problème majeur de santé publique. Elle est en augmentation depuis plusieurs décennies, ce qui crée des difficultés dans le traitement des patients. Elle augmente la durée des soins et la morbidité associée aux infections, et peut mettre en danger la vie des patients (Lai, 2013).

1.4.1. Définition des antibiotiques

Un antibiotique se définit comme un composé chimique, d'origine naturelle, semi-synthétique ou synthétique, capable, à très faible concentration, de détruire les micro-organismes ou d'inhiber leur croissance (van Bambeke & Tulkens, 2008). Il doit présenter une toxicité sélective ciblant les agents infectieux sans nuire à l'organisme hôte (Veysièrè, 2019). Cette spécificité repose sur les différences métaboliques et structurales entre les cellules procaryotes et eucaryotes. Le spectre d'activité d'un antibiotique correspond à l'ensemble des bactéries sensibles à son action. Les antibiotiques dits « à large spectre » sont actifs contre un grand nombre de bactéries Gram-positives et Gram-négatives, tandis que ceux à « spectre étroit » ciblent uniquement certaines bactéries Gram-positives ou Gram-négatives (Walsh, 2003).

Le terme « antibiotique », dérivé du grec *anti* signifiant « contre » et *biotikos* « relatif à la vie », a été utilisé pour la première fois en 1889 afin de désigner une substance synthétisée par un organisme pour inhiber un autre (Muylaert & Maenil, 2012). Ce n'est qu'en 1928 qu'Alexander Fleming découvrit la pénicilline, premier antibiotique naturel produit par le champignon *Penicillium notatum*, capable d'inhiber la croissance bactérienne. Ce médicament fut produit industriellement et commercialisé dès 1945 (Veysièrè, 2019).

Aujourd'hui, les antibiotiques restent les médicaments les plus prescrits, en raison notamment de la fréquence élevée des infections telles que les IU (Iououss *et al.*, 2015). Cependant, la mortalité liée aux infections causées par des bactéries résistantes demeure élevée, soulignant l'urgence de développer de nouvelles stratégies thérapeutiques efficaces (Durand *et al.*, 2022).

1.4.2. Classification des antibiotiques

Les antibiotiques peuvent être classés selon plusieurs critères : l'origine, la nature chimique, le mécanisme d'action et le spectre d'action. Les principales classes d'antibiotiques existantes sont : les bêtalactamines, les macrolides, les aminosides, les quinolones et les cyclines (Yala *et al.*, 2001).

1.4.2.1. Bêtalactamines

Cette famille d'antibiotiques se distingue par une grande homogénéité sur les plans structural, pharmacologique et thérapeutique. Leur faible toxicité associée à un puissant effet bactéricide en fait un pilier incontournable dans le traitement des infections à entérobactéries (Janvier *et al.*, 2008). Tous ces antibiotiques partagent la présence d'un cycle « bêta-lactame » au sein de leur structure moléculaire (Figure 3). Leur spectre d'activité est relativement large, couvrant les cocci Gram-positifs et Gram-négatifs, les bacilles Gram-négatifs et Gram-positifs, ainsi que les bactéries aérobies, anaérobies et les spirochètes (Woloch & Montagne, 2018). Cette classe comprend notamment les pénicillines, les céphalosporines, les carbapénèmes et les monobactames (Buxeraud & Faure, 2016).

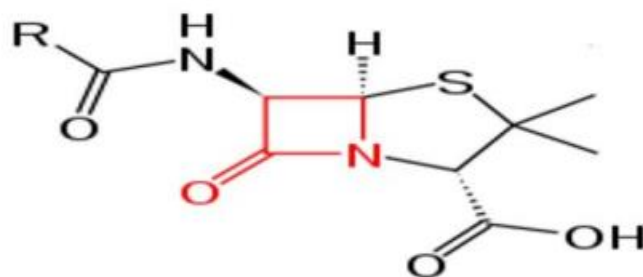


Figure 3 : Présentation d'une bêtalactamine (Veysièrre, 2019)

1.4.2.1.1. Pénicillines

Les pénicillines sont prescrites dans le traitement de nombreuses pathologies infectieuses. Leur structure moléculaire se caractérise par un noyau β -lactame associé à un hétérocycle thiazolidine. Leur mécanisme d'action repose sur l'inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne, empêchant ainsi la multiplication des bactéries. Cette classe d'antibiotiques se divise en cinq groupes, dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau II.

Par ailleurs, les céphalosporines, également appartenant à la famille des bêta-lactamines, possèdent une structure chimique de base composée d'un noyau bêta-lactame lié à un noyau dihydrothiazine ou à l'acide 7-amino-céphalosporanique. Leur activité antibiotique cible principalement les bactéries à paroi riche en peptidoglycane, en se liant aux protéines protéolipidiques impliquées dans la synthèse de la paroi. De ce fait, elles sont inefficaces contre les organismes dépourvus de paroi, tels que les mycoplasmes. Selon Faure & Buxeraud (2020), les céphalosporines sont classées en fonction de leur spectre d'activité en différents groupes :

Généralités

- Céphalosporine de première génération : Actives sur certaines espèces de bacilles aérobies Gram négatif comme *Escherichia Coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pasteurella* ;
- Céphalosporines de deuxième génération : Elles ont un spectre élargi vers les Gram négatif ; *Proteus* et *Enterobacter*, *Haemophilus influenzae*, gonocoques ;
- Céphalosporines de troisième génération : Elles ont un spectre élargi vers les Gram 01 négatif aérobies (Entérobactéries, *Haemophilus*, *Neisseria*, *Shigella*, *Pseudomonas aeruginosa*) certaines sont moins actives sur les Gram positif que les deux premières générations ;
- Céphalosporines de quatrième génération : Elles possèdent un spectre élargi aux entérobactéries (*Enterobacter*, *Serratia*) ayant acquis une résistance aux céphalosporines de troisième génération par hyperproduction de céphalosporines Gram négatif.

Tableau II : Groupes des pénicillines et leurs caractéristiques (Buxeraud & Fraune, 2020)

Groupes	Caractéristiques
La pénicilline G ou benzylpénicilline	Sensible aux pénicillinases, actives sur les streptocoques, les méningocoques, les gonocoques, les pneumocoques...
La pénicilline M	Efficace sur les infections à staphylocoques producteurs de bêta lactamases et les streptocoques mais moins actives que la pénicilline G
La pénicilline A : (Amoxicilline, ampicilline)	Présentent un spectre élargi, touchent les bactéries à Gram positif.
Les carboxy-pénicillines	Agissent sur les entérobactéries hospitalières et les <i>Pseudomonas</i> .
Les amidino-pénicillines (pivmécillinam)	Possèdent un spectre étroit, sont limités à certaines entérobactéries des voies urinaires.

1.4.2.1.2. Carbapénèmes

Les carbapénèmes sont caractérisés par un noyau pénème et dérivent de la thiénamycine, produite naturellement par *Streptomyces cattleya*. Cet antibiotique présente une stabilité importante vis-à-vis d'espèces comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter spp.*, *Serratia spp.* et *Citobacter spp.* (Cavallo *et al.*, 2004).

1.4.2.1.3. Monobactames

Les monobactames sont très actifs contre les bactéries à Gram négatif et résistent relativement bien aux bêtalactamases. Ils sont inactifs sur les bacilles Gram positif (Grasset *et al.*, 2002).

1.4.2.2. Macrolides

Les macrolides constituent une classe d'antibiotiques caractérisée par une structure commune comprenant un cycle lactone auquel sont attachés des résidus sucrés, aminés ou non (Figure 4). Trois groupes de macrolides commercialisés se distinguent selon la taille du cycle lactone : à 14, 15 ou 16 atomes (Gaétan, 2013). Outre leur activité antibactérienne, les macrolides à cycles de 14 et 15 atomes possèdent également des propriétés immunomodulatrices et anti-inflammatoires (Gaétan, 2013). Ces antibiotiques sont généralement bactériostatiques et agissent en pénétrant dans le cytoplasme bactérien où ils se lient à la sous-unité 50S du ribosome, inhibant ainsi la dernière étape de la synthèse protéique (Yala *et al.*, 2001).

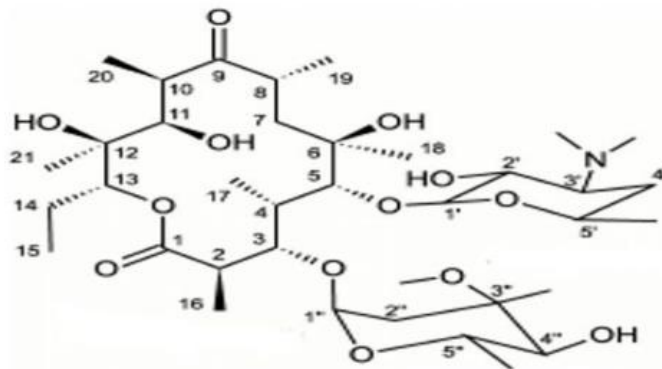


Figure 4 : Structure des macrolides (Veysièrè, 2019)

1.4.2.3. Aminosides

Les aminoglycosides sont des molécules polaires, très solubles dans l'eau mais peu liposolubles. Leur intérêt thérapeutique repose sur un large spectre d'action et une efficacité reconnue (Buxeraud & Faure, 2016). Malgré leur ancienneté, ils demeurent largement utilisés dans le traitement des endocardites et des infections sévères causées par des bacilles à Gram négatif, ainsi que par des souches de *Staphylococcus spp.* et *Enterococcus spp.* (Veysièrè, 2019). L'administration des aminoglycosides doit être rigoureusement dosée afin d'optimiser l'efficacité clinique tout en limitant les risques de toxicité (Martin, 2018).

Ces antibiotiques exercent plusieurs mécanismes d'action, avec un effet bactéricide puissant, à large spectre, et indépendant de la densité bactérienne. Ils présentent également une durée d'activité prolongée dépassant le temps d'exposition, avec un effet post-antibiotique notable. Leur structure est constituée de deux à cinq unités de sucre substituées par des groupes amines (-NH₂), comme illustré à la Figure 5 (Martin, 2018).

Les aminoglycosides sont optimaux à pH alcalin, possèdent un poids moléculaire moyen compris entre 500 et 800 daltons, ce qui les rend aisément dialysables, et sont thermostables (Adnani, 2008). Pour renforcer leur efficacité, ils sont fréquemment associés à des bêta-lactamines, des glycopeptides ou des fluoroquinolones, permettant un effet synergique.

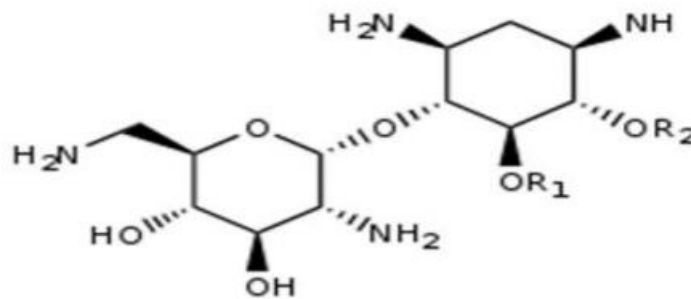


Figure 5 : Structure des aminosides (Martin, 2018)

1.4.2.4. Quinolones

Actuellement, ils sont représentés par les fluoroquinolones. Elles inhibent la synthèse de l'ADN bactérien, bloquant ainsi la réplication bactérienne. Ce sont des antibiotiques bactéricides, dont le spectre d'action s'élargit avec chaque génération. Il existe deux grandes classes de quinolones : la première génération, efficace sur les BGN de la famille des entérobactéries, et la seconde génération, active sur les germes intracellulaires, les staphylocoques, *Bacillus pyocyaneus* et les mycobactéries (Chaussade *et al.*, 2013).

1.4.3. Résistance aux antibiotiques

Il existe de nombreuses définitions du terme « résistance bactérienne aux antibiotiques », basées sur différents critères (génétiques, biochimiques, microbiologiques et cliniques). La surveillance de la consommation d'antibiotiques et de la résistance bactérienne fait partie des stratégies de bon usage et de lutte contre la résistance aux antibiotiques dans les établissements de santé (ES), car son émergence est une réelle menace à l'échelle mondiale (Chaussade *et al.*,

2013). Une souche bactérienne est dite « résistante » lorsqu'elle peut s'adapter et proliférer en présence de concentrations plus élevées d'antibiotique qui inhibent normalement sa croissance (Da *et al.*, 2023).

1.4.3.1. Origine des résistances aux antibiotiques

Le développement des antibiotiques représente l'une des avancées majeures de la médecine moderne, jouant un rôle crucial dans la prise en charge des infections. Cependant, leur utilisation excessive et mal contrôlée engendre des conséquences préoccupantes pour la santé humaine, animale, ainsi que pour l'agriculture et l'environnement (Hadorn & Barbara, 2017).

En effet, une prescription inappropriée, caractérisée par des indications erronées, des posologies inadéquates, des modes d'administration inappropriés ou des durées de traitement insuffisantes, favorise le développement de résistances bactériennes (Serragui *et al.*, 2013). Par ailleurs, l'automédication, définie comme la délivrance et la consommation de médicaments sans prescription ni diagnostic médical, contribue significativement à la surconsommation d'antibiotiques et au renforcement de cette résistance (Serragui *et al.*, 2013).

Dans le secteur agroalimentaire, l'usage des antimicrobiens constitue également un facteur déterminant dans l'émergence de résistances. Comme l'indiquent Da *et al.* (2023) la présence de souches bactériennes résistantes dans les excréments animaux peut avoir des répercussions majeures sur la santé humaine. Le transfert d'agents pathogènes résistants des animaux vers l'homme peut se produire par contact direct, ou via l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés, favorisant ainsi la dissémination des gènes de résistance au sein des bactéries humaines. Ce phénomène est exacerbé par des pratiques d'élevage inappropriées, notamment l'usage de médicaments vétérinaires hors indication, en doses non adaptées, ou sans respect des délais de retrait avant abattage, ce qui peut accentuer la propagation de la résistance aux antibiotiques (Okombe *et al.*, 2016)

1.4.3.2. Types de résistance aux antibiotiques

1.4.3.2.1. Résistance naturelle

La résistance naturelle ou résistance intrinsèque est une caractéristique propre à une espèce bactérienne et partagée par toutes les souches de cette espèce. Elle peut être due à la présence d'un gène chromosomique commun à toutes les bactéries de l'espèce. Pour chaque classe d'antibiotique, il existe des espèces bactériennes pour lesquelles l'antibiotique est inactif par

défaut de cible ou d'accès à la cible. Ainsi, l'absence de paroi chez les mycoplasmes rend les β -lactamines inactives vis à vis de ces bactéries (Mehdi, 2008 ; Meskine & Benabdelkader, 2016). La résistance bactérienne acquise à un antibiotique est un phénomène qui apparaît au niveau des souches d'une espèce donnée, normalement sensible à cet antibiotique.

1.4.3.2.2. Résistance acquise

La résistance acquise se manifeste lorsqu'une ou plusieurs souches d'une espèce bactérienne, initialement sensibles à un antibiotique, développent une insensibilité à celui-ci. Ce phénomène se traduit par l'apparition soudaine d'une résistance à un ou plusieurs antibiotiques chez des bactéries auparavant sensibles. Cette résistance est liée à des mécanismes génétiques incorporés dans l'ADN bactérien, résultant soit de mutations spontanées, soit du transfert de gènes de résistance d'une bactérie résistante à une bactérie sensible, souvent via des plasmides.

Les plasmides sont des molécules d'ADN distinctes du chromosome bactérien, capables de se répliquer de manière autonome et non indispensables à la survie cellulaire. Ils jouent un rôle crucial dans la diffusion de la résistance, constituant à la fois un vecteur majeur de transmission des gènes de résistance et un vaste réservoir génétique.

Par ailleurs, l'acquisition de gènes de résistance peut s'effectuer par transfert horizontal, notamment via trois mécanismes principaux : la transformation (intégration d'ADN libre dans la cellule), la transduction (transfert de gènes par des bactériophages) et la conjugaison (transfert direct d'ADN entre bactéries par contact cellulaire).

1.4.3.2.2.1. Transformation

La transformation est un mécanisme par lequel certaines bactéries acquièrent de l'ADN libre présent dans leur environnement. Au cours de leur cycle cellulaire, ces bactéries peuvent atteindre un état physiologique spécifique, dit « état de compétence », qui leur permet de fixer et d'absorber cet ADN. Ce processus nécessite la présence d'ADN libre, issu de la lyse de cellules voisines, qui est capté par la bactérie réceptrice en phase de compétence. Une fois à l'intérieur de la cellule, cet ADN exogène subit une recombinaison génétique, lui permettant de s'intégrer de façon stable au génome bactérien et d'être transmis aux générations suivantes (Schwarz & Chaslus-Dancla, 2001). Cependant, la transformation joue un rôle limité dans le transfert des gènes de résistance, car l'ADN libre doit présenter une forte similitude avec le matériel génétique de la bactérie réceptrice pour être intégré. De plus, l'ADN libre dans

l'environnement est rapidement dégradé, et seules quelques espèces bactériennes possèdent naturellement cette capacité de compétence (Schwarz & Chaslus-Dancla, 2001).

1.4.3.2.2. Transduction

La transduction est le processus de transfert de matériel génétique (ADN bactérien) d'une bactérie donneuse à une bactérie receveuse par l'intermédiaire d'un bactériophage. Le bactériophage infecte une première bactérie (bactérie donneuse) et injecte son ADN viral à travers la paroi cellulaire. De nouveaux phages se développent et certains intègrent une partie du génome bactérien dans leur capsid (la taille du fragment d'ADN bactérien doit être proche de celle de l'ADN du phage). Lorsque les phages sont libérés, ils infectent d'autres bactéries. Les phages contenant un fragment d'ADN bactérien vont l'injecter dans une nouvelle bactérie (bactérie réceptrice) (Davison, 2019).

1.4.3.2.3. Conjugaison

La conjugaison constitue un mécanisme fondamental de transfert génétique entre bactéries, permettant l'échange d'éléments génétiques essentiels à leur adaptation, survie et dissémination. Ce processus repose sur un contact direct et étroit entre une bactérie donneuse et une bactérie receveuse, établi via un pont cytoplasmique, assurant ainsi un transfert unidirectionnel de matériel génétique. La bactérie recevant un plasmide au cours de ce transfert est désignée sous le terme de transconjugante. La sélection des transconjugants se fait en présence de deux antibiotiques : l'un ciblant la résistance acquise par transfert depuis la souche donneuse, l'autre correspondant à une résistance intrinsèque de la souche receveuse, non transférable. Parmi les éléments génétiques mobiles transmis par conjugaison figurent notamment les plasmides et les transposons, qui jouent un rôle majeur dans la propagation des gènes de résistance aux antibiotiques (Davison, 1999).

1.4.3.3. Plasmides et dissémination des gènes de résistance

Un plasmide est un élément génétique extracellulaire, distinct du chromosome bactérien, capable de répllication autonome. Bien que non essentiels à la survie de la cellule hôte, les plasmides peuvent conférer des fonctions spécialisées, telles que la résistance aux antibiotiques, offrant ainsi un avantage sélectif en milieu contraignant (Martinez-Martinez *et al.*, 1998). Les gènes qu'ils portent ne sont généralement pas présents sur le génome chromosomique et sont fréquemment impliqués dans des mécanismes adaptatifs, améliorant la survie, la croissance et l'adaptabilité des bactéries dans des environnements hostiles. L'une des caractéristiques

fondamentales des plasmides est leur capacité à se répliquer indépendamment du chromosome bactérien. Dans de nombreux cas, ils portent également les gènes nécessaires à leur propre transfert horizontal entre cellules, notamment via le processus de conjugaison. Cette propriété fait des plasmides des vecteurs majeurs dans la dissémination des gènes de résistance aux antimicrobiens (Carattoli *et al.*, 2013). Leur capacité à intégrer des éléments génétiques mobiles, tels que des transposons ou des séquences d'insertion, facilite encore la mobilisation et le transfert de ces gènes à d'autres bactéries.

Les plasmides ont la particularité de pouvoir circuler entre des bactéries appartenant à des espèces, des genres, voire des domaines différents, en fonction de leur largeur de spectre d'hôtes (Thomas & Nielsen, 2005). Ils peuvent ainsi porter des gènes de résistance à une grande variété d'antibiotiques, notamment les β -lactamines, quinolones, aminoglycosides, tétracyclines, sulfamides, triméthoprime, macrolides et chloramphénicol (Carattoli *et al.*, 2009).

Par ailleurs, il n'est pas rare qu'un même plasmide héberge simultanément plusieurs déterminants de résistance appartenant à différentes classes d'antibiotiques. Cela conduit à l'émergence de souches multirésistantes, renforçant la pression de sélection et compromettant l'efficacité des traitements antibiotiques. En ce sens, les plasmides représentent une menace majeure pour le contrôle des infections bactériennes, en raison de leur rôle central dans la propagation rapide et transversale des mécanismes de résistance (Carattoli *et al.*, 2013).

1.4.3.4. Multirésistance

La définition de la multirésistance bactérienne demeure un sujet complexe, nécessitant une approche méthodique et rigoureuse. Selon plusieurs auteurs, la multirésistance se caractérise par la capacité d'une souche bactérienne à résister simultanément à plusieurs classes d'antibiotiques, en raison de l'acquisition de mécanismes génétiques spécifiques. Ces résistances, issues de mutations ou de transferts horizontaux de gènes, réduisent considérablement l'efficacité des traitements antibiotiques disponibles (Mehdi, 2008 ; Meskine & Benabdelkader, 2016). Des avancées majeures dans la compréhension de ces mécanismes ont révélé le rôle central joué par des structures génétiques mobiles appelées intégrons. Ces éléments sont capables de capturer, intégrer et exprimer des gènes de résistance via un mécanisme génétique assimilé à un système de "copier-coller". Longtemps, la dynamique précise de ces échanges est restée peu comprise. Toutefois, des recherches récentes ont démontré que ce processus est activement stimulé par la présence même des antibiotiques dans l'environnement bactérien.

En effet, l'exposition aux antibiotiques induit la synthèse d'une enzyme spécifique, la recombinase intégrase, qui facilite l'intégration et la réorganisation aléatoire des gènes de résistance au sein des intégrons. Cette recombinaison permet aux bactéries d'adapter rapidement leur profil de résistance en réponse aux pressions de sélection. Il est important de noter que l'ordre des gènes dans un intégron détermine leur niveau d'expression : les premiers gènes dans la cassette sont les plus fortement exprimés et confèrent à la bactérie les résistances correspondantes, tandis que les gènes situés en position terminale restent silencieux, mais sont conservés en réserve.

Lors d'une nouvelle exposition à un antibiotique, un réarrangement des gènes peut faire remonter en tête de cassette un gène précédemment inactif, lui conférant ainsi un rôle actif dans la résistance. Ainsi, seules les bactéries possédant la combinaison optimale de gènes résistants survivent, assurant non seulement leur propre persistance, mais également le maintien et la transmission de ces résistances au sein de la population bactérienne (Nouri & Ziadi, 2015).

1.4.3.5. Mécanisme de résistance aux antibiotiques

D'après Muylaert & Mainil (2012), les bactéries ont développé des mécanismes innovants pour neutraliser l'action des agents antimicrobiens. Ces mécanismes comprennent l'inactivation enzymatique de l'antibiotique, la modification ou le remplacement de la cible de l'antibiotique, ainsi que les pompes à efflux et la perméabilité réduite de la molécule (figure 7).

1.4.3.5.1. Inactivation enzymatique de l'antibiotique

L'inactivation enzymatique représente l'un des principaux mécanismes de résistance bactérienne aux antibiotiques. Ce mécanisme est impliqué dans la résistance à plusieurs classes d'antimicrobiens, notamment les fosfomycines, les β -lactamines, les tétracyclines et d'autres familles moléculaires. Des enzymes spécifiques produites par les bactéries sont capables de modifier la structure active de l'antibiotique, soit par clivage, soit par l'ajout de groupements chimiques. Ces modifications empêchent l'antibiotique de se fixer sur sa cible, entraînant ainsi une perte de son activité (Da *et al.*, 2009). Parmi les principales réactions enzymatiques impliquées dans ces processus d'inactivation, on retrouve l'hydrolyse, l'acétylation, la phosphorylation, l'estérification et la nucléotidylation. Ces réactions sont catalysées par diverses enzymes bactériennes spécialisées. Les β -lactamases constituent un exemple bien documenté de ce mécanisme. Il s'agit d'enzymes capables d'hydrolyser la liaison amide du cycle β -lactame des antibiotiques, aboutissant à la formation d'un complexe acylenzyme instable qui se dégrade en un dérivé acide inactif. Parmi elles, les β -lactamases à spectre étendu

(BLSE) – classées comme enzymes de type sérine de classe A – se distinguent par leur capacité à conférer une résistance élevée aux céphalosporines de première et de deuxième générations, ainsi qu'à réduire l'efficacité des céphalosporines de troisième génération (Elhani, 2012). L'émergence des BLSE est principalement attribuée à l'utilisation excessive et prolongée des céphalosporines de troisième génération (C3G), ce qui a favorisé l'apparition de mutations dans les gènes codant les β -lactamases d'origine. Ces mutations ont entraîné une modification de la structure enzymatique, augmentant son affinité pour un plus large éventail de substrats antibiotiques (Sougakoff *et al.*, 1988).

1.4.3.5.2. Efflux actif

Les pompes à efflux, également connues sous le nom de transporteurs actifs, sont des protéines transmembranaires qui régulent l'efflux actif au sein de la cellule. Ces protéines jouent un rôle essentiel dans la protection des bactéries en permettant l'excrétion de métabolites et de composés toxiques étrangers, y compris des antibiotiques (Cattoir, 2004).

1.4.3.5.3. Modification ou remplacement de la cible

La modification de la structure de la cible peut être induite par des procédés de modification structurale ou de remplacement, de manière à ce que le composé antibactérien ne soit plus en mesure de se lier et d'exercer son activité au niveau de la bactérie (Muylaert & Mainil, 2012). Cette modification de la cible peut être induite par des processus de mutation ou de modification enzymatique, conduisant à une réorganisation de la paroi cellulaire. Cette réorganisation a pour effet de protéger les topoisomérases bactériennes de l'activité inhibitrice des quinolones (Muylaert & Mainil, 2012).

1.4.3.5.4. Perméabilité réduite de la molécule

Il est observé un changement de perméabilité de la membrane interne ou externe des Bactéries à Gram Négatif (BGN), qui sont pourvues d'une enveloppe additionnelle jouant le rôle d'une barrière protectrice. La réduction de la perméabilité cellulaire est attribuable à la diminution de l'entrée de l'antibiotique sur son site d'action, induite par l'altération des porines dans la paroi des BGN (Figure 6). Cette altération a pour effet de réduire ou de bloquer la pénétration de l'antibiotique jusqu'à son site d'action (Da *et al.*, 2023). Il est important de souligner que la mutation des porines joue un rôle crucial dans l'émergence d'une résistance.

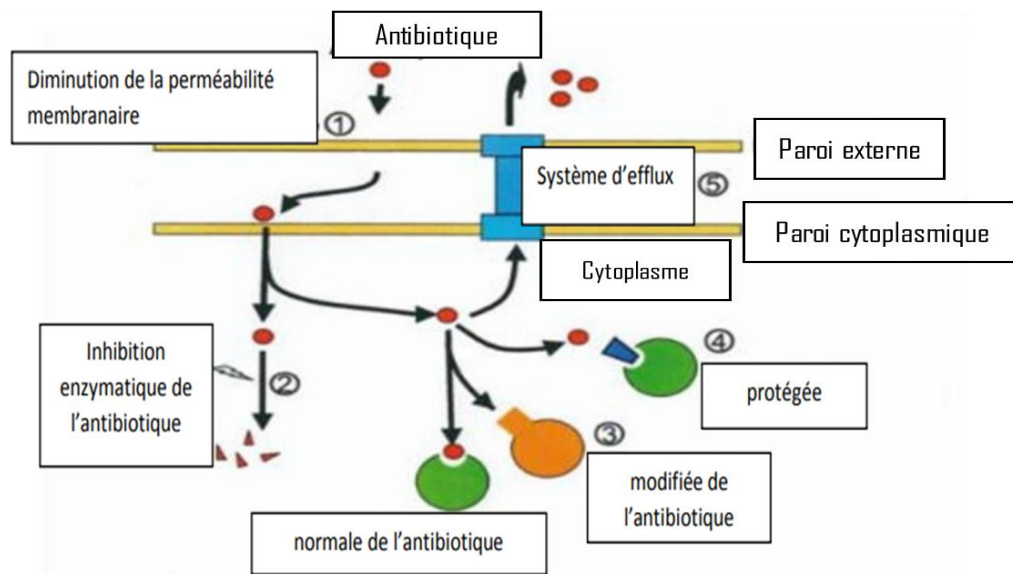


Figure 6 : Mécanismes de résistances aux antibiotiques (Veysiere, 2019)

1.4.3.6. Infections urinaires et la résistance aux antibiotiques

Les IU comptent parmi les infections bactériennes les plus fréquentes et nécessitent généralement une antibiothérapie ciblée visant à éradiquer l'agent pathogène, prévenir les complications, notamment la progression vers des atteintes rénales, et réduire les risques de récurrence (Cavagnaro, 2014). Toutefois, la résistance croissante des bactéries uropathogènes aux antibiotiques, notamment ceux couramment prescrits, constitue un problème de santé publique majeur à l'échelle mondiale (Cag *et al.*, 2021). Cette progression de l'antibiorésistance réduit considérablement les options thérapeutiques disponibles, compliquant ainsi le choix d'un traitement empirique efficace et adapté (Cavagnaro, 2014). Dans ce contexte, il est essentiel de focaliser l'attention sur les principaux agents pathogènes impliqués dans les IU, notamment ceux présentant des profils de multirésistance préoccupants. *Escherichia coli*, en raison de sa fréquence élevée dans les IU communautaires et nosocomiales, occupe une place centrale. Il

est particulièrement redouté pour sa résistance aux céphalosporines de troisième génération, notamment par la production de β -lactamases à spectre étendu (BLSE), ainsi que pour sa résistance croissante aux quinolones. D'autres uropathogènes problématiques incluent *Enterococcus spp.*, souvent résistants à la vancomycine, *Pseudomonas aeruginosa*, qui présente une résistance marquée aux céphalosporines de troisième génération et aux quinolones, ainsi que *Enterobacter spp.* et *Klebsiella pneumoniae*, fréquemment associés à une multirésistance médiée également par des BLSE (Cavagnaro, 2014).

1.4.3.7. Coûts socioéconomiques de la résistance bactérienne aux antibiotiques

La résistance bactérienne aux antibiotiques représente un enjeu socioéconomique majeur, dépassant largement le cadre strictement clinique des infections urinaires. Elle engendre une augmentation substantielle des dépenses de santé, une mobilisation accrue des ressources médicales et une perte de productivité à l'échelle individuelle et collective.

Dans le contexte des infections urinaires communautaires dues à *Escherichia coli*, les épisodes impliquant des souches résistantes sont associés à des coûts médicaux significativement plus élevés que ceux causés par des souches sensibles. Les dépenses supplémentaires concernent notamment l'augmentation des consultations en médecine générale, des examens diagnostiques, des prescriptions médicamenteuses et du recours aux soins spécialisés. Une analyse de coût de la maladie réalisée dans le Nord-Ouest de Londres a estimé que les infections urinaires résistantes entraînaient une hausse des coûts comprise entre 28 % et 42 % par épisode comparativement aux infections sensibles (Smith *et al.*, 2025). Dans cette même étude, la résistance au triméthoprimé a été associée à un surcoût moyen estimé à 30 955 FCFA par infection, représentant un excédent global d'environ 264 152 290 FCFA sur l'ensemble de la période étudiée (Smith *et al.*, 2025).

En milieu hospitalier, l'impact économique est également significatif. Une cohorte prospective multicentrique menée au Liban a montré que les infections urinaires à *Escherichia coli* résistants étaient associées à une augmentation de 29 % des coûts totaux d'hospitalisation (3 429 \$ contre 2 651 \$) ainsi qu'à un allongement significatif de la durée de séjour par rapport aux infections sensibles (Iskandar *et al.*, 2021).

Par ailleurs, une revue systématique et méta-analyse publiée dans *JMIR Public Health and Surveillance* a confirmé que l'ensemble des études rapportant des coûts monétaires démontrent des dépenses médicales directes plus élevées pour la prise en charge des infections urinaires

résistantes en milieu hospitalier, notamment en cas d'entérobactéries résistantes aux carbapénèmes (Zhang *et al.*, 2024). Ces infections contribuent à une augmentation substantielle des charges financières pour les prestataires de soins et les systèmes de santé.

Au-delà des coûts directs liés aux soins médicaux, la résistance bactérienne entraîne également des coûts indirects considérables. Ceux-ci incluent la perte de productivité liée aux arrêts de travail prolongés, l'utilisation accrue et prolongée des ressources sanitaires, ainsi que le recours à des antibiotiques de deuxième ligne, généralement plus coûteux.

Ainsi, les travaux de Smith *et al.* (2025), Iskandar *et al.* (2021) et Zhang *et al.* (2024) mettent en évidence que la résistance bactérienne aux antibiotiques constitue un fardeau socioéconomique croissant. Ces données renforcent l'importance des stratégies de prévention, du renforcement de la surveillance de l'antibiorésistance et de la promotion d'un usage rationnel des antibiotiques afin de limiter à la fois son impact sanitaire et économique.

1.5. INTERET DES PLANTES MEDICINALES DANS LA LUTTE CONTRE LES BACTERIES MULTIREsISTANTES (BMR)

1.5.1. Médecines traditionnelles

La médecine traditionnelle regroupe l'ensemble des connaissances, compétences et pratiques basées sur des théories, croyances et expériences spécifiques à diverses cultures, utilisées pour maintenir la santé ainsi que pour prévenir, diagnostiquer, soulager ou traiter les maladies physiques et mentales (OMS, 2000). Également désignée sous les termes de médecine complémentaire, alternative, non conventionnelle ou parallèle, elle existe depuis plusieurs millénaires et sa contribution au traitement de nombreuses pathologies est largement reconnue. Dans les pays en développement, cette médecine traditionnelle demeure particulièrement répandue, notamment en raison de l'insuffisance et de l'inaccessibilité des infrastructures médicales modernes dans les zones rurales isolées, ainsi que du coût élevé des soins prodigués par la médecine conventionnelle. Par ailleurs, depuis les années 1990, on observe un regain d'intérêt pour ces pratiques dans plusieurs pays dits « développés ». Ainsi, à l'échelle mondiale, et tout particulièrement en Afrique subsaharienne, plus de 80 % de la population recourent aux plantes médicinales pour répondre à leurs besoins de santé (Jamila, 2018).

Les plantes constituent la principale ressource exploitée dans le cadre de la médecine traditionnelle. Utilisées soit en totalité, soit sous forme d'organes spécifiques, elles sont

reconnues pour leurs propriétés thérapeutiques, tant en santé humaine qu'animale. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 80 % des populations des pays en développement utilisent ces remèdes végétaux pour traiter diverses affections, notamment des troubles digestifs, respiratoires et des infections urinaires. La persistance et la prévalence de ces pratiques ancestrales, malgré la prédominance de la médecine moderne, s'expliquent en partie par leur efficacité démontrée. En effet, l'OMS a mis en lumière cette efficacité à travers 50 essais thérapeutiques randomisés (ETT) publiés dans la revue *Therapeutics Letter* (OMS, 2002). Par ailleurs, de nombreuses études ont rapporté que les extraits de plantes contiennent des composés chimiques bioactifs dotés d'une activité antimicrobienne, efficace contre un large spectre de micro-organismes tels que les bactéries, levures et champignons (Basli *et al.*, 2012).

1.5.1.1. Plantes médicinales : des réservoirs de composés bioactifs

Les plantes médicinales sont reconnues depuis des millénaires pour leurs vertus thérapeutiques. Leur efficacité repose en grande partie sur la présence de métabolites secondaires, des composés organiques qui, bien qu'ils ne participent pas directement aux fonctions vitales de la plante (comme la croissance ou la reproduction), jouent un rôle essentiel dans les interactions avec l'environnement (Porras *et al.*, 2020). Ils contribuent à la défense contre les pathogènes, les herbivores et les stress abiotiques (Harbone & Williams, 2000). Souvent spécifiques à une espèce ou à un groupe restreint, ces composés sont classés en grandes familles, parmi lesquelles :

- Les phénols et polyphénols, largement répandus dans le règne végétal, sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anti-allergènes et antitumorales (Porras *et al.*, 2020). Ils protègent les cellules contre le stress oxydatif et jouent un rôle crucial dans la prévention de maladies chroniques (Hartmann, 2007) ;
- Les flavonoïdes, sous-classe des polyphénols, participent à la pigmentation des plantes et à leur défense contre les rayons UV. Ils possèdent aussi des effets anti-inflammatoires, antiviraux et antioxydants importants (Crozier *et al.*, 2008). Parmi eux, les anthocyanes, pigments rouges à bleus présents dans de nombreux fruits, sont connus pour leurs activités anti-inflammatoires, antioxydantes et cardioprotectrices (Zhang *et al.*, 2017).

- Les saponines sont des glycosides aux propriétés tensioactives. Elles présentent une activité antifongique, antibactérienne et immunostimulante (Hostettmann & Marston, 1995), et sont particulièrement intéressantes pour leurs effets hémolytiques et leur capacité à former des complexes avec le cholestérol ;
- Les terpènes et terpénoïdes, composés volatils souvent responsables des arômes et des huiles essentielles, jouent un rôle dans la défense des plantes contre les herbivores et les agents pathogènes (Wink, 1998). Certains, comme le taxol, un diterpène, sont exploités en chimiothérapie pour leurs propriétés anticancéreuses
- Les alcaloïdes, composés azotés à activité biologique puissante, ont une fonction défensive contre les prédateurs. Leur diversité structurale et fonctionnelle en fait une source majeure de médicaments : morphine, quinine, atropine, etc. (Wink, 1998). Ils sont également impliqués dans le transfert d'électrons au niveau des mitochondries et des chloroplastes (Macheix *et al.*, 2005) ;
- Les tanins, composés phénoliques aux propriétés astringentes, antioxydantes et antiseptiques, sont utilisés en phytothérapie pour traiter les infections, stopper les hémorragies, ou encore lutter contre la diarrhée et les irritations cutanées (Richard, 1980).

Cette richesse phytochimique confère aux plantes médicinales une grande diversité d'usages thérapeutiques. De nombreuses substances issues de ces métabolites sont aujourd'hui exploitées dans divers domaines, notamment en pharmacologie, pour leurs propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et protectrices contre plusieurs pathologies humaines (Porrás *et al.*, 2020 ; Chassagne *et al.*, 2021).

1.5.1.2. Propriétés antimicrobiennes et antioxydantes des plantes médicinales

De nombreuses études ont démontré que certaines plantes possèdent une double activité antimicrobienne et antioxydante (Chassagne & Quave, 2021). L'activité antimicrobienne se manifeste par l'inhibition de la croissance bactérienne, la perturbation de la membrane cellulaire ou l'inhibition de mécanismes enzymatiques essentiels chez les pathogènes (Chassagne & Quave, 2021). Parallèlement, l'activité antioxydante permet de piéger les radicaux libres produits lors de l'inflammation infectieuse, réduisant ainsi les dommages tissulaires et le stress oxydatif (Chanda & Dave, 2009). Ces deux actions combinées renforcent l'efficacité thérapeutique des extraits végétaux dans le traitement des infections, en particulier celles associées à des pathogènes multirésistants.

1.5.1.2.1. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des extraits végétaux est principalement liée à la présence de composés capables d'altérer la membrane cellulaire des micro-organismes, d'inhiber leurs enzymes ou d'interférer avec leur matériel génétique (Rios & Recio, 2005). Les flavonoïdes, par exemple, peuvent provoquer la perméabilisation des membranes bactériennes, tandis que les tanins forment des complexes avec les protéines microbiennes, altérant leur métabolisme (Cowan, 1999). D'autres composés comme les saponines et les alcaloïdes possèdent également des propriétés antimicrobiennes notables, agissant par des mécanismes diversifiés tels que la formation de pores dans les membranes ou la perturbation des voies de signalisation intracellulaires (Hostettmann & Marston, 1995 ; Wink, 1998). Ces actions combinées confèrent aux extraits végétaux une large efficacité contre un spectre varié de pathogènes, incluant bactéries Gram-positives et Gram-négatives, champignons et certains virus (Kuetze, 2010).

Face à l'émergence préoccupante de souches bactériennes multi-résistantes, notamment dans le cadre des infections nosocomiales et urinaires, la quête de nouvelles molécules antimicrobiennes issues de sources naturelles est devenue une priorité majeure en pharmacologie (WHO, 2020). Les plantes médicinales, riches en composés bioactifs, représentent une source prometteuse pour le développement d'alternatives thérapeutiques efficaces, moins coûteuses et potentiellement moins susceptibles de générer des résistances (Rios & Recio, 2005). Ainsi, l'étude et la valorisation de leurs extraits contribuent à enrichir l'arsenal thérapeutique face aux défis actuels de la résistance microbienne.

1.5.1.1.2. Activité antioxydante et lien avec le traitement des infections

L'activité antioxydante des plantes médicinales repose sur leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à limiter le stress oxydatif, un phénomène qui survient lorsque la production de molécules réactives de l'oxygène (ROS) dépasse les capacités de défense naturelles de l'organisme (Halliwell & Gutteridge, 2015). Ce stress oxydatif est souvent impliqué dans la pathogenèse de nombreuses infections, aggravant les lésions tissulaires et perturbant les réponses immunitaires. Ces ROS, produits de manière endogène principalement lors du métabolisme mitochondrial mais aussi par des enzymes comme le cytochrome P450, les synthèses d'oxyde nitrique ou encore les enzymes pro-inflammatoires (cyclooxygénase, lipoxygénase), peuvent entraîner un stress oxydatif lorsqu'ils sont produits en excès (Auten & Davis, 2009). Ce stress oxydatif provoque des lésions aux lipides, aux protéines et à l'ADN,

compromettant la fonction cellulaire et favorisant l'installation ou l'aggravation d'infections. Dans ce contexte, les antioxydants, qu'ils soient d'origine endogène ou exogène, jouent un rôle protecteur en neutralisant ces radicaux libres hautement réactifs. La défense antioxydante naturelle de l'organisme comprend des enzymes (superoxyde dismutase, glutathion peroxydase) ainsi que des molécules non enzymatiques telles que les vitamines A, C et E (Jacqui Adcock, 2018 ; Rizvi *et al.*, 2014). Par exemple, la vitamine C, hydrosoluble, agit comme un piègeur direct de radicaux libres et régénère la vitamine E liposoluble, qui protège les membranes cellulaires contre l'oxydation lipidique. Par ailleurs, les polyphénols, notamment les flavonoïdes, anthocyanes, tanins, alcaloïdes et saponines issus des plantes médicinales, constituent une source majeure d'antioxydants naturels (Haleng *et al.*, 2007 ; Lahouel *et al.*, 2006). Ces composés exercent une double action bénéfique : ils piègent directement les espèces oxygénées réactives (ROS) et chélatent les métaux de transition pro-oxydants tels que le fer et le cuivre, responsables des réactions de Fenton qui amplifient la formation des radicaux hydroxyles (HO·), parmi les plus toxiques (Pincemail *et al.*, 2001).

Enfin, face aux controverses entourant l'usage des compléments alimentaires synthétiques, les extraits végétaux riches en composés phénoliques représentent une alternative prometteuse pour renforcer les défenses antioxydantes naturelles de l'organisme, avec un profil d'efficacité et de sécurité souvent supérieur (Haleng *et al.*, 2007). La valorisation de ces ressources naturelles s'inscrit donc dans une approche intégrative de la santé, alliant tradition et innovation pharmaceutique.

1.5.2. Limites des travaux antérieurs sur l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des IU

Les IU représentent l'un des motifs les plus fréquents de consultation médicale dans le monde, touchant particulièrement les femmes, les personnes âgées et les patients immunodéprimés (Flores-Mireles *et al.*, 2015). Face à la progression alarmante de la résistance aux antibiotiques chez les agents pathogènes urinaires notamment *Escherichia coli* et *Staphylococcus* spp. Les plantes médicinales apparaissent comme des alternatives prometteuses pour le développement de nouveaux médicaments (Nikaido, 2009 ; WHO, 2020).

En outre, plusieurs études ont démontré que les plantes médicinales, grâce à leur richesse en métabolites secondaires bioactifs tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins et les

saponines, peuvent exercer une activité antimicrobienne significative contre un large spectre de micro-organismes pathogènes (Cowan, 1999 ; Kuete, 2010). En particulier, certains extraits de plantes ont montré des effets comparables, voire supérieurs, à ceux des antibiotiques conventionnels sur des souches bactériennes sensibles et résistantes. Ces résultats confirment que les plantes sont une source prometteuse de nouvelles molécules antimicrobiennes, capables de contourner les mécanismes de résistance développés par les bactéries multirésistantes. Cependant, si plusieurs espèces ont révélé un potentiel thérapeutique intéressant, d'autres plantes traditionnellement utilisées restent peu explorées scientifiquement. C'est notamment le cas de *Anthocleista nobilis*, une espèce africaine largement utilisée en médecine traditionnelle, mais dont les propriétés antimicrobiennes et antioxydantes n'ont pas encore été pleinement documentées, pour le traitement des IU.

1.5.3. Présentation de *Anthocleista nobilis*

1.5.3.1. Classification et taxonomie

Anthocleista nobilis est une espèce appartenant au genre *Anthocleista* dans la famille des Loganiaceae. Cette espèce est largement reconnue dans le cadre de la flore tropicale, particulièrement en Afrique de l'Ouest et Centrale. Voici sa classification taxonomique selon Cronquist (1981)

Règne	:	Plantae
Division	:	Tracheophyta
Classe	:	Magnoliopsida
Sous-classe	:	Asteridae
Ordre	:	Gentianales
Famille	:	Loganiaceae
Genre	:	<i>Anthocleista</i>
Espèce	:	<i>Anthocleista nobilis</i> G. Don

1.5.3.2. Description botanique

C'est un arbre de taille petite à moyenne atteignant 25 à 30 mètres de haut ; le tronc sans branche dépasse 15 m de haut et peut atteindre 90 cm de diamètre. Son écorce est lisse, gris pâle, mais l'écorce interne est jaune crème et granuleuse, avec des rameaux à deux épines au-dessus de l'aisselle des feuilles (Figure 7). Les feuilles sont opposées, groupées à l'extrémité des rameaux,

simples ; pétiole de 1-6 cm de long, auriculé ; limbe oblong-elliptique, obovate-elliptique à oblancéolé, 7-35 cm × 4-12 cm, pouvant atteindre 150 cm × 25 cm chez les jeunes plantes, base longuement décurrente, apex arrondi, marge ondulée et recourbée (Burkill, 1985). Inflorescence en cyme dichasiale terminale, érigée, de 12 à 60 cm de long, avec de nombreuses fleurs ; pédoncule et branches de couleur crème ou verte, épaissis aux nœuds. Les fleurs sont bisexuées, régulières ; sépales 4, libres, orbiculaires à ovales-elliptiques, 7-10 mm de long ; corolle avec tube cylindrique 30-45 mm de long, charnue, lobes 11-14, oblongs-lancéolés, 9-12 mm de long, obtus à arrondis, étalés, blancs ; étamines aussi nombreuses que les lobes de la corolle et alternant avec eux, fils extériorisés, fusionnés ; ovaire supère, obovoïde, 6-7 mm × 3-4 mm, 4-loculaire. Les fruits sont des baies ellipsoïdes de 3-4 cm × 2-2,5 cm, à parois épaisses, vertes, contenant de nombreuses graines. Les graines sont obliquement ovoïdes-globuleuses, 2-2,5 mm × 1,5-2 mm, brun foncés (Assi, 1984).



Figure 7 : *Anthocleista nobilis* (Leeuwenberg, 1961)

1.5.3.3. Situation géographique et habitat

L'espèce est répandue dans les forêts tropicales humides d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale. En Côte d'Ivoire, elle prospère dans les forêts de Tai, Banco, Daloa et Man. On la trouve également au Ghana, au Nigeria, en Guinée équatoriale et au Cameroun. L'espèce se trouve dans les forêts sempervirentes et secondaires (Kone & Vroh, 2022).

1.5.3.4. Usages traditionnels

Anthocleista nobilis est fréquemment utilisé dans toute son aire de répartition pour ses puissantes vertus purgatives et diurétiques. La décoction de racine est généralement prise pour

traiter la constipation et pour ses vertus emménagogues et abortives. Elle s'utilise en lotion, en bain ou en bain de vapeur pour traiter la lèpre, les maladies vénériennes, les œdèmes (Burkill, 1985). En Sierra Leone, la décoction de racines se prend avec du citron contre l'hépatite. La pulpe d'écorce s'emploie en lavement pour traiter les parasites intestinaux. La décoction d'écorce se boit ou s'utilise en bain de vapeur pour traiter la fièvre, les maux d'estomac, la lèpre, la gonorrhée et la dysménorrhée. Au Sénégal, au Liberia et au Ghana, l'écorce de tige ou bien la poudre des jeunes rameaux verts s'appliquent frais ou en pâte sur les plaies, les abcès ou les plaies ulcérées. En Côte d'Ivoire, les Oubis utilisent la décoction de l'écorce de rameaux et de feuilles, avec celles de *Thaumatococcus daniellii* (Bennet) Benth., en gouttes nasales pour traiter les maux de tête et les infections urinaires (kouadio *et al.*, 2014). L'écorce de rameau de *Anthocleista nobilis* et de *Zanthoxylum gillettii* (De Wild.) P.G. Waterman réduite en pâte et en application locale sert à traiter les rhumatismes.

DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET
METHODES

2.1. MATERIEL

2.1.1. Matériel biologique

2.1.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de l'écorce de *Anthocleista nobilis*, une espèce appartenant à la famille des Loganiaceae (Figure 8). Les écorces ont été acquises auprès d'herboristes de la région du Haut-Sassandra, notamment à Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Ce choix d'approvisionnement se justifie par l'expertise des herboristes et des praticiens traditionnels, qui récoltent les plantes dans leur milieu naturel en respectant les périodes et techniques adéquates. Les échantillons obtenus avaient été préalablement récoltés en milieu rural par des praticiens de la médecine traditionnelle, puis identifiées par des botanistes de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa.



Figure 8 : Matériel végétal étudié

(a) Ecorce de *Anthocleista nobilis* ; (b) Poudre de l'écorce

2.1.1.2. Bactéries testées

Au total, vingt-deux (22) isolats bactériens ont été collectés à partir d'échantillons d'urine. Ces souches proviennent du service de bactériologie du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Daloa. Les espèces reçues se répartissent comme suit : quatorze (14) souches du genre *Staphylococcus*, six (6) souches appartenant à la famille des entérobactéries (*Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Enterobacter hormaechei* et *Shigella flexneri*), ainsi que deux (2) souches de *Enterococcus faecalis*.

2.1.2. Matériel technique

Pour la réalisation de cette étude, divers équipements et consommables de laboratoire ont été mobilisés. Le tableau III présente l'ensemble du matériel utilisé, accompagné des fonctions spécifiques de chaque élément dans le déroulement des expérimentations.

Tableau III : Equipements de laboratoire utilisé

Désignations	Marques	Rôles
Autoclave	VARIOKLAV®	Stériliser les milieux de cultures, embouts et tubes
Balance numérique	OHAUS CS SERI®	Obtenir les différentes pesées
Bain marie	Fisher Scientific Polytest 12	Dissoudre, régénérer les milieux de cultures
Etuve	BINDER®	Incuber les différentes cultures bactériennes et sécher les extraits de plantes
Réfrigérateur	DAEWOO®	Conserver des souches, des produits et réactifs à basse température
Centrifugeuse	SIGMA 2-16P®	Séparer les différentes phases des solutions
Thermocycleur	miniPCR bio™	Amplifier les fragments d'ADN
Dispositif d'électrophorèse	VILBER®	Faire la migration des fragments d'ADN
Lecteur de gel	VILBER®	Observer les amplicons
Bec Bunsen		Créer les conditions aseptiques
Applicateur de disques	BIORAD®	Poser les disques d'antibiotiques
Densimat	VITEK®	Mesurer la turbidité de la suspension bactérienne
Mortier		Broyer les plantes séchées

2.1.3. Consommables et produits chimiques

2.1.3.1. Matériel de collecte des isolats bactériens reçus au CHR

Le Bouillon Cœur Cervele (BCC) de 5% de glycérol, des cryotubes, un bac à glace et des accumulateurs de froid ont permis de collecter les isolats bactériens au laboratoire Bactériologie-Virologie du CHR pour le Laboratoire d'Agro-valorisation de l'Université Jean Lorougnon Guédé.

2.1.3.2. Matériel pour la revivification et la culture des isolats bactériens

Le milieu Luria-Bertani (LB) et la gélose ordinaire ont été utilisés pour la revivification et la culture des isolats bactériens reçus au Laboratoire Bactériologie-Virologie du CHR Daloa.

2.1.3.3. Milieux de culture et antibiotiques utilisés pour les tests d'antibiogramme et de sensibilité aux extraits de plantes

Dans le cadre de cette étude, le milieu de culture Mueller-Hinton (MH) a été utilisé à la fois sous forme de gélose et de bouillon. La gélose MH a servi de support pour la réalisation des tests d'antibiogramme par la méthode de diffusion en disque, conformément aux recommandations du Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CASFM). Elle a également été employée pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits de *Anthocleista nobilis* en milieu solide. Pour les tests en milieu liquide, le bouillon MH a été utilisé.

Par ailleurs, plusieurs antibiotiques de référence ont été testés dans le cadre de l'antibiogramme. Ils couvrent différentes familles telles que les bêtalactamines, fluoroquinolones, aminosides, etc. La liste complète des antibiotiques testés, ainsi que leurs charges respectives et codes normalisés sont détaillés dans le tableau IV.

Tableau IV: Liste des disques d'antibiotique testés sur les souches bactériennes

Famille d'antibiotiques	Molécules
Bêtalactamine	Céfoxitine (FOX) 30µg
	Ceftriaxone (CRO) 30µg
	Ampicilline (AMP) 10µg
	Ceftazidime (CZD) 10µg
	Pipéracilline (PIL) 30µg
Carbapénème	Meropénème (MEN) 10µg
Macrolide, Lincosamide, Streptogramine	Clindamycine (CMN) 2µg
	Érythromycine (ERY) 3µg
Fluroquinolones	Lévofoxacine (LVX) 5µg
	Ciprofloxacine (CIP) 5µg
	Moxifloxacine (MXF) 5µg
Aminosides	Gentamicine (GMN) 10µg
	Amikacine (AKN) 30µg
Divers	Acide Fusidique (FAD) 10µg

2.1.3.4. Matériel et réactifs pour l'extraction de l'ADN plasmidique et l'amplification

Les produits utilisés pour extraire l'ADN plasmidique des isolats bactériens étaient, l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA), chlorhydrate de tris (hydroxyméthyl) aminométhane (Tris-HCL), l'hydroxyde de sodium (NaOH), l'isopropanol, l'éthanol, Acétate de Potassium, l'ARNase et l'eau ultrapure. Le matériel d'amplification était constitué d'un Mini-thermocycler (MiniPCR Bio™) et d'amorces spécifiques dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau V. Le milieu réactionnel utilisé était constitué d'un tampon PCR 5X contenant du chlorure de magnésium (MgCl₂), des désoxyribonucléotides triphosphates (dNTP), de l'eau ultrapure (H₂O) et des amorces. De l'agarose lyophilisé a été utilisé pour préparer le gel de migration électrophorétique. Par ailleurs, la solution de Tris-Acétate-EDTA (TAE) a été utilisée comme tampon pour l'électrophorèse et comme solvant pour la préparation du gel d'agarose. La solution de gel a été utilisée comme agent intercalant nécessaire pour visualiser les fragments d'ADN à l'aide d'un trans-illuminateur ultraviolet.

2.1.3.5. Solvants et réactifs pour le triphytochimique et l'activité antioxydante

L'ensemble des solvants et réactifs utilisés pendant cette étude ont été de qualité analytique. Pour ce faire, l'eau, l'éthanol, acétone et éther de pétrole ont été utilisés comme solvant pour l'extraction des principes actifs de *Anthocleista nobilis*. Par ailleurs, les tests de détection des différentes familles de métabolites secondaires ont été réalisés à l'aide des réactifs suivants : anhydride acétique, acide sulfurique concentré, alcool de chlorure ferrique 2 %, alcool chlorhydrique, copeaux de magnésium, hydroxyde d'ammonium, acide chlorhydrique concentré, alcool amylique, formaldéhyde à 40 %, acétate de sodium, chlorure ferrique à 1%, alcool à 60 °. Concernant le dosage des métabolites secondaires les produits suivants ont été utilisés pour réalisation de l'analyse. Il s'agit entre autres : carbonate de sodium à 7,5 %, chlorure d'aluminium, nitrite de sodium 5%, chlorure d'aluminium 10 %, hydroxyde de sodium, vanilline méthanoïque 4%, acide chlorhydrique concentré 37 %, Méthanol. Enfin, pour l'évaluation de l'activité antioxydante persulfate de potassium, méthanol, ABTS (2,2'-azinobis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonate), 2,2 diphényl-1-picryl hydrazyl (DPPH) et éthanolique 96 % ont été utilisés.

2.2. METHODES

2.2.1. Enquête sur les plantes médicinales utilisées dans le traitement des IU dans la région du Haut-Sassandra

2.2.1.1. Choix des sites de l'enquête

Les sites d'enquête ont été sélectionnés en fonction du nombre d'herboristes et de tradipraticiens présents dans chaque localité, afin de garantir la disponibilité d'informateurs qualifiés et représentatifs pour l'étude. Dans ce cadre, une pré-enquête d'un mois a été réalisée auprès des herboristes et tradipraticiens de la région du Haut-Sassandra. Quatre localités (Daloa, Vavoua, Issia et Gonaté) ont été sélectionnées en fonction du nombre d'herboristes et de tradipraticiens.

2.2.1.2. Description de la zone d'étude

Cette étude a été menée dans la région du Haut-Sassandra, au centre-ouest de la Côte d'Ivoire, plus précisément dans quatre localités : Daloa, Vavoua, Issia et Gonaté (Figure 9). La région du Haut-Sassandra est limitée au sud par les régions du Gôh et de la Nawa, à l'ouest par les régions du Guémon et du Tonkpi, au nord par les régions du Worodougou et du Béré, et à l'est par la région de la Marahoué (Koffi-Bikpo & Kra, 2013). Sa superficie est de 17 761 km² (Koffi-Bikpo & Kra 2013) et sa population estimée à 1 430 960 habitants (INS, 2014). La température moyenne annuelle est de 26°C, avec une pluviométrie moyenne d'environ 1 276 mm par an, et elle est située aux coordonnées géographiques 7°0' 0"N/6° 34'60"W (Tra-Bi *et al.*, 2015). Cette région comprend six départements, le département de Daloa étant limité au nord par Vavoua, au sud par Issia, à l'est par Gonaté, Zuénoula et Bouaflé, et à l'ouest par Duékoué. La région du Haut-Sassandra est la deuxième zone de production de fèves de cacao en Côte d'Ivoire, contribuant à plus de 12 % de la production nationale annuelle (N'guessan *et al.*, 2014).



Figure 9 : Carte montrant la localisation de la zone d'étude

2.2.1.3. Collecte des échantillons

Entre octobre 2022 et janvier 2023, une enquête de terrain a été menée auprès des herboristes et tradipraticiens des quatre localités mentionnées. L'étude s'est basée sur une enquête ethnopharmacologique à l'aide d'un questionnaire semi-structuré (Martin, 2010). Des visites préliminaires ont été effectuées pour établir un rapport avec les participants. Les entretiens ont été menés en français ou dans la langue locale, avec l'aide d'un interprète si nécessaire. Le questionnaire comprenait deux parties : la première portait sur les données sociodémographiques des personnes interrogées (localité, sexe, âge, niveau d'étude, groupe ethnique), tandis que la seconde abordait les plantes médicinales utilisées (partie utilisée, méthode de préparation et d'administration) ainsi que les types d'IU traitées. Chaque herboriste a été interrogé individuellement afin de garantir la confidentialité. Le nombre d'herboristes sélectionnés par marché était basé sur ce critère. Les marchés sélectionnés comprenaient au moins deux herboristes, connus pour la diversité de leurs plantes médicinales. Les enquêtes ont été réalisées en utilisant la méthode d'achat de triplets de recettes médicinales (Klotoé *et al.*,

2013). En ce qui concerne les tradipraticiens, une liste des praticiens de la zone d'étude a été obtenue auprès du Ministère de la Santé.

Leur sélection s'est faite sur la base de leur réputation locale. L'étude a reçu l'approbation éthique (No. 326-2022 /MESRS/UJLoG /PVURIT/SD/OZE) de l'Université Jean Lorougnon Guédé. Au total, 349 herboristes et tradipraticiens des villes de Daloa, Vavoua, Issia et Gonaté ont été interrogés après avoir donné leur consentement éclairé. Toutes les plantes mentionnées ont été collectées et identifiées avec l'aide de botanistes de l'Université Jean Lorougnon Guédé. Les spécimens de référence ont été déposés dans l'herbier du département de biologie de la même université.

2.2.1.4. Indice ethnobotanique

2.2.1.4.1. Fréquence de citation (FC)

La fréquence de citation permet ainsi d'évaluer la crédibilité des informations reçues et le niveau de connaissance des plantes de la population enquêtée (Betti, 2003). La fréquence de citation (FC) d'une espèce correspond au nombre de répondants ayant cité l'espèce.

2.2.1.4.2. Fréquence relative de citation (FRC)

La fréquence relative de citation (FRC) est obtenue en divisant la fréquence de citation (FC) par le nombre total d'informateurs dans l'enquête (N=349). La valeur de la FRC pour les espèces médicinales est basée sur le pourcentage d'informateurs citant chaque espèce. La valeur RFC a été calculée à l'aide de la formule suivante (Tardío & Pardo-de-Santayana, 2008). Les espèces dont la fréquence relative de citation est élevée sont celles dont l'usage est le plus important.

$$\boxed{FRC=FC /N} \quad \text{Avec } (0 < FRC < 1)$$

2.2.1.4.3. Valeur d'usage ethnobotanique (VU)

La valeur d'usage de chaque espèce ou espèce avec valeur d'usage (VU) peut être calculée selon la formule d'Albuquerque *et al.* (2006).

$$\boxed{VU = U/N}$$

U représente le nombre d'usages dans lesquels l'espèce (s) est mentionnée et N, le nombre d'informateurs ayant mentionné l'espèce (s).

2.2.1.4.4. Niveau de Fidélité (NF)

Le niveau de fidélité (FL) est le pourcentage d'informateurs qui ont mentionné l'utilisation de certaines espèces végétales pour traiter une maladie particulière dans la zone d'étude. L'indice NF est calculé à l'aide de la formule suivante (Friedman *et al.* 1986).

$$NF (\%) = N_p / N \times 100$$

N_p est le nombre d'informateurs qui signalent l'utilisation d'une espèce végétale pour traiter une maladie particulière, et N est le nombre d'informateurs qui utilisent ces plantes comme médicaments pour traiter une maladie donnée.

2.2.1.4.5. Indice de Consensus des Informateurs (ICF)

Il s'agit d'un indice souvent utilisé pour les utilisations médicinales des plantes. Mais son utilisation peut être étendue à d'autres catégories d'utilisation, qui peuvent être subdivisées en sous-catégories d'utilisation. Le facteur de consensus des informateurs (ICF) a été dérivé pour rechercher un accord entre les informateurs sur les remèdes rapportés pour chaque groupe de maladies (Heinrich, 2008). En pratique, des valeurs ICF proches de zéro indiquent que les plantes ont été sélectionnées de manière aléatoire ou que les informateurs n'ont pas partagé d'informations sur leur utilisation. A l'inverse, des valeurs d'ICF proches de 1 suggèrent l'existence de critères de sélection ou d'un échange d'informations entre les informateurs sur l'utilisation des espèces végétales (Zivkovic *et al.*, 2021).

$$ICF = \frac{N_{ur} - N_t}{N_{ur} - 1}$$

N_{ur} est le nombre total de citations d'utilisation et N_t est le nombre total d'espèces.

2.2.2. Collecte des échantillons bactériens

Les isolats bactériens ont été collectés dans le laboratoire de bactériologie-virologie du CHR pour le Laboratoire d'Agro-valorisation de l'Université Jean Lorougnon Guédé, en utilisant un bouillon de cerveau à 5% de glycérol (BCC), des cryotubes, un bac à glace et des accumulateurs de froid. Au total, 22 isolats bactériens ont été collectés.

2.2.3. Détermination de la sensibilité aux antibiotiques

La méthode utilisée est la technique de diffusion de l'antibiotique en milieu gélosé. Cette technique est subdivisée en plusieurs étapes selon la méthode proposée par le comité d'antibiogramme de la société Française de microbiologie.

2.2.3.1. Préparation de l'inoculum

À partir d'une culture de 24 heures des souches à tester, une suspension bactérienne a été préparée dans une solution de chlorure de sodium (NaCl) à 0,85 %, d'un volume de 2 mL, afin d'atteindre une turbidité équivalente à celle de l'étalon 0,5 de la gamme de McFarland, correspondant à un inoculum d'environ 1×10^8 cellules/mL. Pour cela, plusieurs colonies présentant une morphologie similaire (si possible) ont été prélevées, afin d'éviter la sélection de variants atypiques. Ces colonies ont ensuite été mises en suspension dans de l'eau physiologique. Cette méthode est adaptée à toutes les bactéries. La suspension ainsi obtenue a été standardisée en la comparant à l'étalon 0,5 McFarland, et l'ajustement de la densité de l'inoculum a été effectué à l'aide d'un densitomètre, conformément aux recommandations du CASFM/EUCAST (2021).

2.2.3.2. Ensemencement

Il a consisté à plonger un écouvillon en coton stérile dans la suspension bactérienne et à éliminer l'excès de liquide en tournant cet écouvillon sur les parois du tube. Il est important d'éliminer l'excès de liquide pour éviter une sur-inoculation des boîtes, en particulier pour les bactéries à Gram négatif. La totalité de la surface de la gélose Mueller Hinton (MH) a étéensemencée dans trois directions ou en utilisant un ensemenceur rotatif.

2.2.3.3. Dépôt des disques imprégnés d'antibiotique

Cette étape a consisté à déposer chaque disque imprégné de l'antibiotique à tester fermement à la surface de la gélose inoculée et séchée, manuellement, avec une pince métallique stérile ou à l'aide d'un distributeur de disques d'antibiotiques. Les disques une fois déposés, ne peuvent être déplacés car la diffusion des antibiotiques est très rapide. Le nombre de disques déposés par boîte est limité du fait du chevauchement des zones d'inhibition et pour limiter les interférences entre les antibiotiques. Les différents antibiotiques à poser sur les germes identifiés ont été listés dans le tableau V. Les boîtes ont été incubées dans les 15 min qui suivent le dépôt des disques, sans excéder 30 min. Si elles sont abandonnées à température ambiante après dépôt des disques, la pré-diffusion des antibiotiques engendrera des zones d'inhibition faussement agrandies. Les boîtes ont été incubées à 37 °C en aérobie pendant 16 à 24 h.

2.2.3.4. Lecture

La lecture a été faite par mesure du diamètre de la zone d'inhibition obtenu autour des disques d'antibiotiques à l'aide d'un système automatisé (ADAGIO). Les diamètres de la zone

d'inhibition sont spécifiques à chaque germe (CASFM/EUCAST, 2021). L'interprétation est sensible (S) ou résistante (R) ou intermédiaire (I).

2.2.4. Recherche des gènes de résistance

2.2.4.1. Extraction de l'ADN plasmidique

L'extraction de l'ADN plasmidique a été réalisée selon une méthode de lyse alcaline modifiée, initialement décrite par Birnboim et Doly (1979) et optimisée selon les recommandations de Sambrook *et al.* (1989). Cette méthode permet d'isoler rapidement et efficacement l'ADN plasmidique à partir de souches bactériennes cultivées sur milieu solide (Müller-Hinton). Pour ce faire, une colonie bactérienne unique a été prélevée et inoculée dans 5 mL de bouillon LB, puis incubée à 37 °C pendant 24 heures sous agitation constante à 180 rpm. Après incubation, un volume de 1,5 mL de la culture a été transféré dans un microtube stérile, puis centrifugé à 12 000 g pendant 1 minute. Le culot bactérien obtenu a été soigneusement resuspendu dans 100 µL de solution 1, composée de Tris-HCl 25 mM (pH 8,0), d'EDTA 10 mM et de RNase I. Ensuite, 200 µL de solution 2 (NaOH 0,2 N et SDS 1 %) ont été ajoutés, et le mélange a été homogénéisé doucement par inversion, sans vortex, afin d'éviter toute fragmentation de l'ADN génomique. La lyse a été poursuivie pendant environ 5 minutes à température ambiante, puis stoppée par l'ajout de 150 µL de solution 3 contenant de l'acétate de potassium (3 M, pH 4,8), préparée à partir d'une solution mère à 5 M. Après une homogénéisation douce, le tube a été placé sur glace pendant 10 minutes, suivi d'une centrifugation à 12 000 g pendant 10 minutes à 4 °C. Le surnageant clair, contenant l'ADN plasmidique, a été soigneusement transféré dans un nouveau tube contenant 800 µL d'isopropanol, puis incubé à -20 °C pendant 15 minutes afin de permettre la précipitation de l'ADN. Ce dernier a été récupéré par centrifugation à 12 000 g pendant 10 minutes, le culot obtenu a ensuite été lavé avec 500 µL d'éthanol à 70 %, puis séché à l'air libre pendant environ 10 minutes. L'ADN plasmidique a enfin été resuspendu dans 30 µL de tampon TE (Tris-EDTA) et conservé à -20 °C en vue des analyses moléculaires ultérieures.

2.2.4.2. Détection des gènes codant pour la résistance aux antibiotiques.

Cette analyse a porté sur l'amplification par PCR multiplex des gènes de résistance aux bêtalactamines (bla_{TEM}, bla_{SHV} et bla_{CTX-M}) et des gènes de résistance aux fluoroquinolones (qnrA, B et S) chez les espèces *E. coli* et *Salmonella*. La méthode utilisée est celle décrite par Ahmad & Khalil (2019). En effet, les réactions PCR ont été réalisées en utilisant 2 µL d'ADN matrice (densité de 10 ng/µL), 4 µL de MasterMix (5X), 1 µL de chaque amorce (au total 6 µL par multiplex), et 8 µL de H₂O. Le mélange réactionnel a un volume final de 20 µL. En outre,

Matériel et Méthodes

le gène *mecA*, responsable de la résistance à la pénicilline, a été amplifié chez les staphylocoques. Le programme d'amplification PCR est présenté dans le tableau V, tandis que les amorces spécifiques utilisées pour la détection des gènes de résistance sont listées dans le tableau VI.

Tableau V : Conditions d'amplification des gènes de résistance

Étapes d'amplification	Conditions de température/temps		
	<i>bla</i> _{TEM} , <i>bla</i> _{SHV} et <i>bla</i> _{CTX-M}	<i>qnrA</i> , <i>qnrB</i> et <i>qnrS</i>	<i>mecA</i>
Dénaturation initiale	94°C/5min	95°C/5min	94°C/4min
Dénaturation cyclique	94°C/1min	95°C/30s	94°C/30s
Hybridation	60°C/1min	60°C/30s	60°C/1min
Elongation initiale	72°C/1min	72°C/1min	72°C/2min
Elongation cyclique	72°C/7min	72°C/10min	72°C/4min
Nombre de cycle	30	30	35

Tableau VI : Amorces utilisées pour la détection des gènes de résistance

Germes	Gènes	Sequences (5'→3')	Taille (pb)	Références
<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Enterobacter hormaechei</i>	<i>bla</i> _{TEM}	F: ATGAGTATTCAACATTTCCGTG R: TTACCAATGCTTAATCAGTGAG	840	(Essack, 2000)
	<i>Bl</i> _{SHV}	F: TTTATGGCGTTACCTTTGACC R: ATTTGTCGCTTCTTTACTCGC	1051	(Birket <i>et al.</i> , 2007)
	<i>bla</i> _{CTX-M}	F: GGTAAAAAATCACTGCGTC R: TTGGTGACGATTTTAGCCGC	683	(Meradi <i>et al.</i> , 2011)
	<i>qnrA</i>	F: GATAAAGTTTTTCAGCAAGAGG R: ATCCAGATCGGCAAAGGTTA	543	(Meradi <i>et al.</i> , 2011)
	<i>qnrB</i>	F: GACAGAAACAGGTTACCCGGT R: CAAGACGTTCCAGGAGCAACG	469	(Meradi <i>et al.</i> , 2011)
	<i>qnrS</i>	F: ACGACATTCGTCAACTGCAA R: TAAATTGGCAACCTGTAGGC	417	(Meradi <i>et al.</i> , 2011)

<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Staphylococcus cohnii</i>	mecA	F: TGCTATCCACCCTCAAACAGG R: AACGTTGTAACCACCCCAAGA	286	(Yoko <i>et al.</i> , 2007)
---	------	--	-----	-----------------------------

bla_{TEM}, bla_{SHV} et bla_{CTX-M} : gènes de résistance aux bêta-lactamines ; qnrA, qnrB et qnrS : gènes marqueurs de résistance aux fluoroquinolones ; mecA : résistance à la méticilline

2.2.4.3. Electrophorèse sur gel d'agarose

2.2.4.3.1. Préparation du gel d'agarose

Pour la migration des produits PCR, un gel d'agarose à 1,2% (w/v) a été préparé. Pour ce faire, 1,2 g d'agarose a été ajouté à 98,8 ml de tampon TAE 1X. La préparation a été portée à ébullition dans un four à micro-ondes à 100°C pour obtenir un mélange homogène. Le mélange a été laissé au repos pendant quelques minutes et 1,4 µL de GelRed a été ajouté. Une fois le GelRed ajouté, le gel d'agarose est versé dans une cuve munie d'un peigne. Après solidification, le gel est utilisé pour l'électrophorèse.

2.2.4.3.2. Migration des produits d'amplification et révélation

La migration des produits d'amplification (amplicons) a été réalisée sur un gel d'agarose à 1,2 %, préalablement préparé dans un tampon TAE 1X. Pour chaque échantillon, un volume de 6 µL de produit PCR a été mélangé avec 2 µL de tampon de chargement 5X dans des microtubes Eppendorf stériles de 1,5 mL. Les mélanges ont ensuite été déposés dans les puits du gel à l'aide d'une micropipette à volume variable. Un marqueur de poids moléculaire de 100 pb (ladder) a été chargé dans le premier puits de chaque gel, à raison de 7 µL, afin de permettre l'estimation de la taille des fragments amplifiés. L'électrophorèse a été effectuée sous une tension de 125 volts pendant 30 minutes dans un tampon TAE 1X. À l'issue de la migration, le gel a été immergé dans un bain de coloration contenant 500 mL de tampon TAE 1X additionné de 7 µL de GelRed, et incubé pendant 45 minutes. La visualisation des bandes correspondant aux fragments d'ADN amplifiés a été réalisée à l'aide d'un transilluminateur sous lumière ultraviolette. Les échantillons présentant une bande d'amplification de taille conforme à celle attendue, en comparaison avec le marqueur moléculaire, ont été considérés comme positifs pour le gène ciblé.

2.2.5. Evaluation de l'activité antibactérienne de *Anthocleista nobilis*

2.2.5.1. Préparation du matériel végétal

L'écorce du tronc de la plante *Anthocleista nobilis* a été récoltée, triée, lavée et séchée à température ambiante au Laboratoire d'Agrovalorisation de l'Université Jean Lorougnon Guédé, puis broyée à l'aide d'un mortier pour obtenir une poudre végétale qui a été utilisée pour la préparation des différents extraits. Les extraits aqueux, éthanolique, acétonique et éther de pétrole ont été préparés selon la méthode de (Zirihi *et al.*, 2003). Cent grammes (100g) de poudre de plante ont été macérés dans un litre d'eau distillée, puis agités pendant 24 heures. L'homogénat obtenu a été filtré successivement deux fois sur coton hydrophile puis sur papier filtre Whatman 3 mm. Le filtrat obtenu a été déshydraté à l'aide d'une étuve à la température de 55°C afin d'obtenir l'extrait aqueux. Les extraits éthanolique 70 % (éthanol eau distillée : 70/30 (V/V)), acétonique 70 % (acétone eau distillée : 70/30 (V/V)), et éther de pétrole 70% (éther de pétrole eau distillée : 70/30 (V/V)), ont également été préparés selon la méthode de (Zirihi *et al.*, 2003).

Le rendement est la quantité d'extrait obtenue à partir d'une matière végétale (Bssaibis *et al.*, 2009 ; Dinzedi, 2015). Il est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche (poudre végétale) et a été calculé selon la formule :

$$R (\%) = M1 * 100 / M0$$

R : Rendement de l'extrait exprimé en pourcentage (%), M1 : Masse de l'extrait (en g), M0 : Masse de poudre végétale (en g).

2.2.5.2. Tests d'efficacité des extraits végétaux en milieu solide.

Le test d'efficacité a été réalisé dans le but d'évaluer l'activité antimicrobienne des extraits végétaux étudiés. Pour ce test, le milieu de culture principal utilisé était la gélose Mueller-Hinton, conformément aux protocoles décrits par Soro *et al.* (2010), Golly *et al.* (2012) et Ouattara *et al.* (2016). Les extraits ont été préparés à quatre concentrations différentes (100 mg/mL, 50 mg/mL, 25 mg/mL et 12,5 mg/mL) dans de l'eau distillée stérile, à laquelle a été ajouté 10 % de Tween 20 en tant qu'agent solubilisant. Ces concentrations ont été choisies pour permettre une évaluation progressive de l'activité antimicrobienne des extraits végétaux. Cette gamme descendante permet d'observer clairement la relation dose-effet, d'identifier la concentration minimale inhibitrice potentielle, et d'assurer une solubilité optimale des composés dans le solvant utilisé.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été réalisée à l'aide de la méthode des puits (well diffusion assay). Un inoculum bactérien standardisé à une concentration de 5×10^6 UFC/mL a été utilisé pour l'ensemencement des boîtes de Petri contenant la gélose. Les souches testées étaient *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus epidermidis*. A l'aide d'une pipette Pasteur, des puits ont été pratiqués dans la gélose solidifiée et ensemencée. Dans chacun de ces puits, 50 μ L de chaque concentration d'extrait ont été introduits. Les boîtes ainsi préparées ont été incubées à 37 °C pendant 18 à 24 heures. Chaque test a été réalisé en triplicat afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des résultats. Des puits témoins ont été remplis avec 50 μ L du solvant utilisé pour la préparation des extraits (eau distillée + 10 % Tween 20) afin de vérifier que celui-ci ne présentait pas d'activité antimicrobienne intrinsèque. La présence d'une zone d'inhibition autour du puits a été interprétée comme une indication d'activité antimicrobienne. Le diamètre de cette zone, mesuré en millimètres, a permis de quantifier l'efficacité de chaque extrait à différentes concentrations. L'interprétation des résultats s'est appuyée sur les critères définis par Duraffourd *et al.* (1990) et Ponce *et al.* (2003). Si le Diamètre d'Inhibition (DI) < 8 mm : Extrait inefficace (souche résistante), si $9 < DI < 14$ mm : Extrait efficace (souche sensible), si $15 < DI < 19$ mm : Extrait très efficace (souche très sensible), si $DI > 20$ mm : Extrait extrêmement efficace (souche extrêmement sensible)

2.2.5.3. Test de détermination des paramètres antimicrobiens des extraits végétaux en milieu liquide.

2.2.5.3.1. Préparation de l'inoculum

L'inoculum bactérien a été préparé à partir de colonies âgées de moins de 24 heures, cultivées sur gélose, puis mises en culture dans du bouillon Mueller-Hinton (BMH). Une colonie isolée a été prélevée à l'aide d'une anse de platine stérile, puis resuspendue dans 10 mL de BMH. Cette suspension a été incubée à 37 °C pendant 3 à 5 heures afin d'obtenir une pré-culture en phase exponentielle de croissance. Par la suite, un volume de 100 μ L de cette pré-culture a été transféré dans 10 mL de BMH stérile pour les souches de *Staphylococcus*. La suspension ainsi obtenue correspond à une concentration bactérienne estimée à environ 10^6 UFC/mL. Cette dernière a été utilisée comme inoculum de travail, également désigné comme dilution 10^0 ou inoculum pur.

2.2.5.3.2. Numération de l'inoculum

La numération de l'inoculum a été réalisée par une dilution au 10^{ème} à partir de l'inoculum pur. On a obtenu 4 dilutions à 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴. Ces différentes dilutions ainsi que l'inoculum pur ont étéensemencés à l'aide d'une anse calibrée de 2 µl par stries de 5 cm de long sur une gélose Mueller Hinton puis incubés à 37 °C pendant 24 h. Cette préparation constitue la boîte A.

2.2.5.3.3. Inoculation

Une série de sept tubes à hémolyse, numérotés de C1 à C7, a été utilisée pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits végétaux. Dans chacun des tubes, 1 mL d'inoculum pur a été introduit. Ensuite, 1 mL d'extrait végétal, préparé à différentes concentrations, a été ajouté aux tubes C1 à C6 selon une dilution décroissante. Plus précisément, le tube C1 a reçu 1 mL d'extrait à 200 mg/mL, le tube C2 à 100 mg/mL, le tube C3 à 50 mg/mL, le tube C4 à 25 mg/mL, le tube C5 à 12,5 mg/mL et le tube C6 à 6,25 mg/mL. Le tube C7, utilisé comme témoin de croissance, a reçu 1 mL de bouillon Mueller-Hinton (BMH) stérile à la place de l'extrait. Étant donné que les extraits ont été mélangés à parts égales avec l'inoculum (volume/volume), les concentrations finales dans les tubes ont été divisées par deux, donnant respectivement 100, 50, 25, 12,5, 6,25 et 3,125 mg/mL pour les tubes C1 à C6. Tous les tubes ont été ensuite incubés à 37 °C pendant 24 heures.

2.2.5.3.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI est la plus faible concentration de la substance pour laquelle il n'y a pas de croissance visible à l'œil nu après un temps d'incubation de 18 à 24 h. Sa détermination a été faite par observation du trouble induit par la croissance des germes étudiés dans chaque tube.

2.2.5.3.5. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

La concentration minimale bactéricide (CMB) est définie comme la plus faible concentration d'une substance antimicrobienne permettant d'éliminer au moins 99,99 % des germes, soit ne laissant subsister que 0,01 % de la population initiale. Pour déterminer la CMB, les contenus des tubes ne présentant aucune turbidité après incubation (indiquant une inhibition visible de la croissance) ont été prélevés à l'aide d'une anse calibrée de 2 µL, en commençant par le tube correspondant à la concentration minimale inhibitrice (CMI). Chaque prélèvement a étéensemencé à la surface d'une gélose Mueller-Hinton, à l'aide de stries parallèles d'environ 5 cm de long (boîtes désignées "Boîte B"). Les boîtes ainsiensemencées ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures. A l'issue de l'incubation, le nombre de colonies observées sur les stries de

chaque boîte a été comparé à celui obtenu sur une boîte témoin de numération de l'inoculum initial (dite "Boîte A"). Le premier tube dont l'ensemencement produit une croissance bactérienne inférieure ou égale à celle correspondant à la dilution 10^{-4} de l'inoculum a été considéré comme représentant la concentration minimale bactéricide (CMB). Le rapport CMB/CMI a été calculé pour évaluer la nature de l'activité antimicrobienne des extraits. Selon les critères établis par Marmonier (1990), une substance est considérée comme bactéricide lorsque le rapport CMB/CMI est inférieur ou égal à 4. En revanche, un rapport supérieur à 4 indique plutôt une activité bactériostatique.

À l'issue des tests antibactériens préliminaires réalisés sur les différentes espèces sélectionnées à la suite de l'enquête ethnobotanique, les extraits de *A.nobilis* ont montré une activité inhibitrice plus importante et plus constante que ceux de *Securidaca longepedunculata* sur les souches bactériennes testées. Au regard de ces résultats expérimentaux, *A. nobilis* a été retenue pour la poursuite des investigations approfondies. Celles-ci ont porté notamment sur l'étude phytochimique de ses extraits ainsi que sur l'évaluation détaillée de ses activités antibactérienne et antioxydante.

2.2.6. Criblage Phytochimique

Le criblage a été réalisé suivant les différents tests tirés des travaux de Houghton sur le criblage phytochimique des familles de métabolites secondaires (Houghton, 1995). Le choix de ces familles criblées se justifie par le fait que la majorité des propriétés biologiques des plantes leur sont attribuées (Bruneton, 1999a).

2.2.6.1. Test de détection des stérols et terpènes par la réaction de Lieberman et Burchard

Un volume de 5 mL de la solution à analyser est évaporé à sec dans une capsule sur un bain de sable. Le résidu obtenu est dissout à chaud dans 1 mL d'anhydride acétique puis transvasé dans un tube à essai auquel est ajouté 0,5 mL d'acide sulfurique concentré avec précaution. La réaction est positive, s'il y a apparition d'un anneau pourpre ou violet virant au bleu puis au vert (Houghton, 1995).

2.2.6.2. Test de détection des polyphénols

Une goutte de solution alcoolique de chlorure ferrique 2 % est ajoutée à 2 mL d'extrait. L'apparition d'une coloration bleue noirâtre ou verte plus ou moins foncée traduit la présence de composés phénoliques (Houghton, 1995).

2.2.6.3. Test de détection des flavonoïdes par la réaction à la cyanidine

Deux (2) mL d'extrait sont évaporés. Après refroidissement, le résidu est repris par 5 mL d'alcool chlorhydrique dilué deux fois dans un tube à essais. Ensuite, 2 à 3 copeaux de magnésium ont été ajoutés. L'addition de 3 gouttes d'alcool isoamylique intensifiant une coloration orange ou violacée, indique la présence de flavonoïdes (Houghton, 1995).

2.2.6.4. Test de détection des leucoanthocyanes

Les leucoanthocyanes sont caractérisées par la réaction à la cyanidine sans ajout de copeaux de magnésium avec un chauffage pendant 15 min au bain-marie. En présence de leucoanthocyanes, il se développe une coloration rouge-cerise ou violacée. Quant aux catéchols, elles donnent une teinte brun-rouge (Houghton, 1995).

2.2.6.5. Test de détection des anthocyanes

A 5 mL d'infusé à 5 % présentant une coloration plus ou moins foncée, sont ajoutés 5 mL d'acide sulfurique puis 5 mL d'hydroxyde d'ammonium. Si la coloration s'accroît par acidification puis vire au bleu-violacée en milieu basique, on peut conclure la présence d'anthocyanes (Houghton, 1995).

2.2.6.6. Tests de détection des tanins

2.2.6.6.1. Tanins catéchiques

Un (1) millilitre de solution d'alcool chlorhydrique (mélange de 5 mL d'alcool, 5 mL d'eau distillée, 5 mL d'acide chlorhydrique concentré) est ajouté à 5 mL d'infusé. La solution obtenue est ensuite portée à ébullition pendant 15 minutes. La formation de précipité rouge soluble dans l'alcool amylique indique la présence de tanins catéchiques (Houghton, 1995).

2.2.6.6.2. Tanins galliques

Quinze (15) millilitres de réactif de Stiany (mélange de 10 mL de formaldéhyde à 40% et 15 mL d'acide chlorhydrique concentré) sont ajoutés à 30 mL d'infusé. La solution obtenue est portée à ébullition pendant 15 min au bain marie. La formation d'un précipité révèle la présence de tanins galliques. La solution est filtrée et le filtrat est saturé par l'acétate de sodium, puis quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique à 1% y sont ajoutées. Il apparaît une coloration bleu-noire qui indique la présence de tanins galliques non précipités par le réactif de Stiany (Houghton, 1995).

2.2.6.7. Test de détection des alcaloïdes

Le résidu obtenu à partir de 6 mL d'extrait évaporé est repris dans 6 mL d'alcool à 60 ° (degré alcoolique). La solution alcoolique ainsi obtenue est répartie dans 2 tubes à essais. Dans le

premier tube, sont ajoutées 2 gouttes de réactifs de Dragendorff. L'apparition d'un précipité ou d'une coloration orange indique la présence d'alcaloïdes. Dans le deuxième tube, sont ajoutées 2 gouttes de réactif de Mayer. L'apparition de coloration brune-rougeâtre indique une présence d'alcaloïdes (Houghton, 1995).

2.2.6.8. Test de détection des saponosides

Une masse de 1 g de poudre végétale est introduite dans un erlenmeyer de 250 mL. Un volume de 100 mL d'eau distillée est ajouté et le mélange est légèrement chauffé. Après filtration et refroidissement, le mélange est complété à 100 mL avec de l'eau distillée qui constitue le filtrat. Dans un tube à essais, 20 mL du filtrat sont introduits et agités vigoureusement pendant 15 secondes, et le tube est placé verticalement pendant 15 minutes. Au bout de cette période, si la mousse persiste alors la drogue végétale contient des saponines (Houghton, 1995).

2.2.7. Dosage des métabolites secondaires

2.2.7.1. Détermination de la teneur des polyphénols totaux

L'extrait sec est dissout dans de l'eau distillée à la concentration de 5 mg/ mL réalisé suivant la méthode colorimétrique telle que décrite par Singleton & Rossi (1965). Dans un tube à essai, un volume de 2,5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10ème a été ajouté à 30 µL d'extrait. Le mélange est laissé réagir à l'obscurité pendant 2 minutes à la température ambiante (30±2 °C). Ensuite, il a été ajouté un volume de 2 mL d'une solution de carbonate de sodium à 7,5 %. Ce mélange a été placé au bain-marie maintenu à 50 °C pendant 15 minutes, puis refroidi rapidement. L'absorbance a été mesurée au spectrophotomètre UV/visible à la longueur d'onde de 760 nm avec de l'eau distillée comme blanc. L'acide gallique a été utilisé comme standard. La teneur en polyphénols totaux d'extrait a été déterminée à l'aide de la droite d'étalonnage (annexe 4) de l'acide gallique à différentes concentrations (0–1,2 mg/mL). Les essais ont été réalisés en triplicata, et la teneur en polyphénols totaux a été exprimée en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de tourteaux de pomme de cajou (mg EAG/gTPC).

La teneur des polyphénols totaux est obtenue suivant la relation ci-dessous :

$$Q_{polyph}(mg\ EAG/g\ TPC) = \frac{Conc_{spect} \times FD \times R \times 10}{Conc_{ext}}$$

Avec : Q_{polyph} : teneur de polyphénols totaux,
 $Conc_{spect}$: concentration lue au spectrophotomètre,
 $Conc_{ext}$: concentration de l'extrait préparé(5mg/mL)
FD : facteur de dilution,

R : rendement.

2.2.7.2. Détermination de la teneur des flavonoïdes totaux

L'extrait sec est dissout dans de l'eau distillée pour l'obtention d'une concentration de 5 mg/mL a été réalisé par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium telle que décrite par Marinova *et al.* (2005). Dans une fiole de 25 mL, il a été ajouté 0,75 mL de nitrite de sodium (NaNO₂) 5%(m/v) à 2,5mL de solution d'extrait préparé à 5mg/mL. A ce mélange est additionné 0,75 mL de chlorure d'aluminium (AlCl₃) à 10 % (m/v), puis le tout est mis à l'obscurité pour incubation pendant 6 minutes. Après incubation, 5 mL d'hydroxyde de sodium (NaOH1N) ont été ajoutés, puis le volume a été complété à 25 mL. Après une agitation vigoureuse du mélange, l'absorbance a été mesurée au spectrophotomètre UV/visible à la longueur d'onde $\lambda = 510$ nm contre un blanc constitué d'eau distillée. Les essais ont été réalisés en triplicata. La quercétine a été utilisée comme standard. La teneur en flavonoïdes totaux d'extrait est obtenue à l'aide de la courbe d'étalonnage (annexe 4) de la quercétine établie à partir de différentes concentrations (0 à 1,6 g/L). La teneur est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme de tourteaux de pomme de cajou (mgEQ/gTPC). La quantité de flavonoïdes est obtenue suivant la relation ci-dessous :

$$Q_{flavo}(mg\ EQ/g\ TPC) = \frac{Conc_{spect} \times FD \times R \times 10}{Conc_{ext}}$$

2.2.7.3. Détermination de la teneur en tanins condensés

Le dosage des tanins condensés dans l'extrait de *Anthocleista nobilis* est effectué selon la méthode colorimétrique à la vanilline en milieu acide suivant la méthode de Sun *et al.* (1998). La méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec le groupement flavonoïde terminal des tanins condensés pour former des complexes colorés. Dans un tube à essai contenant 50 μ L de solution d'extrait (5 mg/mL), il a été ajouté 3 mL d'une solution de vanilline méthanoïque à 4%. Puis, 1,5 mL d'acide chlorhydrique concentré (HCl) à 37 % ont été ajoutés. Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 15 min à la température de laboratoire(25–30°C). L'absorbance est alors lue au spectrophotomètre UV/visible à 500 nm contre un blanc constitué par le MeOH. La catéchine a été utilisé comme standard. Les teneurs en tanins condensés des extraits ont été déterminées suivant la courbe d'étalonnage de la catéchine établie à partir de différentes concentrations (0-1,2 g/L). Les teneurs sont exprimées en milligramme d'équivalent

$$Q_{tan}(mg\ EC/g\ TPC) = \frac{Conc_{spect} \times FD \times R}{Conc_{ext} \times 100}$$

catéchine par gramme de tourteaux de pomme cajou (mgEC/gTPC). Elles ont été calculées à partir de la relation ci-dessous :

2.2.7.4. Détermination de la teneur des tanins totaux

Le dosage des tanins totaux a été réalisé par la méthode colorimétrique au réactif de Folin Ciocalteu telle que décrite par Singleton & Rossi (1965). 100 µL de solution d'extrait (5 mg/mL) ont été ajoutés à un tube à essai contenant 7,5mL d'eau distillée et 0,5 mL de réactif de Folin Ciocalteu. Ensuite, 1 mL de Na₂CO₃ à 35 % est ajouté. Le volume est complété à 10mL par ajout de 900 µL d'eau distillée. Le mélange réactionnel est agité, puis laissé réagir pendant 30 min à la température de laboratoire (25–30 °C). Les absorbances sont lues au spectrophotomètre UV/visible à 700 nm contre l'eau distillée utilisée comme blanc.

Une droite d'étalonnage a été tracée à partir d'une gamme de concentration de l'acide tannique (0-1,6 g/L) utilisée comme standard. Les teneurs sont exprimées en microgramme d'équivalent acide tannique par gramme de tourteaux de pomme de cajou (mg EAT/g TPC). Elles ont été calculées à partir de la relation ci-dessous :

$$Q_{tan}(mg\ EAT/g\ TPC) = \frac{Conc_{spect} \times FD \times R}{Conc_{ext} \times 100}$$

2.2.7. Activité antioxydante

2.2.7.1. Test d'inhibition du radical cationique ABTS•+

Le test d'inhibition du radical avec quelques modifications. Le principe est fondé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS•+de coloration bleu-vert, en le transformant en ABTS• incolore par le piégeage d'un proton cationique ABTS•+(acide 2,2-azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)) a été réalisé suivant la méthode décrite par Re *et al.* (1999).

Le radical cationique ABTS•+ est généré en mélangeant une solution de 8 mM/L d'ABTS (87,7 mg dissout dans 20 mL d'eau distillée) et une solution de 3 mM/L de persulfate de potassium (K₂S₂O₈) (0,0162 g dissout dans 20 mL d'eau distillée). Ce mélange a ensuite été incubé à l'obscurité pendant 16 heures, à température ambiante (30 ± 2 °C). Une solution-fille a été préparée ex temporement avant chaque série de dosage. Elle a consisté à diluer la solution-

mère d'ABTS•+ dans du méthanol jusqu'à l'obtention d'une absorbance de $0,7 \pm 0,02$ à la longueur d'onde $\lambda = 734$ nm pour cette solution-fille. A $100 \mu\text{L}$ de solution d'extrait ($2,5$ mg/mL) a été ajouté $3,9$ mL de solution d'ABTS•+ diluée. Le mélange a été incubé à l'obscurité pendant 6 minutes à la température ambiante. Puis, l'absorbance du mélange a été lue au spectrophotomètre UV/visible à 734 nm contre le MeOH qui a été utilisé comme blanc. Les résultats ont été exprimés en micromole d'équivalent Trolox (μMET) en comparant le pourcentage d'inhibition du radical cationique ABTS•+ par le Trolox à celui de l'extrait. Le pourcentage d'inhibition de l'ABTS•+ a été obtenu par la relation ci-dessous :

Avec : %I= pourcentage d'inhibition

$Abs_{734\text{blanc}}$ =absorbance du blanc à 734 nm

$Abs_{734\text{extrait}}$ =absorbance de l'extrait à 734 nm

2.2.7.2. Test d'inhibition du radical DPPH

L'activité antioxydante a été évaluée par le test DPPH (1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl) suivant la méthode de Molyneux (2004) par modifiée par Villano *et al.* (2007). En effet, le DPPH est un radical libre stable et soluble dans le méthanol ou l'éthanol. La technique est basée sur la décoloration rapide de la couleur violette intense du DPPH en jaune pâle, suite à sa réduction par une substance antioxydante. Il présente un maximum d'absorbance à 517 nm.

Dans un tube à essai contenant $50 \mu\text{L}$ de solution d'extrait aqueux et éthanolique (50 % et 96 %), il a été ajouté $2,95$ mL de solution méthanoïque de DPPH• à $60 \mu\text{M}$. Le mélange est agité pendant 10 secondes, puis incubé à l'obscurité pendant 30 min à la température de laboratoire (22 – 25°C). Les absorbances sont ensuite lues au spectrophotomètre UV/visible à 517 nm contre un blanc constitué du mélange MeOH-DPPH. L'acide ascorbique est utilisé comme standard. Les extraits et le standard sont préparés à différentes concentrations (20 ; 15 ; $12,5$; 10 ; 8 ; ; 5 ; $2,5$; 1 mg/mL). Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH a été calculé suivant la relation ci-dessous :

$$\%I_{DPPH} = \frac{Abs_{517\text{ blanc}} - Abs_{517\text{ extrait}}}{Abs_{517\text{ blanc}}} \times 100$$

La concentration inhibitrice 50 % (CI_{50}) est la concentration nécessaire pour l'inhibition de 50 % de DPPH. Elle a été déterminée graphiquement par régression linéaire. Plus la CI_{50} d'un extrait est faible, plus l'extrait a une forte activité antioxydante (Villano *et al.*, 2007).

2.2.8. Analyses statistiques

2.2.8.1. Analyses des données d'enquête

Les données brutes de l'enquête ont été analysées à l'aide du logiciel Epi Info version 7.2.5.0, exportées vers des feuilles de calcul Excel (Microsoft Office 2021) pour une analyse plus poussée dans l'environnement R 4.1.2 via RStudio. Divers packages R tels que questionr, gtsummary, ggplot2, Ade4 et GGally ont été utilisés pour générer des tableaux de contingence. Les tests d'indépendance entre les variables ont été effectués à l'aide du test du chi-carré (χ^2), tandis que les résidus du chi-carré de Pearson ont été calculés pour déterminer plus précisément les proportions affectées par des différences statistiquement significatives (Boko & Angaman, 2021). Une analyse des correspondances multiples (ACM) a été réalisée pour identifier les facteurs sociodémographiques (localité, sexe, groupe ethnique) qui influencent l'utilisation des espèces végétales.

2.2.8.2. Analyse des données antibactériennes et antioxydantes

Les données expérimentales obtenues au cours de cette étude ont été saisies sur Excel (Microsoft Office 2021) et analysées à l'aide du logiciel R 4.1.2 via RStudio. Les résultats des tests d'activité antibactérienne et oxydante ont été exprimés sous forme de moyenne \pm écart-type, sur la base de trois répétitions indépendantes. Ainsi, les diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) ont été comparées à l'aide d'une analyse de la variance à un facteur (ANOVA) afin d'évaluer l'influence significative des types d'extraits et des concentrations les souches. Lorsque l'ANOVA révélait une différence significative ($p < 0,05$), des analyses complémentaires ont été effectuées. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R, version 4.1.2 (R 64×), dans l'environnement RStudio (Boko & Angaman, 2021).

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET
DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Caractéristique de la population enquêtée

3.1.1.1. Caractéristiques sociodémographiques

L'enquête ethnobotanique a impliqué un total de 349 participants, répartis comme suit : 211 à Daloa, 53 à Issia, 62 à Vavoua et 23 à Gonaté (tableau VII). Les résultats montrent que la majorité des enquêtés sont des femmes. En effet, il avait (256, soit 73,4%), contre 93 hommes (26,6%). La majorité des personnes interrogées étaient âgées de 41 à 50 ans (40,9%), suivies de celles âgées de 31 à 40 ans (36,4%) et de celles âgées de 51 à 60 ans (15,2%). Les répondants âgés de plus de 60 ans et de 20 à 30 ans étaient minoritaires, avec des proportions respectives de 4,3% et 3,2%. La population étudiée est dominée par les Malinkés (50,3%), suivis des Sénoufo (20,3%), des autres ethnies (13,7%), des Baoulés (10%) et les Bétés et Yacoubas sont moins représentés avec des proportions respectives de 4,9% et 0,8%. En termes de niveau d'instruction, les résultats ont montré que la majorité des répondants étaient analphabètes (77,7%), suivis par ceux ayant un niveau d'instruction primaire (17,2%) et secondaire (3,7%) ; ceux ayant un niveau d'instruction supérieur étaient minoritaires, avec un taux de 1,4%. Enfin, la population cible était constituée d'herboristes (praticiens spécialisés dans la collecte, la vente et l'usage des plantes médicinales) et de tradipraticiens (praticiens traditionnels prodiguant des soins à base de diverses méthodes thérapeutiques, incluant les plantes, les rituels et autres pratiques culturelles), avec des proportions respectives de 50,4% et 49,6%.

Résultats et Discussion

Tableau VII : Profil sociodémographique de 349 participants dans quatre localités de la région du Haut-Sassandra

Caractéristiques sociodémographiques		Population	Pourcentages (%)
Genre	Masculin	93	26,6
	Féminin	256	73,4
Age	[20-30 ans]	11	3,2
	[31-40 ans]	127	36,4
	[41-50 ans]	143	40,9
	[51-60 ans]	53	15,2
	[60 ans et plus]	15	4,3
Niveau d'étude	Analphabète	271	77,7
	Primaire	60	17,2
	Secondaire	13	3,7
	Universitaire	5	1,4
Ethnies	Baoulé	35	10,0
	Malinké	176	50,3
	Sénoufo	71	20,3
	Bété	17	4,9
	Yacouba	3	0,8
	Autres	48	13,7
Occupations	Tradipraticiens	173	49,6
	Herboristes	176	50,4
Localités	Daloa	211	60,5
	Issia	53	15,2
	Vavoua	62	17,8
	Gonaté	23	6,5

Résultats et Discussion

3.1.1.2. Niveau de connaissance des plantes médicinales

La création de tableaux croisés dynamiques a permis de mieux connaître les personnes interrogées (tableau VIII). L'analyse met en évidence la connaissance des plantes médicinales en fonction du sexe, de la localité, du niveau d'éducation, de l'âge et du groupe ethnique. Une différence significative a été observée dans les connaissances en fonction de l'âge (chi carré résiduel >3) (valeur $p = 1,663933e-46$; $X^2 = 220,2407$; $df = 4$). On constate que la proportion de répondants âgés de 20 à 30 ans qui ne connaissent pas les plantes médicinales est significativement plus élevée que celle des répondants qui les connaissent. Plus précisément, parmi l'ensemble des individus interrogés dans cette tranche d'âge, 72,7% ne connaissaient pas les plantes médicinales utilisées pour traiter les IU contre 27,3% qui les connaissaient. Par ailleurs, la connaissance en fonction du groupe ethnique est significative (p -value = $3,597144e-69$; $X^2 = 329,9628$; $df = 5$). Il est apparu que la proportion de Baoulés connaissant les plantes médicinales était significativement plus élevée (85,7%) que ceux qui ne les connaissaient pas (14,3%). Cependant, cette connaissance n'est pas significativement influencée par le sexe des répondants, la localité ou le niveau d'éducation (avec des résidus de chi-carré compris entre -2 et 2).

Tableau VIII : Connaissance des plantes médicinales selon le sexe, la localité, le niveau d'éducation et le groupe ethnique

		Connaissance		
		Non	Oui	
Sexe	Homme	35.5%	64.5%	
	Femme	28.5%	71.5%	
Age	60 et plus	20.0%	80.0%	
	[51-60]	30.2%	69.8%	
	[41-50]	32.2%	67.8%	
	[31-40]	26.0%	74.0%	
	[20-30]	72.7%	27.3%	
Niveau d'étud	Universitaire	0.0%	100.0%	
	Secondaire	30.8%	69.2%	
	Primaire	33.3%	66.7%	
	Analphabète	30.3%	69.7%	
Localité	Vavoua	25.8%	74.2%	
	Issia	22.6%	77.4%	
	Gonaté	30.4%	69.6%	
	Daloa	33.6%	66.4%	
Ethnie	Yacouba	33.3%	66.7%	
	sénoufo	35.2%	64.8%	
	Malinké	29.1%	70.9%	
	Bété	23.5%	76.5%	
	Baoulé	14.3%	85.7%	
	Autres	41.7%	58.3%	

Résidus de Chi2

3
2
-2
-3

3.1.1.3. Diversité des plantes médicinales utilisées pour traiter les IU

3.1.1.3.1. Analyse floristique

L'analyse des informations recueillies au cours de cette étude ethnobotanique a également permis d'enrichir les données floristiques régionales du Haut-Sassandra. Au total, quarante-trois plantes médicinales appartenant à vingt-cinq familles ont été documentées dans les quatre localités étudiées pour la prise en charge des IU (Figure 11). La famille des Fabaceae est dominante avec 24% des plantes médicinales documentées, suivie des Euphorbiaceae et des Phyllantaceae (16% chacune), puis des Meliaceae (12%) et des Combretaceae, Rutaceae et Apocynaceae et Polygalaceae (8% chacune). Enfin, les dix-sept familles restantes étaient représentées par une seule espèce (4 % chacune) (figure 11). Le nom scientifique, le nom vernaculaire, la partie de la plante utilisée, les méthodes de préparation et les utilisations thérapeutiques de chaque plante sont compilés dans le tableau IX.

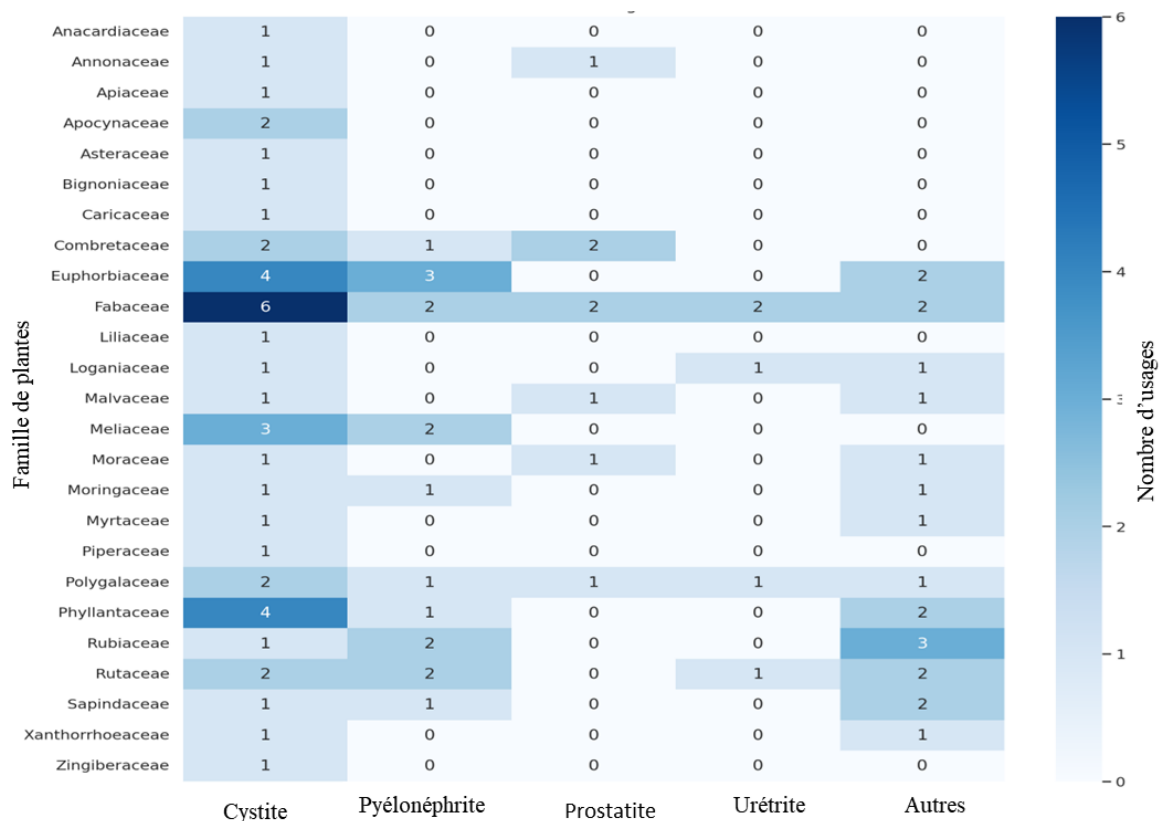


Figure 10 : Utilisation médicinale de familles de plantes contre les types IU

3.1.1.3.2. Fréquence d'usage des espèces

Les plantes ayant entre 50 et 25 citations ont été considérées comme les plus citées par les répondants. Il s'agit notamment de *Securidaca longepedunculata* (42 citations), *Anthocleista*

Résultats et Discussion

nobilis (35 citations) et *Khaya senegalensis* (27 citations). Les citations comprises entre 25 et 10 sont modérées. Les exemples incluent *Annona senegalensis* (10 citations) et *Citrus limon* (10 citations), tandis que d'autres espèces comme *Ageratum conyzoides*, *Kigelia africana* sont moins mentionnées par des informateurs, avec un nombre de citations allant de 9 à 1.

En outre, *Securidaca longepedunculata* a les valeurs RFC et VU les plus élevées (tableau IX). Dans la présente étude, les valeurs LF varient de 2,3 % à 97,6 % (annexe 7). Les résultats du tableau IX montrent également que *Securidaca longepedunculata* a le niveau de fidélité (NF) le plus élevé (97,6 %), suivi par *Anthocleista nobilis* (81,3 %) et *Khaya senegalensis* (62,7 %). Les autres plantes sont modérément représentées, avec des pourcentages allant de 23,2% à 11,6%. *Terminalia leiocarpa*, par contre, a le niveau de fidélité le plus bas. La première chose qui découle d'une valeur NF élevée est que la plante en question est largement reconnue et utilisée au sein de la population étudiée pour traiter les IU. Par ailleurs, dans notre étude, la valeur d'usage (UV) varie entre 1 et 11,6. Les plantes ayant une valeur d'usage élevée sont *Terminalia leiocarpa* (11,2), *Anthocleista nobilis* (8,75) et *Khaya senegalensis* (6,75). Cependant, les résultats ont révélé que 90,69% des espèces avaient des valeurs d'utilisation faibles allant de 1 à 4,2. Il s'agit de plantes telles que *Zingiber officinale* (1), *Sarcocephalus esculentus* (1,5), *Jatropha curca* (2), *Piper longum*, *Alchornea cordifolia* (3), *Securidaca longepedunculata* (4,2).

Les résultats de la ICF montrent que les maladies telles que les IU dans la région du Haut-Sassandra sont les plus consensuelles parmi les informateurs (valeurs comprises entre 0,772 et 0,984), (annexe 7). En effet, le tableau montre que la catégorie ayant le plus haut niveau d'accord des informateurs (ICF) est la cystite (0,965), suivie de la pyélonéphrite (0,855), de la prostatite (0,842) et de l'urétrite (0,772). Etant donné que cet indice représente un coefficient d'importance culturelle des espèces connues localement, il est possible de conclure que ces résultats témoignent d'une homogénéité de l'information entre les différentes personnes interrogées.

3.1.1.3.3. Relations entre les plantes, les hommes et leur environnement

Une analyse des correspondances multiples (ACM) a été réalisée pour mieux comprendre l'utilisation de la flore médicinale dans la région du Haut-Sassandra. Cette méthode fournit une représentation graphique complète des relations entre les variables liées à l'utilisation traditionnelle des espèces médicinales indigènes et leurs différentes modalités. Elle identifie également les associations entre les espèces (individus) et relie les groupes d'espèces à des variables spécifiques et à leurs modalités. Les plans factoriels de l'ACM permettent, grâce à la projection simultanée des modalités et des individus, d'évaluer les similitudes entre les individus et d'identifier des profils distincts.

L'ACM, appliquée pour analyser les relations entre les indices ethnobotaniques (FRC, UV et FL) et des facteurs tels que le sexe, l'ethnie, la localité et les plantes utilisées, révèle que le premier plan factoriel est formé par les axes 1 et 2 (Figure 10). Ensemble, ces axes expliquent 9,8 % de la variance totale, le premier axe contribuant à hauteur de 5 % et le second à hauteur de 4,8 %.

L'axe horizontal (Dim1) différencie principalement les espèces végétales et les catégories ethniques. Par exemple, certaines plantes (Ks, Alc, Sl) sont positionnées d'un côté, tandis que d'autres (Pb, Av) apparaissent du côté opposé. L'axe vertical (Dim2) met en contraste des plantes spécifiques avec les indices UV et FL. Des modalités telles que UV_2.6 et FL_18.6 sont situées vers la partie supérieure du graphique, tandis que d'autres (Alc, Sénoufo, Pel) sont plus proches du centre. En outre, deux variables proches et bien représentées présentent une corrélation positive, tandis que des variables opposées indiquent une corrélation négative. L'orthogonalité entre deux variables suggère l'absence de corrélation linéaire (Bilodeau & Faye 2009).

Dans le quadrant supérieur gauche, les modalités Av (plante), FL_18.6 et UV_2.6 sont associées à des individus spécifiques (numérotés en rouge), ce qui indique une plus grande fréquence d'utilisation de cette plante parmi eux. Dans le quadrant inférieur gauche, Ks, FL_62.7 et UV_6.75 semblent être liés à un autre sous-ensemble d'individus, reflétant probablement une préférence spécifique pour cette plante. La zone centrale contient des modalités telles que Daloa, Malinké, Femme et Issia, ce qui suggère que ces catégories sont répandues mais ne constituent pas nécessairement un facteur discriminant fort entre les groupes. Sur le côté droit, des modalités telles que TII, PI, Sénoufo et Th forment un groupe associé, indiquant un lien potentiel entre ces éléments.

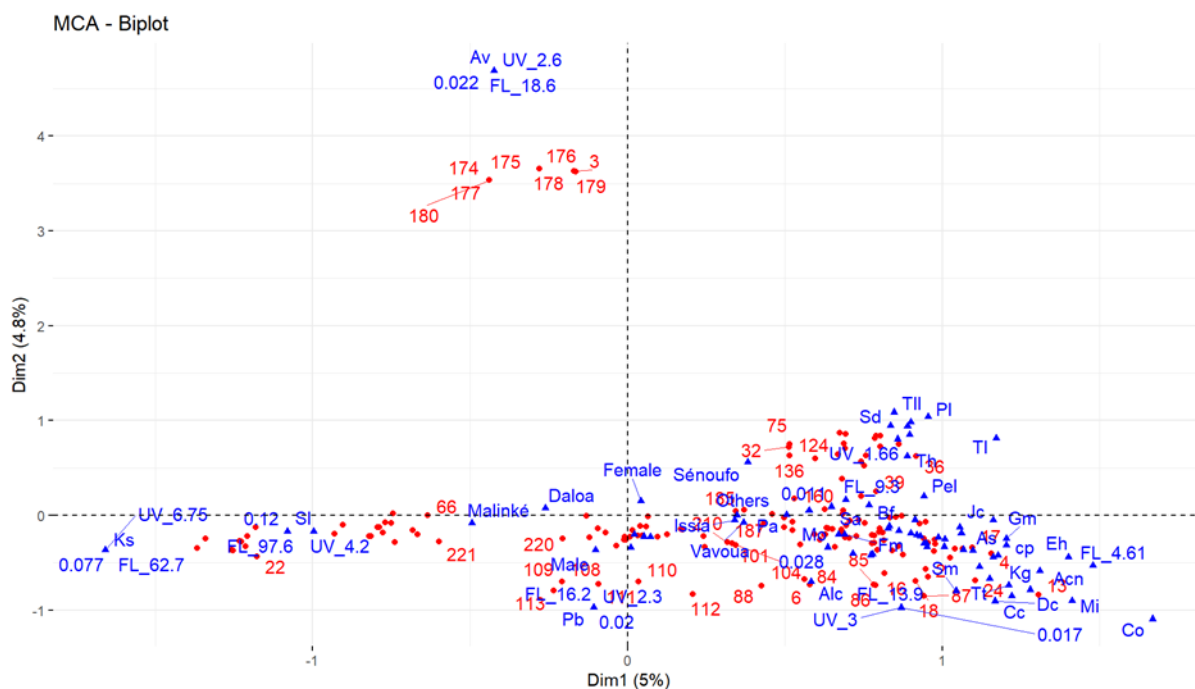


Figure 11 : Analyse des correspondances multiples (ACM) des variables : indices ethnobotaniques (FRC, UV et FL), sexe, ethnie, localité et plantes utilisées

An : *Anthocleista nobilis* ; Av : *Antidesma venosum* ; Ac : *Ageratum conyzoides* ; Acn : *Acacia nilotica* ; Alc : *Alchornea cordifolia* ; As : *Allium sativum* ; Alv : *Aloe vera* ; Ans : *Annona senegalensis* ; Bs : *Blighia sapida* ; Bf : *Bridelia ferruginea* ; Cp : *Carica papaya* ; Cl : *Carpolobia lutea* ; Co : *Cassia occidentalis* ; Cl : *Citrus limon* ; Cs : *Citrus sinsensis* ; Cc : *Cola cordifolia* ; Eh : *Euphorbia hirta* ; Dc : *Daucus carota* ; Gm : *Glycine max* ; Fm : *Ficus mucuso* ; Kg : *Khaya grandifoliola* ; Ks : *Khaya senegalensis* ; Ka : *Kigelia africana* ; Mi : *Mangifera indica* ; Mo : *Moringa oleifera* ; Pb : *Parkia biglobosa* ; Pa : *Phyllanthus amarus* ; Pl : *Piper longum* ; Pel : *Peiricopsis laxiflora* ; Se : *Sapium ellipticum* ; Sae : *Sarcocephalus esculentus* ; Sm : *Secamone myrtifolia* ; Sl : *Securidaca longepedunculata* ; Sd : *Strychnos dinklagei* ; Sa : *Syzygium aromaticum* ; Ss : *Strophanthus sarmentosus* ; Tm : *Terminalia macroptera* ; Tll : *Terminalia leiocarpa* ; Tt : *Tetrapleura tetraptera* ; Th : *Turraea heterophylla* ; Ut : *Uapaca togoensis* ; Jc : *Jatropha curcas* ; Zo : *Zingiber officinale*.

3.1.1.3.4. Parties des plantes médicinales utilisées par les enquêtés

L'enquête montre que plusieurs organes ont été cités par les répondants, mais les feuilles sont la partie de la plante la plus citée pour traiter les IU avec 23 citations (37%), suivies par les racines avec 21 citations (33,8%) (Figure 12). L'écorce, les graines et les plantes entières sont citées respectivement avec 6 citations (9,6%), 5 citations (8%) et 4 citations (6,4%). Enfin, les rhizomes, les bulbes et les tubercules ont été cités une fois chacun (1 citation, 1%).

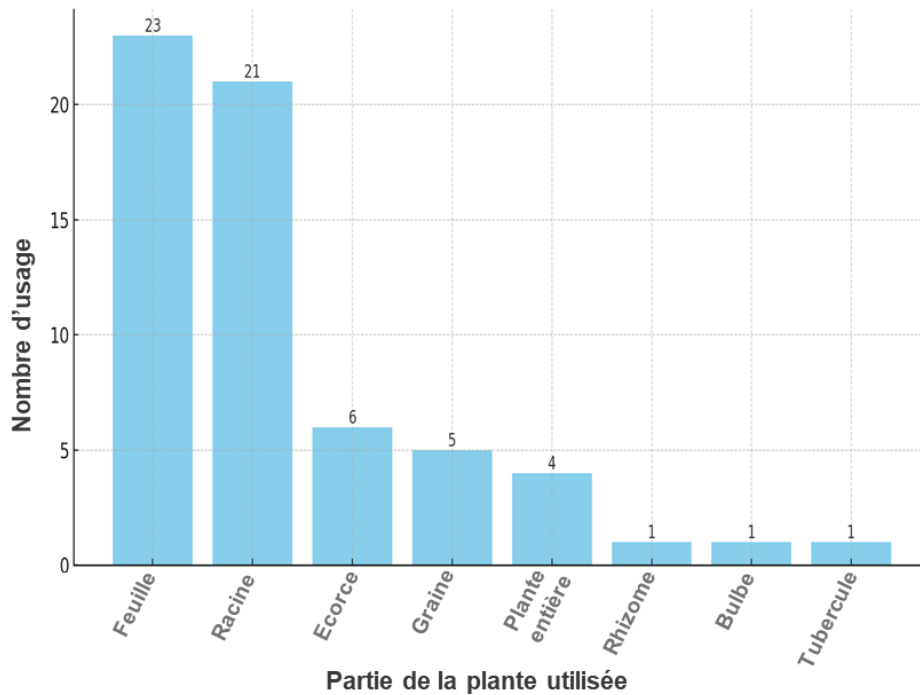


Figure 12 : Nombre d'utilisations par partie de la plante

3.1.1.3.5. Méthodes de préparation et voies d'administration des recettes

L'étude a identifié quatre méthodes de préparation des recettes, la décoction étant la plus fréquente (72,3%), suivie de la macération (13,3%), de l'infusion (12%) et du pétrissage (2,4%) (Figure 13). Ces recettes sont administrées aussi bien par voie orale que par voie anale, avec une prédominance de la voie orale (63,8%) par rapport à la voie anale (36,14%). Pour l'administration par voie orale, les quatre modes de préparation sont utilisés, la décoction restant la plus fréquente (75,6 %), suivie de la macération (11,3 %), de l'infusion (9,4 %) et du pétrissage (3,7 %). En revanche, pour l'administration par voie anale, seules trois méthodes sont employées : la décoction prédomine encore (66,6 %), suivie de la macération et de l'infusion (16,7 % chacune).

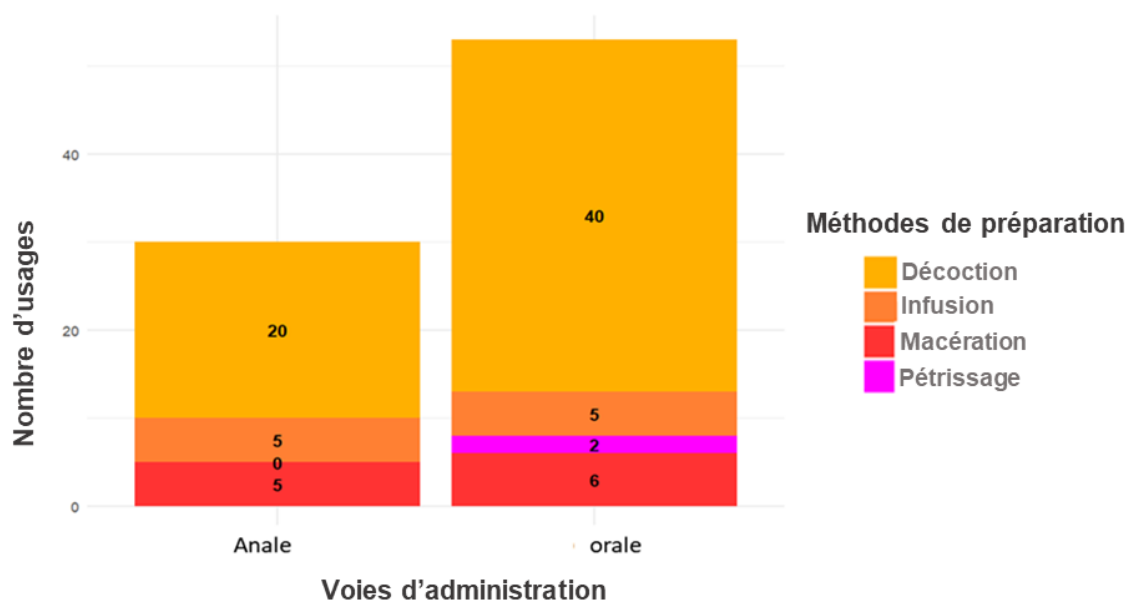


Figure 13 : Nombre d'utilisations par voie d'administration et par mode de préparation

3.1.2. Profil de résistance des espèces bactériennes identifiées des IVU

3.1.2.1. Profil de résistance d'*Escherichia coli* aux antibiotiques

Les diamètres d'inhibition obtenus à l'issue de l'antibiogramme ont permis d'établir le profil de résistance de *Escherichia coli* isolée à partir d'urines. Les analyses révèlent une forte résistance globale aux antibiotiques, avec des taux variants entre 33 % et 100 % (Figure 14)

Une résistance particulièrement élevée a été observée au sein de la famille des bêta-lactamines, avec un taux de 100 % pour les antibiotiques suivants : ceftriaxone (CRO, 30 µg), ampicilline (AMP, 10 µg), pipéracilline (PIL, 30 µg), cefoxitine (FOX, 30 µg) et ceftazidime (CZD, 10 µg). En revanche, une résistance plus faible a été constatée vis-à-vis de la famille des carbapénèmes, avec un taux de 33 % de résistance au méropénème (MEN, 10 µg). Concernant les fluoroquinolones, la souche a montré une résistance totale (100 %) à la ciprofloxacine (CIP, 5 µg) et à la moxifloxacine (MXF, 5 µg), tandis qu'une résistance intermédiaire a été observée face à la lévofloxacine (LVX, 5 µg) avec un taux de 67 %. Dans la famille des aminosides, la souche d'*E. coli* s'est révélée sensible à l'amikacine (AKN, 30 µg). Par contre, elle a présenté une résistance de 100 % à l'acide fusidique (FAD, 10 µg).

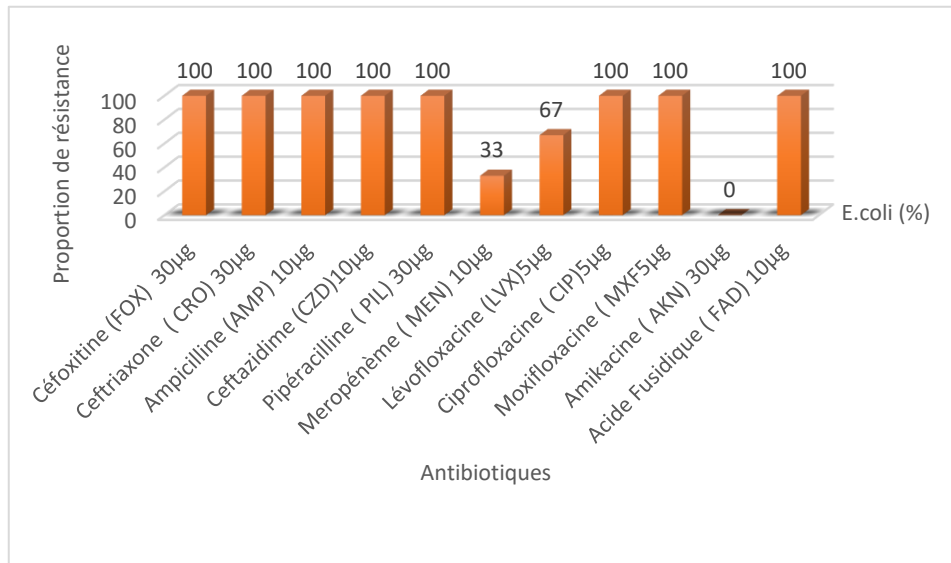


Figure 14 : Taux de résistance de *Escherichia coli* aux antibiotiques

3.1.2.2. Profil de résistance de *Staphylococcus aureus* aux antibiotiques

La résistance de cette bactérie face aux antibiotiques s'est avérée très importante avec des taux allant de 45,4 à 100 % (Figure 15). Une résistance significative a été observée dans la famille des bêtalactamines, avec un taux très élevé à l'ampicilline (AMP) 10 µg (100%) et à la cefoxitine (FOX) 30 µg (90,9%). Dans la famille des macrolides-lincosamides-streptogramines (MLS), 81,8 % des souches se sont révélées résistantes à l'érythromycine (ERY, 3 µg) et à la clindamycine (CMN, 2 µg). En ce qui concerne les fluoroquinolones, *S. aureus* a montré une résistance totale (100 %) à la ciprofloxacine (CIP, 5 µg), et des taux de résistance de 72,7 % à la lévofloxacine (LVX, 5 µg) et à la moxifloxacine (MXF, 5 µg). Du côté des aminosides, la souche a présenté une résistance de 72,7 % à l'amikacine (AKM, 30 µg) et de 45,4 % à la gentamicine (GMN, 10 µg). Enfin, une résistance de 100 % a été observée à l'acide fusidique (FAD, 10 µg).

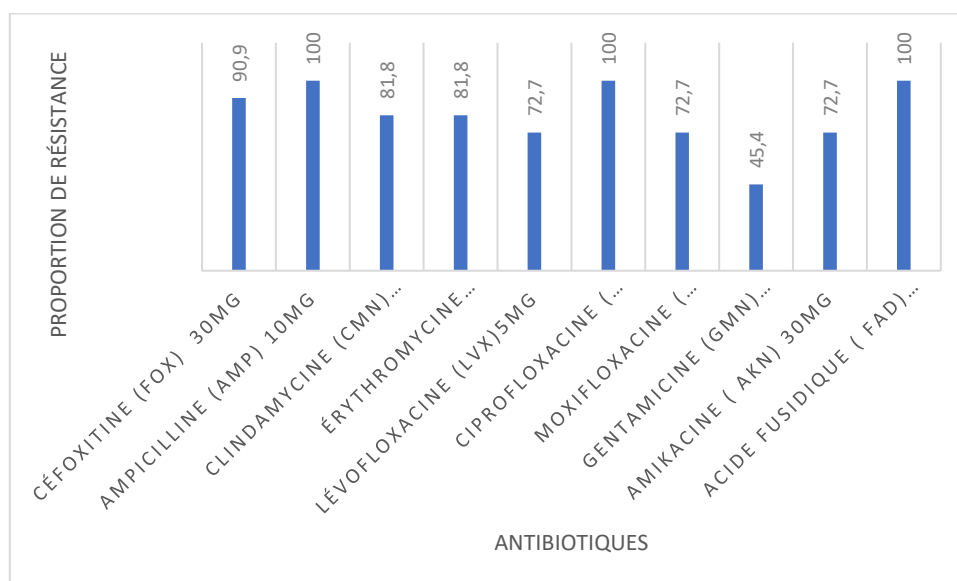


Figure 15 : Taux de résistance de *Staphylococcus aureus* aux antibiotiques

3.1.2.3. Profil de résistance de *Staphylococcus epidermidis* aux antibiotiques

L'analyse du profil de résistance de *Staphylococcus epidermidis* montre une variabilité marquée, avec des taux allant de 0 % à 100 % (Figure 16). Tout d'abord, au sein de la famille des bêtalactamines, une résistance complète a été observée à l'ampicilline (AMP, 10 µg), tandis que 50 % des souches se sont révélées résistantes à la céfoxitine (FOX, 30 µg). Par ailleurs, au niveau des macrolides-lincosamides-streptogramines (MLS), la moitié des souches ont montré une résistance à la clindamycine (CMN, 2 µg). Toutefois, elles sont toutes restées sensibles à l'érythromycine (ERY, 3 µg). Concernant les fluoroquinolones, la résistance était systématique, atteignant 100 % pour la lévofloxacine (LVX, 5 µg), la ciprofloxacine (CIP, 5 µg) et la moxifloxacine (MXF, 5 µg). S'agissant des aminosides, toutes les souches ont été résistantes à l'amikacine (AKN, 30 µg) mais sensibles à la gentamicine (GMN, 10 µg). Enfin, une résistance totale a également été constatée vis-à-vis de l'acide fusidique (FAD, 10 µg).

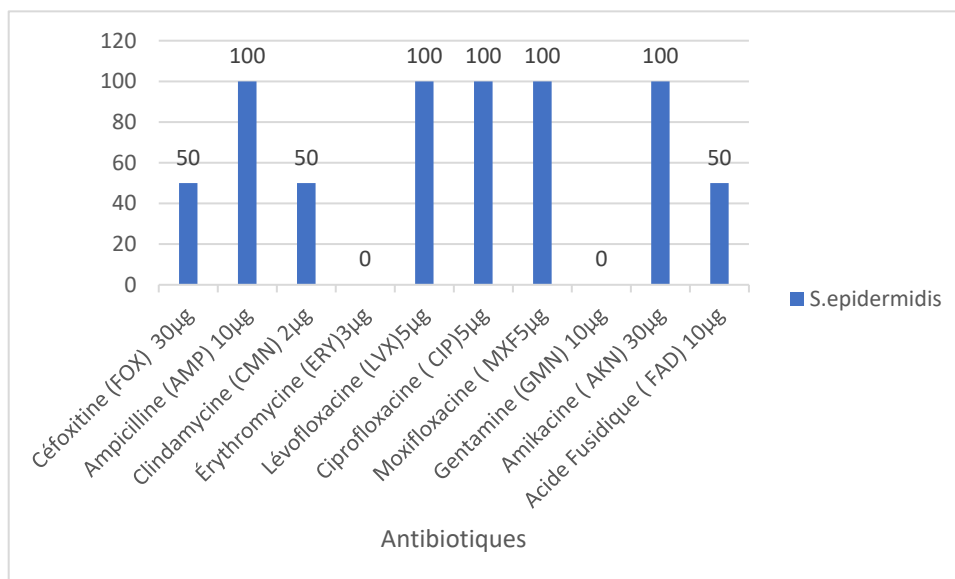


Figure 16 : Taux de résistance de *Staphylococcus epidermidis* aux antibiotiques

3.1.2.4. Profil de résistance de *Enterococcus faecalis* aux antibiotiques

L'analyse des résultats a mis en évidence un niveau de résistance élevé aux antibiotiques testés, avec des taux variant de 50 % à 100 % (Figure 17). Chez les bêtalactamines, la souche a montré une résistance complète à l'ampicilline (AMP, 10 µg), ainsi qu'une résistance modérée (50 %) à la ceftriaxone (CRO, 30 µg) et à la pipéracilline (PIL, 30 µg). En revanche, elle s'est révélée totalement sensible aux macrolides, en particulier à la clindamycine (CMN, 2 µg) et à l'érythromycine (ERY, 3 µg). Au niveau des fluoroquinolones, une résistance marquée a été observée à la moxifloxacine (MXF, 5 µg) avec un taux de 100 %, tandis que la lévofloxacine (LVX, 5 µg) et la ciprofloxacine (CIP, 5 µg) ont enregistré 50 % de résistance. Concernant les aminosides, la souche était totalement résistante à la gentamicine (GMN, 10 µg), mais restait sensible à l'amikacine (AKN, 30 µg).

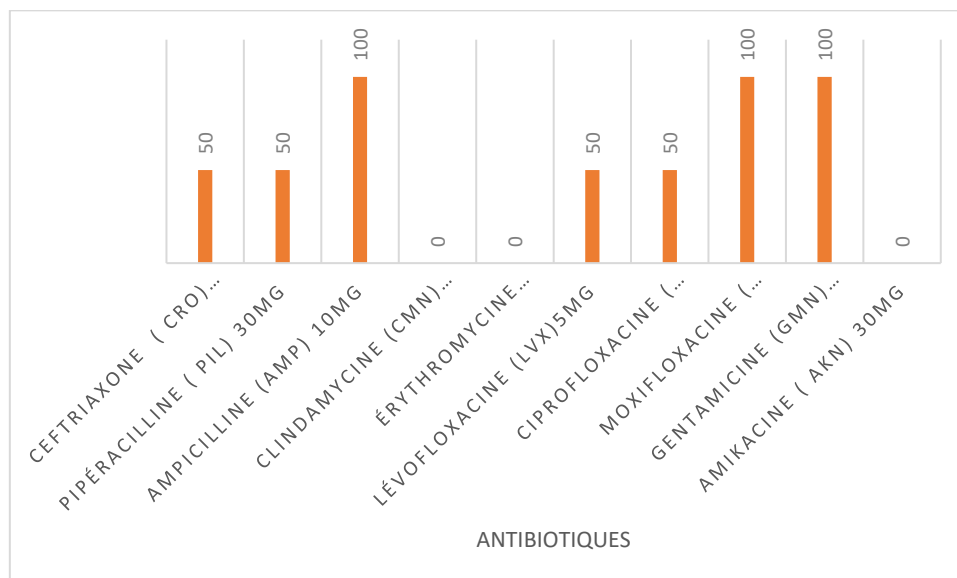


Figure 17 : Taux de résistance de *Enterococcus faecalis* aux antibiotiques

3.1.2.5. Résistance de *Enterobacter hormaechei*, *Shigella flexneri* et *Salmonella enterica* isolées des urines

Les espèces *Enterobacter hormaechei*, *Shigella flexneri* et *Salmonella enterica* ont montré une résistance significative aux fluoroquinolones, notamment à la moxifloxacine (MXF, 5 µg), à la lévofloxacine (LVX, 5 µg) et à la ciprofloxacine (CIP, 5 µg), à l'exception de *Shigella flexneri*, restée sensible à la lévofloxacine (Tableaux XI et XII). Ces bactéries présentaient également une multirésistance vis-à-vis des bêtalactamines (ceftriaxone, ampicilline, ceftazidime, pipéracilline), des carbapénèmes (méro-pénème) et de l'acide fusidique. Toutefois, toutes trois sont restées sensibles à l'amikacine (AKN, 30 µg). Par ailleurs, certaines spécificités ont été relevées : *Enterobacter hormaechei* était sensible à la cefoxitine (FOX, 30 µg) et au méro-pénème ; *Salmonella enterica* à la cefoxitine et à la pipéracilline ; *Shigella flexneri* uniquement à la pipéracilline. En ce qui concerne *Staphylococcus cohnii*, elle a présenté une résistance généralisée à toutes les familles d'antibiotiques testées (bêtalactamines, fluoroquinolones, macrolides, aminosides et acide fusidique), à l'exception de la gentamicine (GMN, 10 µg), à laquelle elle est restée sensible.

Résultats et Discussion

Tableau IX : Diamètre d'inhibition (en mm) des souches *Enterobacter hormaechei*, *Shigella flexneri* et *Salmonella entérica*

Molécules	<i>Enterobacter hormaechei</i>		<i>Shigella flexneri</i>		<i>Salmonella enterica</i>	
	D	INT	D	INT	D	INT
Céfoxitine (FOX) 30µg	19,9	S	17,3	R	19,5	S
Ceftriaxone (CRO) 30µg	18	R	17,3	R	17,9	R
Ampicilline (AMP) 10µg	9	R	6	R	6	R
Ceftazidime (CZD)10µg	6	R	6	R	6	R
Pipéracilline (PIL) 30µg	13,3	R	23,2	S	23	S
Meropénème (MEN) 10µg	22,4	S	17,2	R	21,2	R
Lévofloxacine (LVX)5µg	16,4	R	26,3	S	17	R
Ciprofloxacine (CIP)5µg	19,6	R	8	R	14	R
Moxifloxacine (MXF)5µg	15,3	R	16	R	19,7	R
Amikacine (AKN) 30µg	24	S	25,2	S	25	S
Acide Fusidique (FAD) 10µg	12	R	12	R	6	R

D : Diamètre ; INT : Interprétation ; R : Résistance ; S : Sensible

Tableau X : Diamètre d'inhibition (en mm) des souches *Staphylococcus cohnii*

Molécules	<i>Staphylococcus cohnii</i>	
	D	INT
Céfoxitine (FOX) 30µg	20	R
Ampicilline (AMP) 10µg	6	R
Clindamycine (CMN) 2µg	27,1	R
Érythromycine (ERY)3µg	14	R
Lévofloxacine (LVX)5µg	20	R
Ciprofloxacine (CIP)5µg	15	R
Moxifloxacine (MXF)5µg	14,4	R
Gentamicine (GMN) 10µg	22,2	S
Amikacine (AKN) 30µg	12,8	R
Acide Fusidique (FAD) 10µg	15,8	R

D : Diamètre ; INT : Interprétation

3.1.2.6. Prévalence des phénotypes de résistance des souches isolées des IVU

Au cours de cette étude, les disques d'antibiotiques testés sur les isolats ont révélé une forte prévalence des phénotypes de résistance. Les entérobactéries (*Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Shigella flexneri*, *Enterobacter hormaechei*) ont exprimé 83,3 % de résistance aux aminosides et fluoroquinolones (FQ-R). La résistance de ces souches aux aminosides (amikacine, gentamicine) met en exergue le phénotype KTG et FQ-R pour les fluoroquinolones (lévofloxacine, ciprofloxacine, moxifloxacine). Concernant les Staphylocoques (*S. aureus*, *S. epidermidis* et *S. cohnii*) une forte résistance a été observée face aux fluoroquinolones avec un taux 89 % suivis, des macrolides, lincosamide et streptogramine (clindamycine, érythromycine) 83,3 % et des aminosides 69,6 %. La résistance de ces isolats aux macrolides met en évidence le phénotype MLSB. Par contre, la résistance des Staphylocoques à la céfoxitine a mis exergue le phénotype Méti-R, avec une proportion 90,9 %. Cette étude a donc mis en évidence quatre phénotypes de résistance, et les huit (08) espèces étudiées ont présenté une multirésistance, soit une prévalence de 100 % (Tableau XIII).

Tableau XI : Phénotypes de résistance aux antibiotiques des Entérobactéries, Staphylocoques et *Enterococcus faecalis*

Phénotypes de résistance	de Entérobactéries	Staphylocoques	<i>Enterococcus faecalis</i>
Fluoroquinolones	83,3	89	50
Macrolides (MLSB)	83,3	83,3	0
Aminosides (KTG)		69,6	50
Méti-R		90,9	

3.1.3. Gènes associés aux mécanismes de résistances des souches bactériennes isolées des IVU

Une analyse complète des gènes de résistance chez *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Enterobacter hormaechei*, *Shigella flexneri*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus cohnii* et *Staphylococcus aureus* isolés de l'urine a été réalisée. Les isolats de *S. aureus* et de *S. epidermidis* (46 %, soit 6 sur 15) hébergeaient le gène *mecA*, indiquant le phénotype Meti-R, reflétant la résistance à la méthicilline. Cependant, les autres souches ne portaient pas de gènes de résistance de type plasmidique (*bla_{TEM}*, *bla_{SHV}* et *bla_{CTX}*) pour les β -lactamines et *qnrA*, *qnrB* et *qnrS* pour les fluoroquinolones (Figures 18 et 19).

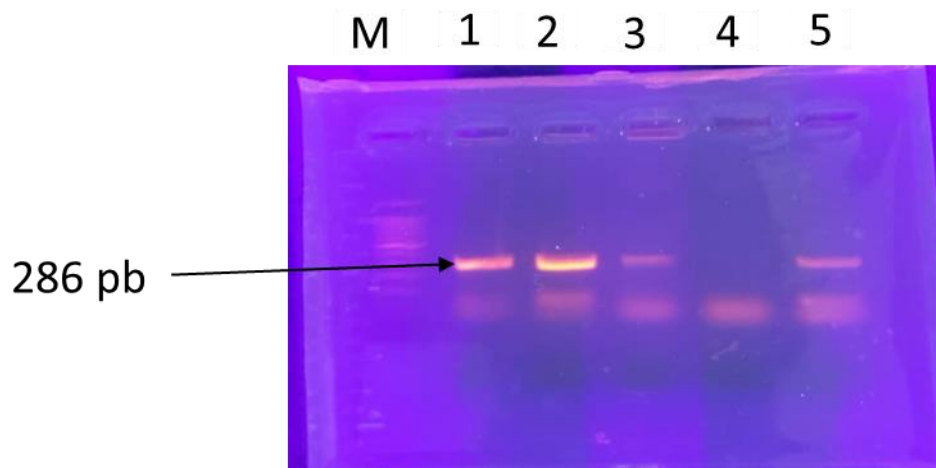


Figure 18 : Profil électrophorétique du produit d'amplification du gène de résistance de *S. aureus* (*mecA*)

M : marqueur moléculaire (100 pb)

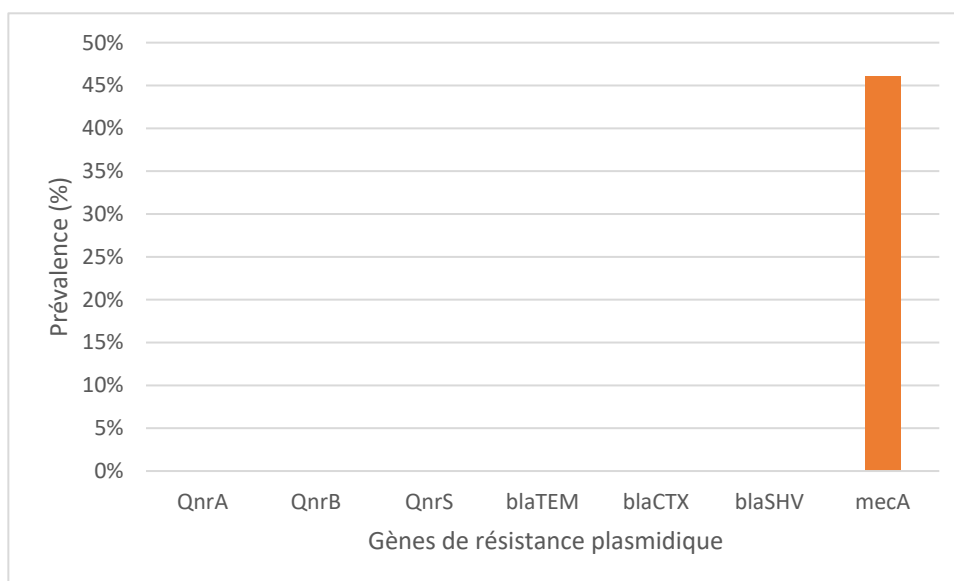


Figure 19 : Prévalence des gènes plasmidiques de résistance aux antibiotiques

3.1.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits aqueux, éthanolique 70%, acétonique 70% et éther de pétrole 70%

3.1.4.1. Rendements des extraits

L'extrait éthanolique (EE) a présenté le rendement d'extraction le plus élevé avec une valeur moyenne de 10,9 %, indiquant une bonne solubilité des constituants de *Anthocleista nobilis* dans le mélange hydroéthanolique. L'extrait acétone (Ac) a un rendement intermédiaire de 9,4 %, légèrement inférieur à celui de l'éthanol mais supérieur aux autres solvants. L'extraction aqueuse (Aq) a généré un rendement de 8,5 %, ce qui suggère la présence notable de composés hydrosolubles. L'extrait obtenu à l'éther de pétrole (EP) a présenté le rendement le plus faible (5,7 %), traduisant une moindre affinité des composés extraits pour ce solvant non polaire (Figure 20).

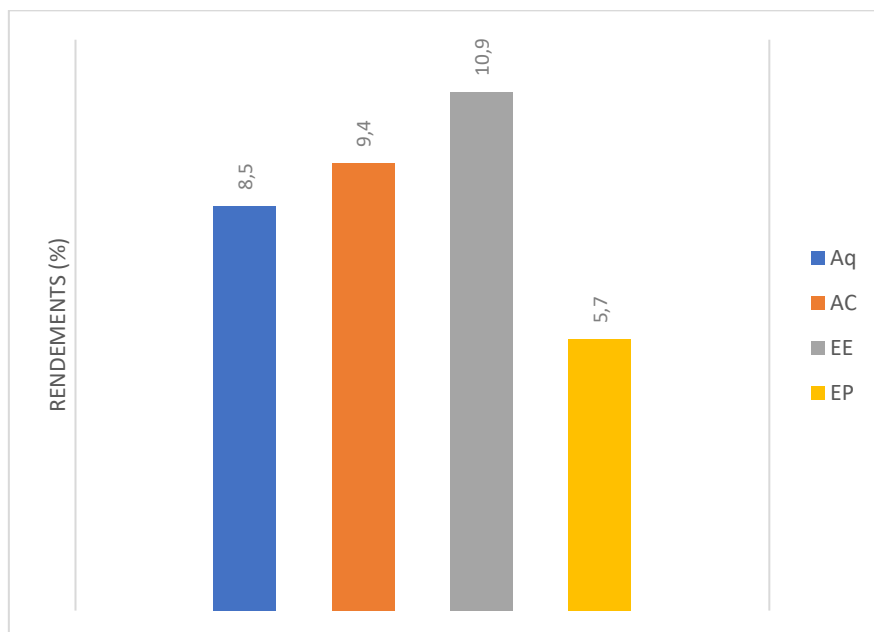


Figure 20 : Rendements des différents extraits de *Anthocleista nobilis*

3.1.4.2. Sensibilité des isolats bactériens aux extraits de plante

3.1.4.2.1. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Anthocleista nobilis* sur les souches de *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus epidermidis*

Le diamètre des zones d'inhibition a augmenté proportionnellement à la concentration des extraits (Tableau XIV). Parmi les quatre extraits testés, trois (Aq, AC à 70 % et EE à 70 %) ont inhibé au moins une souche bactérienne. L'EP à 70 % n'a montré aucun effet sur aucune des bactéries testées. Les diamètres des zones d'inhibition, pour les souches testées (*Staphylococcus aureus* (E2), *Staphylococcus aureus* (E3), *Staphylococcus epidermidis* (E6), *Staphylococcus aureus* (E14), *Staphylococcus aureus* (E21), *Staphylococcus aureus* (E22)), vont de $6,00 \pm 0,00$ mm à $21,73 \pm 0,64$ mm à 100 mg/mL. Les bactéries E2 et E14 ont présenté la plus grande résistance, quelle que soit la concentration des extraits, à l'exception de l'Aq pour lequel E14 s'est révélée sensible, ainsi que de l'EE où E2 a également montré une sensibilité. Par ailleurs, les résultats ont mis en évidence des différences significatives (au seuil $\alpha = 5\%$, $P < 0,05$) entre les moyennes des diamètres des zones d'inhibition. Toutefois, certaines moyennes de zones d'inhibition ne diffèrent pas de manière significative.

A la concentration de 100 mg/ml, l'extrait aqueux de *Anthocleista nobilis* a présenté une forte activité antibactérienne à l'encontre des souches E22, E6, E21 et E14, avec des diamètres d'inhibition respectifs de 21,73 mm, 20,50 mm, 20,00 mm et 15,50 mm (Figure 22, Tableau

XIV). En revanche, aucun effet inhibiteur notable n'a été observé sur les souches E2 et E3 à cette même concentration. L'analyse statistique a révélé que les zones d'inhibition enregistrées pour E6 et E21, ainsi que celles de E2 et E3, ne différaient pas significativement entre elles. Toutefois, la souche E14 a présenté un diamètre significativement différent de ceux des autres souches.

A la concentration intermédiaire de 50 mg/ml, l'extrait a continué de manifester une activité antibactérienne contre E22, E21, E14 et E6, avec des zones d'inhibition comprises entre 15,56 mm et 17,06 mm. Les souches E2 et E3 sont restées non affectées, les diamètres d'inhibition restant à $6,00 \pm 0,00$ mm.

Aux plus faibles concentrations (25 à 12,5 mg/ml), l'effet antibactérien de l'Aq s'est atténué, entraînant une absence d'activité inhibitrice sur la majorité des souches testées. Seule la souche E21 a présenté une zone d'inhibition relativement notable à ces concentrations réduites

Les résultats ont également montré que l'extrait à l'acétone de *Anthocleista nobilis* exerçait une activité antibactérienne significative à l'encontre de *Staphylococcus aureus* (souches E21, E22, E3) et de *Staphylococcus epidermidis*, aux concentrations de 100 à 50 mg/ml. En revanche, aucun effet notable n'a été observé sur les souches E2 et E14. Les diamètres des zones d'inhibition enregistrés allaient de 6,00 mm à 21,06 mm selon les souches et les concentrations testées. A des concentrations plus faibles (25 à 12,5 mg/ml), l'extrait a conservé une certaine efficacité, notamment sur les souches E3, E21 et E22. Il est à noter que la plus faible concentration (12,5 mg/ml) a permis d'inhiber la croissance de la souche E21. En revanche, les souches E2, E14 et *S. epidermidis* n'ont présenté aucune sensibilité à ces faibles doses. Des différences statistiquement significatives ($p < 0,05$) ont été relevées selon les concentrations et entre les moyennes des diamètres d'inhibition. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre les diamètres mesurés à la concentration de 12,5 mg/ml.

L'EE a montré des effets antibactériens significatifs, mais inférieurs à ceux des Aq et acétonique. Aux concentrations de 100 à 50 mg/ml, une activité antibactérienne a été observée sur trois souches, notamment E2, E3 et E6, avec des diamètres de zones d'inhibition variant entre 13,86 mm et 19,86 mm. En revanche, à des concentrations inférieures à 50 mg/ml, aucune souche testée n'a été affectée. De plus, *Staphylococcus aureus* E14, E21 et E22 se sont montrées insensibles à l'extrait, quelle que soit la concentration utilisée. Aucune différence significative n'a été relevée entre les concentrations pour la majorité des cas. Toutefois, à 100 mg/ml, des

différences significatives ont été mises en évidence entre les diamètres d'inhibition mesurés selon les souches.

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été utilisée afin de mettre en évidence les relations entre les différentes concentrations des extraits de *Anthocleista nobilis* et les six souches de *Staphylococcus* testées (E2, E3, E14, E21, E22, E6). Cette méthode permet de représenter graphiquement l'information contenue dans un espace multidimensionnel en la projetant dans un espace de dimension réduite, tout en conservant un maximum de la variance initiale. Le premier plan factoriel, formé par les axes 1 et 2 (Figure 21), explique à lui seul 90,21 % de la variance totale, avec une contribution respective de 58,90 % pour l'axe 1 et 31,31 % pour l'axe 2. Cette représentation permet ainsi d'analyser les corrélations entre les extraits et les réponses spécifiques des différentes souches bactériennes.

La dimension 1 oppose les variables telles que EE.C50 et EE.C100, fortement corrélées positivement à la souche E2, aux souches E21 et E22, qui présentent une corrélation négative marquée sur cet axe. Cette distribution suggère que l'extrait éthanolique à 50 et 100 mg/ml exerce une forte activité antibactérienne sur *Staphylococcus aureus* (E2), tandis qu'il est inefficace sur les souches E21 et E22, qui apparaissent en opposition sur cette dimension. Par ailleurs, les variables Aq.C100, Aq.C50 et Aq.C25 sont positivement associées à la souche E14, traduisant la sensibilité de cette dernière à l'extrait aqueux à ces différentes concentrations. La dimension 2, quant à elle, oppose les variables EE.C12.5 et EE.C25, faiblement corrélées à la souche E6, aux variables AC.C100, AC.C50 et AC.C25, qui sont négativement corrélées à la souche E3. Cela indique que l'extrait éthanolique à faibles concentrations (12,5 et 25 mg/ml) a un effet limité sur la souche E6, tandis que l'extrait acétonique, à des concentrations élevées, montre une activité plus marquée sur E3. À noter que AC.C100 et AC.C50 présentent une forte contribution à cette seconde dimension, ce qui suggère qu'elles en structurent l'essentiel de l'information.

Résultats et Discussion

Tableau XII : Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits de la plante *Anthocleista nobilis*

	Concentration (mg/ml)	E2	E3	E6	E14	E21	E22
Extrait Aqueux (Aq)	100	6,00 ± 0,00 ^b	6,00 ± 0,00 ^b	20,50 ± 0,50 ^c	1553 ± 0,79 ^a	20,00 ± 1,05 ^c	21,73 ± 0,64 ^c
	50	6,00 ± 0,00 ^b	6,00 ± 0,00 ^b	17,06 ± 0,40 ^c	13,06 ± 0,11 ^a	16,73 ± 0,64 ^c	15,56 ± 0,58 ^d
	25	6,00 ± 0,00 ^b	6,00 ± 0,00 ^b	6,00 ± 0,00 ^b	11,50 ± 0,50 ^a	15,63 ± 0,40 ^c	11,40 ± 0,52 ^a
	12,5	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	8,33 ± 2,08 ^a	13,10 ± 0,85 ^b	7,33 ± 1,52 ^a
Extrait Acétonique (Ac)70%	100	6,00 ± 0,00 ^a	20,40 ± 0,60 ^b	20,40 ± 0,60 ^b	6,00 ± 0,00 ^a	21,06 ± 1,00 ^b	14,90 ± 0,79 ^c
	50	6,00 ± 0,00 ^a	18,23 ± 0,15 ^b	10,63 ± 0,51 ^d	6,00 ± 0,00 ^a	18,40 ± 0,52 ^b	13,00 ± 0,20 ^c
	25	6,00 ± 0,00 ^a	17,60 ± 0,52 ^d	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	15,03 ± 1,00	9,86 ± 0,41
	12,5	6,00 ± 0,00 ^a	6,33 ± 0,57 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	12,26 ± 0,75 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
Extrait Ethanolique (EE)70%	100	19,86 ± 0,90 ^b	17,56 ± 1,00 ^{bc}	16,73 ± 2,01 ^c	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
	50	14,56 ± 0,60 ^b	14,80 ± 0,72 ^b	13,86 ± 0,15 ^b	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
	25	6,40 ± 0,69 ^a	6,40 ± 0,69 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a

Résultats et Discussion

	12,5	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
Extrait Ether de pétrole (EP)70%	100	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
	50	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
	25	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
	12,5	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a

Les moyennes suivies des mêmes lettres sur la même ligne ne sont pas significativement différentes. Mais celles suivies des lettres différentes sur la même ligne sont significatives.

Résultats et Discussion

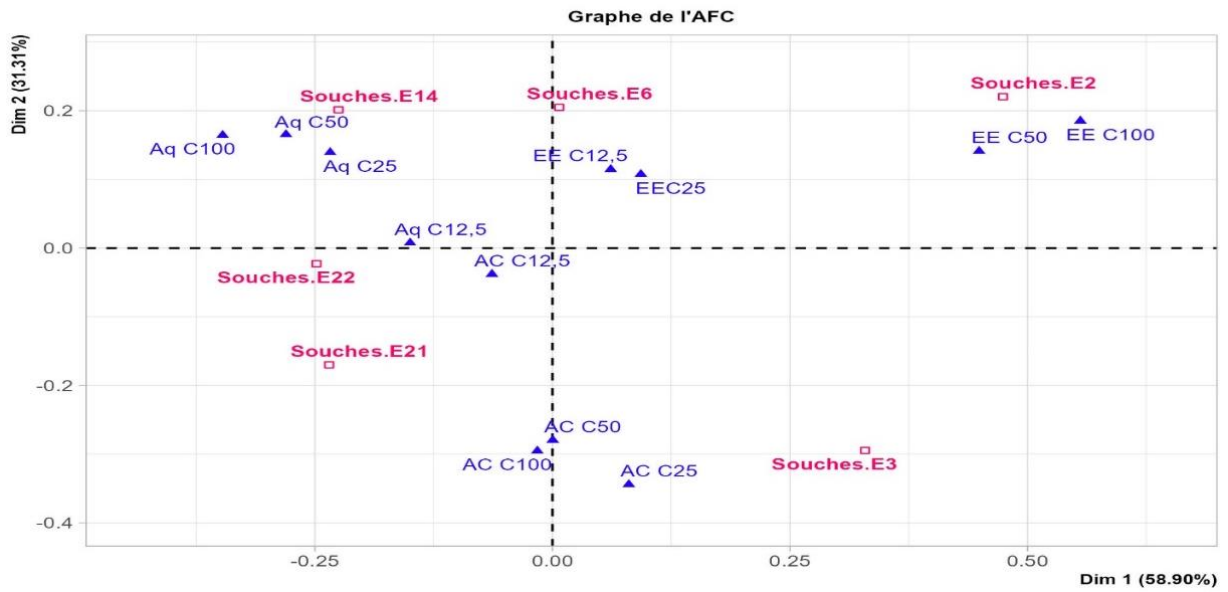


Figure 21 : Analyse en Factorelle des Correspondances (AFC) basée sur la comparaison de l'activité antibactérienne sur les souches bactériennes

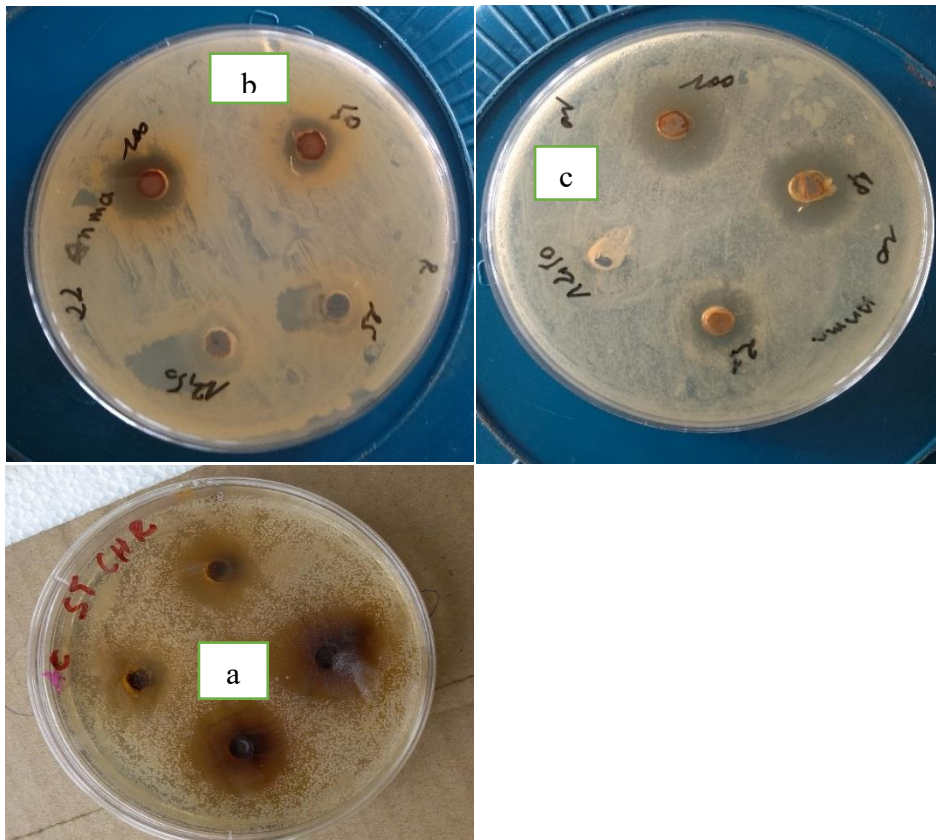


Figure 22 : Effet des extraits de *Anthocleista nobilis* sur *Staphylococcus aureus*

a : Extrait aqueux ; b : Extrait acétonique ; c : Extrait éthanolique

3.1.4.2.2. Sensibilité des isolats bactériens aux extraits de plante en milieu liquide

Une diminution progressive de l'intensité du trouble, induite par la croissance bactérienne, a été observée avec l'augmentation des concentrations des extraits végétaux dans les tubes expérimentaux. Cette observation a permis de déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) ainsi que la concentration minimale bactéricide (CMB) des différents extraits testés (Tableau XV). L'Aq a montré une activité inhibitrice notable, avec des CMI comprises entre 12,5 et 25 mg/mL, et des CMB variant de 50 à 100 mg/mL. Un effet bactéricide a été observé sur *Staphylococcus epidermidis* et les souches de *Staphylococcus aureus* (souches E6, E14 et E22, rapport CMB/CMI = 4), indiquant une activité bactéricide pour 50 % des souches étudiées. En revanche, les souches E2, E3 et E21 ont présenté un effet bactériostatique, avec un rapport CMB/CMI ≥ 4 , représentant les 50 % restants.

L'AC à 70 % a démontré une activité bactéricide plus marquée que les autres extraits. Les CMI se situaient entre 6,25 et 50 mg/mL, tandis que les CMB variaient de 25 à 100 mg/mL. Un effet bactéricide a été noté sur quatre souches de *Staphylococcus* (E2, E3, E6 et E14) avec un rapport CMB/CMI égal à 2, correspondant à 67 % d'activité bactéricide. Les deux autres souches (E21, E22) ont présenté un effet bactériostatique (33 %).

L'EE à 70 % s'est révélé moins efficace comparé aux Aq et AC. Il a montré une activité bactéricide sur deux souches de *S. aureus* (E2, E3), soit 33,3 % d'effet bactéricide, tandis que les quatre autres souches ont présenté un effet bactériostatique (66,7 %). Les CMI variaient entre 12,5 et 25 mg/mL et les CMB entre 50 et 100 mg/mL, avec un rapport CMB/CMI de 4 pour les souches E2 et E3.

Enfin, l'EP n'a montré aucun effet bactéricide sur les six souches testées, soit 0 % d'activité bactéricide. Ces résultats suggèrent que AC à 70 % est le plus bactéricide, suivi par l'Aq, puis l'EE à 70 %. Il est également important de souligner que AC a présenté une activité plus marquée en milieu liquide, avec l'inhibition de 4 souches sur 6. En milieu solide, bien qu'il ait également inhibé 4 souches, les zones d'inhibition observées sont restées relativement faibles. À l'inverse, l'Aq s'est montré plus efficace en milieu solide, où il a inhibé 4 souches, contre 3 seulement en milieu liquide. Ainsi, la suite de l'étude s'est portée sur les trois extraits les plus prometteurs : Aq, AC et EE.

Résultats et Discussion

Tableau XIII : Paramètres antibactériens des extraits de *Anthocleista nobilis* sur des souches de *Staphylococcus aureus* et de *Staphylococcus epidermidis*

Extrait	Souches	CMI (mg/ml)	CMB (mg/ml)	CMB/CMI	Interprétation
Aqueux (Aq)	E2	12,5	100	8	Bactériostatique
	E3	12,5	100	8	Bactériostatique
	E6	25	100	4	Bactéricide
	E14	25	100	4	Bactéricide
	E21	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E22	12,5	50	4	Bactéricide
Acétonique (AC)	E2	50	100	2	Bactéricide
	E3	12,5	25	2	Bactéricide
	E6	50	100	2	Bactéricide
	E14	25	50	2	Bactéricide
	E21	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E22	6,25	50	8	Bactériostatique
Ethanolique (EE)	E2	25	100	4	Bactéricide
	E3	12,5	50	4	Bactéricide
	E6	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E14	12,5	100	8	Bactériostatique
	E21	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E22	12,5	100	8	Bactériostatique
Ether de pétrole (EP)	E2	25	>100	4>	Bactériostatique
	E3	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E6	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E14	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E21	12,5	>100	4>	Bactériostatique
	E22	12,5	>100	4>	Bactériostatique

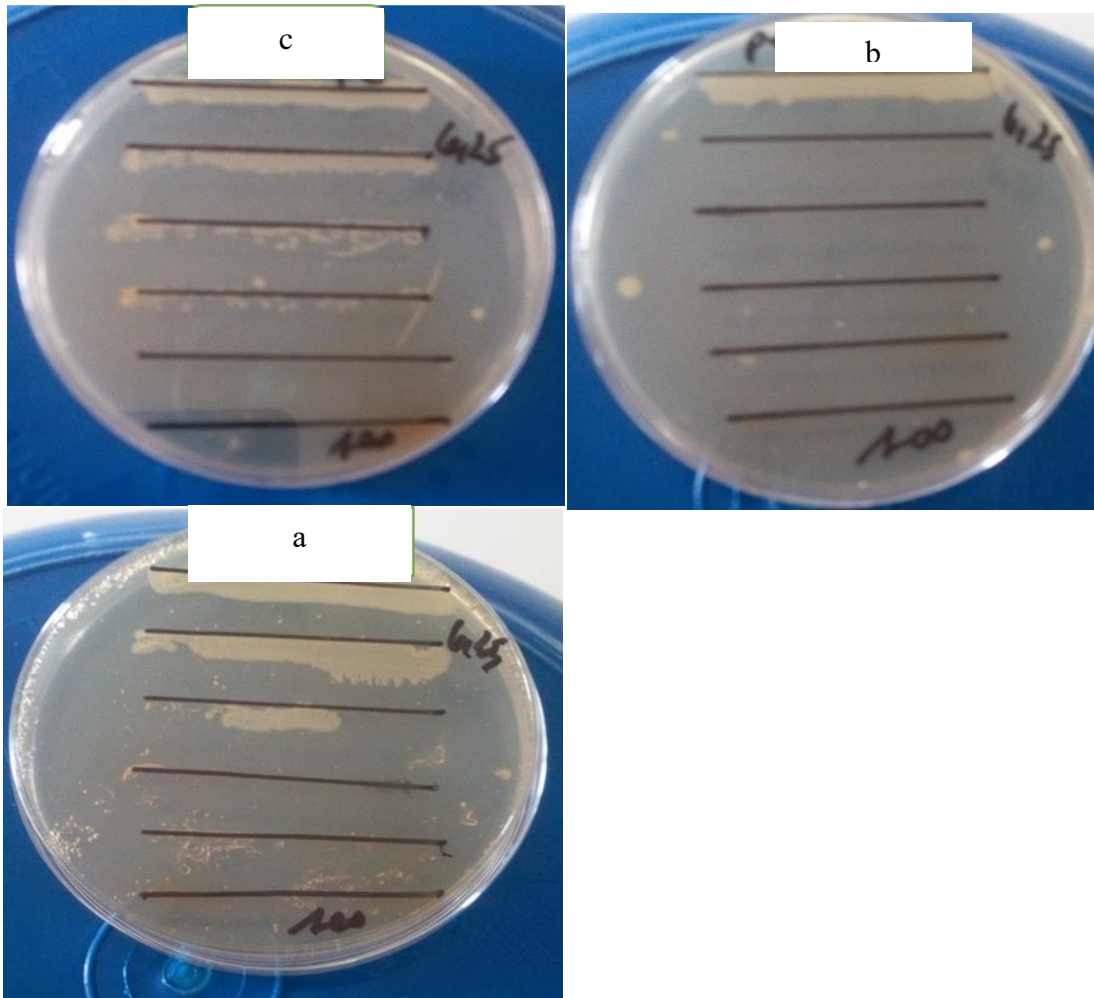


Figure 23 : Photos montrant la CMB des extraits de *Anthocleista nobilis* sur *Staphylococcus aureus*

a : Extrait aqueux ; b : Extrait acétonique ; c : Extrait éthanolique

3.1.5. Composition en métabolites secondaires des extraits de *Anthocleista nobilis*

Le criblage phytochimique a porté sur dix groupes chimiques couramment rencontrés : alcaloïdes, polyphénols, tanins galliques, tanins catéchiques, flavonoïdes, leucoanthocyanes, anthocyanes, saponosides, terpènes et stérols (Tableau XVI). L'analyse qualitative des extraits de *Anthocleista nobilis* a révélé la présence de flavonoïdes, polyphénols, leucoanthocyanes, anthocyanes, tanins catéchiques et galliques dans les Aq, AC à 70 % et EE à 70 %. Ces trois extraits contiennent donc les mêmes métabolites secondaires majeurs. En revanche, les alcaloïdes, terpènes, stérols et saponosides sont absents dans les trois extraits.

Résultats et Discussion

Tableau XIV : Profil phytochimique des extraits de *Anthocleista nobilis*

Métabolites secondaires	Extrait aqueux (Aq)	Extrait acétonique (AC) 70%	Extrait éthanolique (EE) 70%
Alcaloïdes	-	-	-
Flavonoïdes	+	+	+
Polyphénols	+	+	+
Leucoanthocyanes	+	+	+
Anthocyanes	+	+	+
Tanins catéchiques	+	+	+
Tanins galliques	+	+	+
Terpènes et Stéroïdes	-	-	-
Saponosides	-	-	-

+ : Présence ; - : Absence

3.1.6. Analyse quantitative des polyphénols, flavonoïdes, tanins totaux et condensés

La concentration des polyphénols, flavonoïdes, tanins totaux et tanins condensés a été déterminée dans les Aq, AC 70 % et EE 70 % de *Anthocleista nobilis* (Tableau XVII). Des quantités significatives de flavonoïdes, polyphénols et tanins totaux ont été observées dans tous les extraits, tandis que les tanins condensés étaient très faibles. La teneur en tanins totaux était significativement plus élevée que celle des autres métabolites. Des différences significatives ont été relevées entre les concentrations des différents composés mesurés.

Les flavonoïdes se sont révélés particulièrement abondants dans l'EE à 70 % ($316,67 \pm 2,89$ mg EAG/g), suivis de l'AC à 70 % ($291,67 \pm 7,64$ mg EAG/g), puis de l'Aq ($151,67 \pm 7,64$ mg EAG/g). La teneur en polyphénols était plus élevée dans l'AC ($268,33 \pm 2,89$ mg EAG/g) que dans l'EE ($245,00 \pm 5,00$ mg EAG/g) et l'Aq ($183,67 \pm 2,89$ mg EAG/g). Les tanins totaux étaient majoritairement présents dans l'EE ($519,03 \pm 1,03$ EAT/g), suivis de l'AC ($505,29 \pm 0,39$ EAT/g) et enfin de l'Aq ($304,74 \pm 0,54$ EAT/g). La teneur en tanins condensés était faible et similaire dans les EE ($8,83 \pm 0,08$ EAT/g) et aqueux ($8,84 \pm 0,81$ EAT/g), avec une légère augmentation dans l'AC.

Résultats et Discussion

Tableau XV : Teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins condensés et totaux dans les extraits de *Anthocleista nobilis*

Extraits	Flavonoïdes (mg EQ/g)	Polyphénols (mg EAG/g)	Tanins condensés (mg EAT/g)	Tanins totaux (mg EAT/g)
Acétonique (AC)	291,67±7,64 b	268,33±2,89 c	12,67±0,57 b	505,29±0,39 b
Aqueux (Aq)	151,67±7,64 a	183,67±2,89 a	8,84±0,81 a	304,74±0,54 a
Ethanolique (EE)	316,67±2,89 c	245,00±5,00 b	8,83±0,08 a	519,03±1,03 c
<i>F</i>	509,26	564,5	54,465	121250
<i>P</i>	0,00008283	0,00001796	0,006096	0,00000000181

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes.

Mais celles suivies des lettres différentes dans la même colonne sont significatives.

3.1.7. Activité antioxydante des extraits de *Anthocleista nobilis*

3.1.7.1. Test ABTS•+ (Acide 2,2-azino-bis-3-(ethylBenzoThiazoline-6-Sulfonique))

Les résultats de mesure de l'activité antioxydante par l'ABTS ont révélé que l'Aq présente la plus faible absorbance (0,36), cependant il présente le pourcentage d'inhibition le plus élevé (49,14%) et la meilleure activité antioxydante (0,98 équivalent Trolox) (Tableau XVIII). Par contre, l'AC et EE ont présenté des valeurs d'absorbance presque similaires (0,39 et 0,38) et des proportions d'inhibition proches (45,72% et 45,99%), avec une activité antioxydante identique (0,92 équivalent Trolox).

Tableau XVI: Activité antioxydante par la méthode ABTS

Extrait	Absorbance	Inhibition (%)	Activité antioxydante (μ M eq Trolox)
Acétonique (AC)	0,39±0,00 c	45,72	0,92
Aqueux (Aq)	0,36±0,00 a	49,14	0,98
Ethanolique (EE)	0,38±0,00 b	45,99	0,92
<i>F</i>	3581,1		
<i>P</i>	7,612E-07		

Les lettres différentes dans la même colonne sont significatives.

3.1.7.2. Test au radical libre 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH)

Le pouvoir antioxydant des extraits a été également quantifié par leur capacité à inhiber les radicaux libres, en comparaison avec le témoin standard, la vitamine C. Les extraits ont montré une inhibition dose-dépendante des radicaux libres. Ainsi, à faible concentration (1 à 2,5 mg/ml), l'EE (37,62 %) présente un pouvoir inhibiteur supérieur à celui du témoin (36,01 %), suivi par les Aq (26,53 %) et AC (24,82 %). À des concentrations plus élevées (5 à 15 mg/ml), le taux d'inhibition de la vitamine C dépasse celui des extraits. Enfin, à 20 mg/ml, les trois extraits montrent des pourcentages d'inhibition importants, avec l'EE en tête (81,74 %), suivi de l'Aq (78,93 %) et de l'AC (78,13 %) (Tableau XIX). Il est à noter que l'EE dépasse légèrement le taux d'inhibition de la vitamine C (80,5 %). Ces résultats indiquent que *Anthocleista nobilis* présente une activité antioxydante notable.

L'activité antioxydante des extraits a également été quantifiée par la détermination de la valeur IC50, correspondant à la concentration requise pour neutraliser 50 % du radical DPPH initial. Cette activité est inversement proportionnelle à l'IC50 : plus cette valeur est faible, plus le pouvoir antiradicalaire est élevé. Les valeurs d'IC50 obtenues à partir des courbes d'inhibition montrent que la vitamine C, utilisée comme témoin positif, possède la valeur la plus basse (4,5 mg/ml), suivie de près par l'extrait éthanolique de *Anthocleista nobilis* (5 mg/ml). Les Aq et AC affichent des IC50 plus élevées, respectivement 10 mg/ml et 12,5 mg/ml (Annexe 5). Ces résultats mettent en évidence la forte capacité de l'EE à piéger les radicaux libres, attestant ainsi d'un potentiel antioxydant comparable à celui de la vitamine C.

Tableau XVII : Taux d'inhibition du DPPH, des extraits aqueux (Aq), éthanolique (EE) et acétonique (AC) en fonction des différentes concentrations de *Anthocleista nobilis*

Concentration (mg/ml)	1	2,5	5	8	10	12,5	15	20
Aq	21,73	26,53	32,98	37,28	36,33	53,61	56,69	78,93
AC	18,16	24,82	29,30	31,59	40,53	50,10	55,78	78,13
EE	34,61	37,62	39,51	45,75	49,62	59,27	70,54	81,74
Témoin (Vitamine C)	33,79	36,01	59,41	63,60	65,77	75,76	79,71	80,50

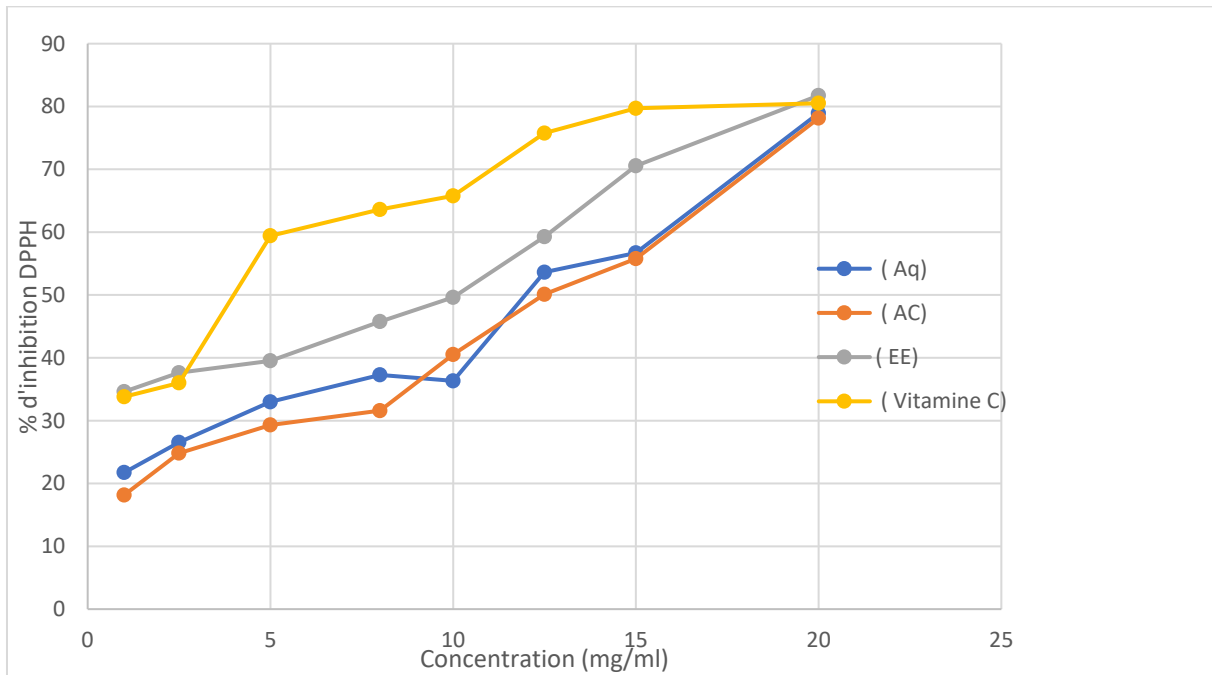


Figure 24 : Evaluation du pourcentage de piéger du radical DPPH en fonction de la concentration des extraits aqueux (Aq), éthanolique (EE) et acétone (AC)

3.2. DISCUSSION

Niveau de connaissance des plantes médicinales en fonction de certaines caractéristiques sociodémographiques

L'étude menée a permis de connaître le niveau de connaissance des plantes médicinales des personnes interrogées dans la région du Haut-Sassandra. Il ressort de cette étude que la connaissance des plantes médicinales est liée à l'âge (chi carré résiduel >3) (valeur $p = 1,663933e-46$; $X^2 = 220,2407$; $df :4$) et au groupe ethnique (p -value = $3,597144e-69$; $X^2 = 329,9628$; $df =5$). Mais elle n'est pas liée au sexe, ni à la localité et à l'éducation (avec des résidus de chi-carré compris entre -2 et 2).

En ce qui concerne l'âge, on constate que la proportion de répondants âgés de 20 à 30 ans qui ne connaissent pas les plantes médicinales est significativement plus élevée que celle des répondants qui les connaissent. Ces résultats indiquent un écart de connaissances entre les générations plus âgées et plus jeunes, comme cela a été rapporté dans la région de Tabora en Tanzanie par certains auteurs (Kacholi & Amir, 2022) et dans la région de Kagera (Kisangau *et al.*, 2007). La présente étude a révélé que les herboristes étaient généralement des personnes plus âgées. Cela s'explique probablement par le fait que la connaissance des plantes médicinales est généralement transmise de génération en génération et acquise grâce à une longue expérience (Nesrine *et al.*, 2022). De nos jours, de nombreux jeunes se concentrent davantage sur d'autres loisirs et centres d'intérêt, ce qui peut entraîner un désintérêt pour la médecine traditionnelle. Les jeunes pensent souvent que les revenus tirés de la vente de plantes médicinales sont faibles et préfèrent donc s'engager dans des activités plus rémunératrices. Cela peut donc entraîner une diminution de la transmission des connaissances sur les plantes médicinales entre les générations. La modernisation de la vie encourage les jeunes générations à choisir des médicaments allopathiques plutôt que des thérapies naturelles, ce qui contribue probablement à la perte de connaissances (Sargin, 2015). Une autre étude a révélé que 77 % des personnes interrogées avaient acquis des connaissances en observant les membres de leur famille (Jaradat *et al.*, 2016). La menace de perte des connaissances acquises de génération en génération par la transmission entre les parents et les générations plus jeunes n'est pas toujours garantie (Anyinam, 1995).

Ces résultats rejoignent ceux obtenus par d'autres auteurs. Cette tendance met en danger l'existence des connaissances indigènes, car elles risquent de se perdre après le décès de la génération plus âgée si elles ne sont pas bien documentées pour les générations futures. Cela

pourrait également conduire à la détérioration des pratiques allopathiques traditionnelles (Navaneethan *et al.*, 2011). Le niveau élevé de connaissances traditionnelles chez les personnes âgées pourrait être dû aux connaissances accumulées au cours de leurs longues années d'interaction avec leur environnement (Usman *et al.*, 2022). En outre, d'autres auteurs ont constaté dans leurs études que la connaissance des plantes médicinales était liée à l'âge des informateurs. La plupart des adultes ont déclaré avoir appris à connaître les plantes médicinales lors de promenades avec leurs parents ou leurs grands-parents pour cueillir des remèdes dans la forêt lorsqu'ils étaient jeunes. L'absence de documentation systématique sur la connaissance des plantes médicinales peut contribuer à la perte de connaissances sur les plantes médicinales, en particulier celles qui sont négligées ou qui ne sont pas prioritaires. Cette situation semble se produire dans de nombreuses régions du monde (Fekadu, 2001). Ainsi, la médecine traditionnelle reste la médecine la plus populaire pour traiter les problèmes de santé. Comme les connaissances médicales traditionnelles sont transmises oralement par le mode de vie, il est important de documenter et de sensibiliser les jeunes générations aux connaissances sur les plantes médicinales afin d'apprécier leurs valeurs traditionnelles et de conserver et d'utiliser durablement les plantes, ainsi que de maintenir en vie les connaissances médicales traditionnelles laissées dans leur communauté. Au Burkina Faso, les connaissances médicales basées sur les plantes sont également acquises grâce aux expériences vécues en tant qu'utilisateurs de plantes médicinales ou en apprenant des expériences des autres (Skalli *et al.*, 2019). Par ailleurs, une étude ethnobotanique menée dans l'est de l'Indonésie a révélé que 57% des herboristes traditionnels connaissaient les plantes médicinales utilisées pour traiter les IU (Jazy, 2017).

Par ailleurs, le taux de connaissance élevé observé chez les Baoulé pourrait s'expliquer par le fait qu'ils possèdent une meilleure connaissance de la médecine traditionnelle par rapport aux autres groupes ethniques. Par conséquent, ces connaissances seraient transmises de génération en génération à travers la communication orale dans la région du Haut-Sassandra. Aussi, en Pakistan, les entretiens réalisés avec les informateurs ont montré que les ethnies Hindko (34,12 %) et Tanoli (29,41 %) disposaient d'une meilleure connaissance des plantes médicinales, tandis que les Gujjars et les Pouchtoons présentaient un niveau de connaissance plus faible. D'autres chercheurs ont montré dans leur étude au Togo que 39,9 % des herboristes traditionnels appartenaient à l'ethnie Ewe et 33,6 % à l'ethnie Ouatchi (Hoekou *et al.*, 2016). Ailleurs au Bénin, la recherche a montré que parmi les groupes ethniques les plus représentés, les

Résultats et Discussion

répondants étaient Fon (30 %), suivis par Goun (26,25 %) et Yoruba (18,75 %) (Funkè *et al.*, 2023). Ces résultats contrastent car les zones d'étude étaient différentes.

De plus, la connaissance de la médecine traditionnelle ne varie pas significativement selon le sexe, la localité ou le niveau d'éducation. Ceci suggère que dans la région du Haut-Sassandra, les herboristes et les tradipraticiens utilisent presque les mêmes plantes pour traiter les IU. Les hommes et les femmes avaient presque les mêmes connaissances ethnomédicales. Une étude similaire menée dans le district d'Urambo en Tanzanie par Kacholi & Amir (2022), au Nigéria par Kankara *et al.* (2018), et en Zambie par Chinsemu (2016), a révélé que les guérisseurs masculins jouissent d'une grande confiance et dominant le secteur de la guérison traditionnelle. A l'inverse, dans de nombreux foyers, les femmes Kuria étaient l'autorité centrale pour les thérapies à base de plantes à domicile (Charwi *et al.* 2023). Une suprématie similaire a également été signalée chez les Bambaras au Mali (Imperato, 1981). En outre, d'autres études, comme celle de Mkabela & Zabolu (2006), ont montré que les femmes et les filles étaient les principales gardiennes des connaissances sur les plantes indigènes en Afrique du Sud. Une étude similaire a été menée par Funkè *et al.* (2023). En effet, la prédominance des femmes parmi les personnes interrogées pourrait être justifiée par le rôle essentiel que jouent les femmes dans la thérapie et la nutrition au sein des ménages en tant que mères (N'Diaye *et al.* 2003). Au Maroc, une étude a montré que le genre, le niveau d'éducation et l'âge sont des facteurs qui influencent la transmission des connaissances sur les usages thérapeutiques des plantes médicinales (Elhassan *et al.*, 2019). Certains chercheurs ont trouvé des résultats similaires dans des études ethnobotaniques nationales (Tahraoui *et al.*, 2007 ; Benkhniqie *et al.*, 2010). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par ces auteurs.

En ce qui concerne les localités, la connaissance des plantes (plantes médicinales) est homogène dans la région étudiée (Haut-Sassandra). Les guérisseurs des quatre localités (Daloa, Vavoua, Issia et Gonaté) ont le même niveau de connaissance des plantes médicinales utilisées pour le traitement des IU. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les guérisseurs partagent des pratiques traditionnelles de santé communes (Herrick, 1995). Cependant, Voeks (2007) a révélé dans son étude que les connaissances traditionnelles concernant les taxons médicinaux différaient selon le sexe, l'âge et l'origine ethnique. Ces similitudes et variations dans les connaissances sont dues à des facteurs écologiques (Ladio *et al.*, 2007) et historiques (Moerman, 1994). Par ailleurs, certains auteurs ont révélé dans leurs travaux une corrélation négative entre le niveau d'éducation et la connaissance des plantes (Charwi *et al.*, 2023, Girma *et al.*, 2022). Cependant, d'autres chercheurs ont indiqué que la connaissance était liée au niveau d'éducation. Cela peut

s'expliquer par le fait que les personnes instruites préfèrent le système de santé contemporain (Jan *et al.*, 2022 ; Heera *et al.*, 2023). Inversement, Funkè *et al.* (2023) ont révélé dans leurs travaux que la plupart des répondants avaient un niveau d'éducation secondaire (45%). Par ailleurs, Hélé *et al.* (2014) ont noté dans leur étude que la plupart des répondants avaient un niveau d'éducation universitaire. D'autres chercheurs ont également observé des résultats similaires (Bhatia *et al.*, 2014, Jan *et al.*, 2021). Ceci contredit l'idée reçue selon laquelle la vente de plantes médicinales est un travail réservé aux personnes pauvres et analphabètes. Ces résultats diffèrent ici parce que les zones d'étude étaient différentes.

Diversité des plantes médicinales utilisées pour le traitement des IU

Cette enquête ethnobotanique a permis d'identifier 43 espèces de plantes appartenant à 25 familles et 40 genres. Cette étude a montré que les informateurs de la région du Haut-Sassandra utilisent une large gamme de plantes médicinales pour traiter divers types d'IU. Les plantes les plus fréquemment citées par les personnes interrogées sont *Securidaca longepedunculata*, *Anthocleista nobilis* et *Khaya senegalensis*. Ce nombre élevé de plantes utilisées pour traiter diverses affections s'explique par deux facteurs principaux. Premièrement, les plantes sont largement utilisées par la majorité des populations rurales en Afrique, comme le rapportent Mangambu *et al.* (2015). Deuxièmement, les plantes médicinales constituent le principal recours thérapeutique pour ces communautés (Ndjouondo *et al.*, 2015), leur permettant d'éviter des coûts de traitement souvent bien supérieurs à leurs moyens financiers limités (Ndjouondo *et al.*, 2015).

Ces résultats concordent avec plusieurs autres études ethnobotaniques sur le traitement des IU (Jaradat *et al.*, 2016). En effet, l'utilisation traditionnelle de ces plantes à des fins médicinales est héritée depuis des générations, témoignant ainsi d'une compréhension ancestrale des ressources naturelles disponibles et de leur utilisation thérapeutique. La polyvalence de ces plantes contribue probablement à leur utilisation répandue, car elles sont riches en métabolites secondaires qui peuvent agir contre les agents pathogènes responsables des infections des voies urinaires (Bhatia *et al.*, 2014). Par exemple, une étude menée au Maroc a identifié *Herniaria hirsuta* et *Anastatica hierochuntica* comme les espèces les plus citées pour traiter ces infections (Elhassan *et al.*, 2019). De même, d'autres études ont mis en évidence *Khaya senegalensis* et *Ocimum americanum* (Funkè *et al.* 2023), *Zea mays* et *Lavandula vera* au Maroc (Hseini & Kahouadji, 2007), et *Ocimum gratissimum* dans une autre région (Koudokpon *et al.*, 2017). En outre, *Salvia fruticosa* et *Matricaria chamomilla* ont été utilisées dans le traitement des IU (Jaradat *et al.*, 2016). Une autre étude réalisée à N'Djamena a montré que les principales plantes

utilisées pour traiter les IU sont *Ziziphus spina-christi* avec un taux de 50%, *Cassia obovata* avec un taux de 16,67% et *Euphorbia hirta* avec un taux de 15% (Mahamat *et al.* 2024). Dans une région méditerranéenne, il a été rapporté que *Lavandula officinalis* était la plante la plus fréquemment citée pour le traitement de ces affections. Plusieurs des espèces mentionnées dans la présente étude ont d'ailleurs fait l'objet d'évaluations pharmacologiques contre les IU. Les variations observées entre les résultats pourraient s'expliquer par des différences liées aux zones d'étude et aux pratiques médicinales locales. En résumé, ces résultats soulignent l'importance des plantes médicinales indigènes dans le traitement des IU dans la région du Haut-Sassandra, tout en mettant en évidence la nécessité de recherches pharmacologiques et phytochimiques supplémentaires pour évaluer et confirmer leur efficacité thérapeutique, comme souligné par d'autres études similaires, Adouane (2016). Il convient de souligner que la diversité des plantes est influencée par plusieurs paramètres tels que l'étendue de la zone d'étude, les caractéristiques du sol, le climat ainsi que la méthodologie de l'étude (Bhatia *et al.*, 2014).

Par ailleurs, *Securidaca longepedunculata* présente les valeurs FRC et VU les plus élevées. C'est donc la plante la plus utilisée par les populations interrogées. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que cette espèce est très bien connue (Aké-Assi, 2015). Les faibles valeurs de FRC et d'UV obtenues pourraient s'expliquer par le fait que ces espèces sont moins utilisées en médecine traditionnelle. Les informateurs mentionnent souvent les utilisations les plus connues et les plus efficaces des plantes médicinales. La valeur élevée d'UV de chaque plante indique son importance significative dans les pratiques traditionnelles de la population étudiée, la désignant ainsi comme la plus recommandée, utilisée et connue par la population, ce qui peut refléter la reconnaissance de ses propriétés médicinales.

La valeur du niveau de fidélité (FL) est un moyen important de déterminer pour quelle condition une espèce particulière est plus efficace, elle peut suggérer qu'une espèce spécifique est utilisée pour traiter une maladie particulière (Ahmad *et al.*, 2016). Dans la présente étude, les valeurs FL varient de 2,3 % à 97,6 %. Les résultats montrent que *Securidaca longepedunculata* présente le niveau de fidélité le plus élevé. La première chose qui découle d'une valeur élevée de FL est que la plante en question est largement reconnue et utilisée au sein de la population étudiée pour traiter les IU. Les valeurs élevées reflètent également la confiance de la communauté dans une plante particulière pour traiter ces problèmes, sur la base de connaissances empiriques transmises de génération en génération, ce qui permet de la considérer comme efficace, sûre ou appropriée. Cela explique les valeurs élevées de FL pour les problèmes urinaires, en particulier la cystite. Cette information signifie que les informateurs de cette région ont tendance à utiliser

une espèce spécifique pour traiter une maladie donnée plutôt que plusieurs maladies. Les espèces végétales présentant les valeurs de fidélité d'usage (FL) les plus élevées sont considérées comme ayant un fort potentiel thérapeutique pour traiter une maladie spécifique (Asnake *et al.*, 2016). Cependant, les plantes ayant de faibles valeurs FL ne doivent pas être négligées. Il est important de transmettre leurs usages aux générations futures, car leur oubli pourrait contribuer à une perte progressive de connaissances traditionnelles (Chaudhary *et al.*, 2006).

Concernant le Facteur des Consensus des Informateurs (ICF), les résultats ont montré que la catégorie ayant le plus haut niveau d'accord des informateurs (ICF) était la cystite (0,965). Les résultats de l'ICF ont montré que les maladies communes dans la région du Haut-Sassandra avaient le consensus le plus élevé parmi les informateurs (valeurs entre 0,772 et 0,984), (Tableau III). Ces valeurs élevées de l'ICF indiquent une fiabilité raisonnable des informateurs quant à l'utilisation des espèces végétales (Lin *et al.*, 2002). Les valeurs de consensus des informateurs indiquent également que les informateurs partagent des connaissances sur les plantes médicinales, les plus importantes pour traiter les maladies les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude. Et comme cet indice représente un coefficient d'importance culturelle pour les espèces connues localement, il est possible de conclure que ces résultats reflètent une homogénéité de l'information entre les différentes personnes interrogées. Des valeurs élevées de l'ICF indiquent une fiabilité raisonnable des informateurs et une cohérence de leurs connaissances concernant l'utilisation d'espèces végétales pour traiter une catégorie de maladies (Orch *et al.*, 2021). La faible valeur de l'ICF suggère qu'il y a un degré de consensus plus faible sur l'utilisation d'une certaine plante médicinale pour traiter une catégorie particulière de maladies.

Afin de mieux comprendre l'utilisation de la flore médicinale dans la région du Haut-Sassandra, une analyse des correspondances multiples (ACM) a été réalisée. Elle a été appliquée en vue d'étudier des relations entre les indices ethnobotaniques (RFC, UV et FL) et des facteurs tels que le sexe, l'origine ethnique, la localité et les plantes utilisées. L'association entre Sénoufo et Th suggère que les individus de l'ethnie Sénoufo utilisent Th plus fréquemment que d'autres plantes. Cela concorde avec des résultats antérieurs indiquant une gamme diversifiée d'applications médicinales traditionnelles pour Th. Malgré l'intérêt croissant pour cette plante, elle reste une espèce récoltée à l'état sauvage, soulignant la nécessité de sa domestication pour soutenir le développement économique. Les données pharmacologiques existantes (Masunda *et al.*, 2020) soulignent son potentiel comme matière première pour la formulation de nouveaux

médicaments. De plus, le regroupement des Malinkés, des Féminins, des Issia et des Daloa révèle des caractéristiques communes dans les réponses. Ce phénomène peut être attribué au brassage socioculturel induit par la mobilité sociale, où divers groupes ethniques échangent de plus en plus de connaissances, de valeurs et de rituels traditionnels (Lougbeignon *et al.*, 2015). Par conséquent, les connaissances liées à l'utilisation des plantes médicinales semblent être réparties de manière uniforme entre les communautés ethniques (Ngbolua, 2020). En outre, la similitude entre Alc et PEL suggère que ces plantes sont utilisées dans des contextes comparables, probablement en raison de leur disponibilité dans la région (Zon *et al.*, 2022) ou de propriétés thérapeutiques similaires. La différenciation des indices FL et UV indique en outre que l'importance perçue des plantes médicinales varie considérablement. Cette observation renforce l'idée que chaque individu a une perception distincte de l'utilisation et de l'importance des espèces végétales étudiées.

L'analyse des informations recueillies lors de cette étude ethnobotanique a également permis d'enrichir les données floristiques régionales du Haut-Sassandra. La famille des Fabacées (24%) était dominante, suivie des Euphorbiacées et des Phyllantacées (16 % chacune). La forte proportion de Fabacées pourrait s'expliquer par leur représentation significative dans la flore du Haut-Sassandra en raison de facteurs écologiques qui favorisent le développement et l'adaptation de nombreuses espèces de cette famille. Ainsi, la prédominance des Fabacées dans cette enquête concorde avec l'affirmation selon laquelle plus un taxon végétal est commun dans une région, plus il est susceptible d'être utilisé couramment. Une étude documentaire similaire a révélé que la famille des Fabacées est la plus représentée, avec 31 espèces dans le district de Midnapore et 21 espèces à Purba Medinipur, dans le Bengale-Occidental (Bhatia *et al.*, 2014). Ces résultats suggèrent également que les guérisseurs recourent à une grande diversité de plantes médicinales pour le traitement des IU. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par ces auteurs mais différents de ceux obtenus par Erasto *et al.* (2005) en Afrique du Sud et Etuk *et al.* (2010) au Nigéria. Ces résultats sont aussi différents avec des recherches antérieures menées dans des régions du Haut Atlas central du Maroc. Par exemple, une étude menée par El Alami & Chait (2017) a identifié les Apiacées et les Poacées comme étant parmi les familles les plus utilisées dans le traitement des IU. Pour chaque auteur, la famille la plus représentée variait d'une étude à l'autre. Cette disparité des résultats est influencée par les différences géographiques des zones d'étude et les variations des populations et de la flore étudiées d'un pays à l'autre (Etuk *et al.*, 2010).

Par ailleurs, les guérisseurs sont généralement plus expérimentés dans le traitement de la cystite que de la pyélonéphrite. De plus, la prostatite est traitée plus par la famille des Fabacées et Combretacées (8 % chacune), tandis que l'urétrite est plus couramment traitée par la famille des Fabacées (8 %). La prédominance de la famille des Fabacées pourrait être due à leur présence caractéristique dans les savanes africaines (Nacoulma, 2012) et à leurs substances bioactives impliquées dans la prise en charge des infections génitales (Tsobou *et al.* 2016). Il a également été rapporté au Burkina Faso que les familles des Fabacées et des Euphorbiacées sont les plus utilisées dans le traitement des IU (Sami *et al.*, 2020). L'importance de ces familles botaniques dans la pharmacopée traditionnelle de la région du Haut-Sassandra est donc confirmée par ces résultats, renforçant ainsi leur pertinence dans le contexte du traitement des IU. Cette corrélation souligne l'importance de poursuivre les recherches dans ce domaine, notamment pour identifier les mécanismes d'action des plantes médicinales et optimiser leur utilisation dans le traitement des maladies infectieuses. Ailleurs, les familles des Asparagacées, des Rutacées et des Lamiacées étaient bien représentées, avec huit, six et six espèces utilisées pour traiter les IU (Ian *et al.*, 2021). Les espèces de ces familles sont principalement utilisées car elles sont faciles à récolter et couramment utilisées en médecine en raison de leur richesse en composés bioactifs et des activités pharmacologiques associées (Jan *et al.*, 2021).

Parties des plantes utilisées, méthodes de préparation et voies d'administration des recettes

L'enquête a révélé que les feuilles sont la partie de la plante la plus fréquemment citée pour traiter les IU, représentant 37 %, suivies de près par les racines avec 33,8 %. Les autres organes de la plante ont été moins fréquemment mentionnés. Ces résultats corroborent ceux d'Effoe *et al.* (2020), Ladoh-Yemeda *et al.* (2016), Gbekley *et al.* (2015) et Koudouvo *et al.* (2011), qui ont également constaté que les feuilles étaient les parties de la plante les plus utilisées. D'autres auteurs ont noté que la plupart des répondants (83 %) utilisaient des feuilles (Khalumba *et al.*, 2005). Les études ethnobotaniques de Lakouéténé *et al.* (2009) et Zerbo *et al.* (2011) ont montré que les feuilles étaient les parties les plus couramment utilisées dans diverses préparations thérapeutiques, avec des proportions respectives de 67 % et 41 %. Sami *et al.* (2020) ont révélé que les feuilles et les racines étaient les parties les plus citées, avec des proportions respectives de 40 % et 32 %.

L'utilisation excessive de feuilles de plantes médicinales pourrait susciter des inquiétudes, mais des études menées par Poffenberger *et al.* (1992) ont montré que la récolte de 50 % des feuilles d'un arbre n'affecte pas significativement sa survie. De plus, Giday *et al.* (2003) et Srithi *et al.*

(2009) ont constaté que la récolte des feuilles était généralement plus durable pour la plupart des plantes que la récolte des parties souterraines. Ainsi, la prédominance des feuilles est principalement due à leur accessibilité et à leur rôle dans la photosynthèse, ce qui en fait des sites privilégiés pour l'accumulation de principes actifs (Mukaila *et al.*, 2023). L'utilisation fréquente des feuilles peut être attribuée à leur abondance en divers types de métabolites (Usman *et al.*, 2022). De plus, les feuilles sont produites en grande quantité et faciles à récolter (Ahmad *et al.*, 2021). Par conséquent, leur utilisation est durable et sans danger pour la vie végétale dans une perspective de conservation (Jan *et al.*, 2021). La facilité de récolte, l'accessibilité et la variété des substances biochimiques contribuent à l'utilisation de plantes entières en phytothérapie (Hamed *et al.*, 2016).⁷

Les feuilles sont largement utilisées dans la préparation de plantes médicinales en raison de leur richesse en métabolites secondaires bioactifs (Ghorbani, 2005 ; Bano *et al.*, 2014). Elles entrent également dans la composition de nombreux produits phytothérapeutiques au sein de diverses communautés à travers le monde (Ahmad *et al.*, 2016).

Elles constituent les parties les plus couramment employées dans les préparations médicinales, notamment en raison de leur facilité de récolte, de manipulation et de conservation (Rodrigues *et al.*, 2020). En tant que principaux organes photosynthétiques, les feuilles jouent un rôle central dans la synthèse et l'accumulation de nombreux composés organiques. Elles sont ainsi considérées comme de véritables « pharmacies naturelles », produisant des principes actifs aux propriétés pharmacologiques efficaces contre diverses maladies (Passalacqua *et al.*, 2007).

Leur utilisation s'explique également par leur fonction de sites privilégiés de photosynthèse et d'accumulation de substances actives (Ragunathan *et al.*, 2009). De plus, l'exploitation des feuilles est généralement moins dommageable pour la survie des plantes que celle d'autres organes, notamment les racines (Sadeghi *et al.*, 2014). Selon Chamouleau (1979), les feuilles représentent les parties les plus utilisées, car elles constituent le siège de réactions photochimiques et métaboliques, tout en servant de réservoirs aux substances organiques synthétisées.

Plusieurs études ethnobotaniques ont d'ailleurs montré que les feuilles et les graines figurent parmi les organes les plus employés dans la préparation des remèdes traditionnels (Barkaoui *et al.*, 2017 ; Eddouks *et al.*, 2017). En revanche, la récolte des racines peut compromettre la durabilité des espèces végétales, car elle affecte directement la survie de la plante (Ragunathan *et al.*, 2009).

L'étude a également révélé que les racines sont la deuxième partie la plus utilisée pour traiter les IU. Comme dans les études précédentes, les racines étaient fréquemment utilisées en deuxième position après les feuilles (Ragunathan *et al.*, 2009, Scherrer *et al.* 2005). Les racines sont connues pour être riches en composés bioactifs (Alebie *et al.*, 2017). Elles sont préférées après les feuilles car elles sont riches en terpènes (Silva *et al.*, 2021). Les racines servent de sites de stockage pour divers métabolites secondaires aux propriétés thérapeutiques diverses en raison de leur position souterraine, ce qui favorise la préservation des substances actives d'autres parties de la plante (Bashige *et al.*, 2020 ; Dongock *et al.*, 2018 ; Houmenou *et al.*, 2017). Cependant, leur élimination affecte l'apport en nutriments de la plante, impactant son aspect végétatif et sa physiologie. La récolte des racines ou de l'écorce des plantes peut avoir des conséquences écologiques plus néfastes que la récolte des feuilles (Dongock *et al.*, 2018). Ces résultats sont proches de ceux de N'guessan *et al.* (2009), indiquant une utilisation de 51,22 % des feuilles dans leurs études. Cependant, ces résultats sont très différents de ceux de Yapi (2013) concernant le pourcentage de racines (10 %). De plus, la récolte de l'écorce laisse souvent de larges cicatrices par lesquelles les plantes sont ensuite attaquées par des champignons, des oiseaux et des chenilles infestantes. L'arrachage, la coupe des branches, la récolte de l'écorce et l'abattage sont des méthodes dangereuses pour la plante (Ouattara, 2006). Par ailleurs, l'étude a identifié quatre méthodes de préparation pour les recettes, la décoction étant la plus prédominante (72,3 %), suivie de la macération (13,3 %), de l'infusion (12 %) et du pétrissage (2,4 %). Ces recettes sont administrées par voie orale et anale, l'administration orale étant prédominante (63,8 %) par rapport à l'administration anale (36,14 %).

Selon la littérature, la décoction est la méthode la plus couramment utilisée pour préparer les plantes médicinales. Cette enquête a également révélé le même constat. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans la région d'Elkantara (Khanfer, 2019). Cette technique permet l'extraction des principes actifs dans l'eau (Ladoh-Yemeda, 2016). Ainsi, la population du Haut-Sassandra utilise principalement la décoction comme méthode de préparation de recettes médicinales pour traiter les IU. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Dongock *et al.* (2018), qui ont montré que la décoction était la méthode la plus utilisée avec un taux de 62 %. Selon Lahsissène *et al.* (2010), l'intérêt de l'utilisation de la décoction réside dans sa capacité à augmenter la température corporelle. Salhi *et al.* (2010) ont affirmé que la décoction est la meilleure méthode de préparation pour maximiser les principes actifs des

plantes médicinales, permettant de recueillir les principes les plus actifs et d'atténuer ou d'annuler les effets toxiques de certaines recettes. La meilleure utilisation d'une plante est celle qui préserve toutes ses propriétés tout en permettant l'extraction et l'assimilation des principes actifs (Dextreit, 1984). De même, des études ethnobotaniques menées dans la région de Blouberg en Afrique du Sud (Mathibela *et al.*, 2019), au Burkina Faso (Kam *et al.*, 2018) et dans la ville de Shiraz en Iran (Bahmani *et al.*, 2016) ont indiqué que la décoction était la technique la plus répandue dans la préparation de remèdes contre les IU. Cette pratique traditionnelle est répandue car la population locale la considère comme adaptée au réchauffement corporel et à la désinfection de la plante (Koman *et al.*, 2019, Ngbolua *et al.*, 2016). Les plantes médicinales peuvent avoir des effets indésirables lorsqu'elles sont utilisées sans précaution par les patients. Par conséquent, une médecine douce doit être pratiquée avec prudence et selon des paramètres et des mesures bien définis (Benlamdini *et al.*, 2014). L'eau est le solvant le plus efficace et le plus répandu pour extraire les principes actifs les plus actifs (Koman *et al.*, 2019).

Les voies d'administration étaient principalement orales, la plupart des répondants ayant indiqué que l'administration orale était la plus pratiquée par les informateurs pour traiter les IU. Ces résultats sont compatibles avec ceux obtenus dans une étude ethnobotanique menée par El Hafian *et al.* (2014) au Maroc. Cela s'explique en partie par la facilité de cette méthode et en partie par le fait que la maladie affecte les organes internes. Pour atteindre ces organes, tout composé doit passer par le système digestif afin de faciliter son assimilation. Ces résultats concordent avec ceux de N'Guessan *et al.* (2009), qui ont indiqué que 46,98 % des traitements étaient administrés par voie orale et de Bla *et al.* (2015), qui ont observé une proportion de 57,69 %. Ils ont déclaré que l'ingestion de décoctions contenant des principes bioactifs par administration orale implique un processus métabolique beaucoup plus rapide et efficace que d'autres techniques. Les guérisseurs traditionnels ont expliqué qu'en buvant la décoction, la probabilité de neutraliser le parasite est plus élevée, et il serait éliminé par l'urine. Des études menées ailleurs par Elhassan *et al.* (2019) et Kam *et al.* (2018), Nisa *et al.* (2021) ont également rapporté que l'administration orale était la seule méthode d'administration de médicaments pour traiter les IU. Selon Bi *et al.* (2008), cette méthode permet une absorption plus efficace des molécules. Chakale *et al.* (2021) ont indiqué que la voie orale est préférée à la voie topique car elle permet une distribution et une interaction rapide et efficace des médicaments avec le site cible à l'intérieur du corps. La phytothérapie est une utilisation raisonnée et réfléchie des plantes médicinales, nécessitant la méthode de préparation la plus efficace pour garantir la préservation

de toutes leurs propriétés tout en permettant l'extraction et l'assimilation des principes actifs (Benlamdini *et al.*, 2014, Rhattas *et al.*, 2016). Cette étude met en lumière les connaissances courantes sur les espèces végétales utilisées pour traiter les IU.

Niveau de résistance des bactéries isolées des IVU

Les IU constituent une problématique de santé publique majeure à l'échelle mondiale en raison de leur fréquence élevée, de leur gravité potentielle et du surcoût sanitaire qu'elles engendrent. Leur incidence s'est accrue parallèlement à l'évolution des pratiques de soins et au déficit de formation spécifique du personnel médical. Ces infections surviennent fréquemment dans des contextes cliniques particuliers, notamment chez des patients présentant des facteurs prédisposants caractérisés par une altération des défenses immunitaires. Ainsi, les individus immunodéprimés ou affaiblis par une pathologie sous-jacente sont particulièrement exposés au risque d'IU, qui constitue une menace sérieuse pour la fonction rénale ainsi que pour la santé globale (Kouassi-Mbengue *et al.*, 2008).

Dans ce cadre, l'antibiogramme réalisé dans la présente étude a permis de caractériser le profil de résistance de *Escherichia coli* isolée à partir d'échantillons urinaires. Les résultats ont mis en évidence une résistance élevée, atteignant 100 %, aux bêta-lactamines, notamment à la ceftriaxone (CRO 30 µg), l'ampicilline (AMP 10 µg), la pipéracilline (PIL 30 µg), la céfoxitine (FOX 30 µg) et la ceftazidime (CZD 10 µg). En revanche, cette bactérie est restée sensible aux aminosides, en particulier à l'amikacine (AKN 30 µg). Ces données sont cohérentes avec celles rapportées par Masika *et al.* (2017) au Kenya, où la résistance aux bêta-lactamines variait entre 74 et 87 %. De même, les études de Lacheheb et Bendagha (2016), d'Abbada & Roudji (2020), ont souligné une résistance significative des entérobactéries à l'ampicilline et à la céfoxitine. Nos résultats affichent cependant des taux de résistance plus élevés que ceux observés au Maroc par Ait (2011), qui rapportait une résistance de 67 % à l'ampicilline et de 11,7 % à la gentamicine. Cette résistance accrue pourrait s'expliquer par des modifications acquises au niveau de la cible ribosomale bactérienne, notamment par mutation, entraînant une diminution de l'affinité des sites de fixation pour l'antibiotique. Par ailleurs, l'amikacine a démontré une efficacité notable, suggérant son potentiel en tant qu'agent thérapeutique de dernier recours dans le traitement des IU.

Par ailleurs, la résistance aux céphalosporines de troisième génération (C3G) observée dans cette étude est élevée, contrastant avec des données antérieures faisant état de taux de résistance inférieurs à 5 %. Par exemple, une étude menée au Vietnam a documenté une augmentation

progressive de la résistance de *E. coli* aux C3G, atteignant 66,7 % en 2020 (Nguyen & Lambert, 2012). Cette forte résistance pourrait être attribuée à l'usage intensif et souvent empirique de ces antibiotiques en milieu hospitalier, notamment dans le traitement des infections pédiatriques (Bouazar *et al.*, 2006). À titre de comparaison, l'étude AFORCOPI-BIO, qui a évalué la sensibilité de *E. coli* aux C3G dans les IU communautaires, a rapporté une résistance inférieure à 5 % (De *et al.*, 2007). Cette disparité souligne l'importance de la contextualisation locale des données de résistance pour l'élaboration de protocoles thérapeutiques adaptés et rationnels.

De plus, la résistance observée aux C3G, notamment à la ceftriaxone, est significative et corroborée par les travaux de Bouazar *et al.* (2007). Plusieurs études antérieures menées en Côte d'Ivoire ont également documenté cette tendance à la hausse de la résistance. En 2008, Kouassi-M'Bengue *et al.* (2008) ont rapporté des taux de résistance de 75 % et 25 % respectivement pour l'amoxicilline et l'amoxicilline-acide clavulanique. Cette résistance accrue pourrait s'expliquer principalement par la production d'enzymes à spectre étendu telles que les bêta-lactamases, ainsi que par des mécanismes altérant la perméabilité membranaire bactérienne, notamment la modification ou la perte des porines (Bradford, 2001 ; Coudron *et al.*, 2003). Ces observations soulignent l'impérieuse nécessité d'une surveillance épidémiologique continue des profils de résistance afin d'optimiser et d'adapter les stratégies thérapeutiques.

En outre, une résistance notable de *Escherichia coli* aux fluoroquinolones a été mise en évidence dans cette étude, avec un taux de résistance de 100 % à la ciprofloxacine (CIP 5 µg) et à la moxifloxacine (MXF 5 µg), tandis que la résistance à la lévofloxacine (LVX 5 µg) était plus modérée, à hauteur de 67 %. D'autres espèces bactériennes, telles que *Enterobacter hormaechei*, *Shigella flexneri*, *Staphylococcus cohnii* et *Salmonella enterica*, ont également présenté des profils de résistance étendus à la famille des fluoroquinolones (MXF, LVX, CIP), à l'exception de *Shigella flexneri*, qui demeurait sensible à la lévofloxacine. Ces isolats ont par ailleurs montré une résistance marquée aux bêta-lactamines, aux carbapénèmes ainsi qu'à l'acide fusidique (FAD 10 µg).

Ces résultats divergent notablement de ceux rapportés par Koffi (2001), qui avait décrit une sensibilité élevée des isolats Gram-négatifs et Gram-positifs à la gentamicine et à la ciprofloxacine. Toutefois, nos observations concordent avec les données concernant la sensibilité aux aminosides, où *Enterobacter hormaechei*, *Shigella flexneri* et *Salmonella enterica* ont conservé leur susceptibilité. Cette concordance s'aligne avec les résultats de Dosso

et al. (2000), qui ont noté une résistance à la ciprofloxacine de l'ordre de 59,2 % à Abidjan, bien que les taux de résistance dans notre étude soient supérieurs.

Par ailleurs, une étude américaine réalisée entre 2003 et 2004 a révélé que la résistance de *Escherichia coli* aux fluoroquinolones (ciprofloxacine, lévofloxacine) variait entre 3 et 20 %, selon les États considérés (Zhanet *et al.*, 2006). Cette prévalence, bien que variable, est en constante augmentation dans les pays européens, atteignant plus de 10 % dans des études récentes (Kahlmeter, 2003). En Suisse romande, les données du Centre suisse pour le contrôle de l'antibiorésistance (ANRESIS) ont indiqué qu'en 2010, 13 % des souches d'*Escherichia coli* isolées en ambulatoire présentaient une résistance aux fluoroquinolones. Ces constats confirment désormais que la résistance de *E. coli* aux quinolones est étroitement corrélée à la consommation ambulatoire de ces antibiotiques, à différents niveaux au sein des hôpitaux, des cabinets médicaux et de la communauté générale (Batart *et al.*, 2011).

Le traitement des flacons et emballages d'antibiotiques après utilisation constitue un facteur environnemental non négligeable dans la dissémination des agents antimicrobiens. Après leur utilisation chez l'homme ou l'animal, une partie des médicaments n'est pas complètement éliminée par l'organisme. Ces résidus sont rejetés dans les eaux usées et peuvent ensuite contaminer l'environnement, notamment les rivières, les sols et les nappes phréatiques. Kouadio *et al.* (2009) a démontré la présence de résidus d'antibiotiques tels que la norfloxacine et la ciprofloxacine dans les eaux usées des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) d'Abidjan. Ces molécules ont également été détectées dans les eaux usées issues des déversoirs urbains et dans les eaux lagunaires des zones maraîchères. La contamination environnementale par ces substances pharmaceutiques constitue indubitablement une source majeure de pression sélective, favorisant l'émergence de bactéries multirésistantes.

Par ailleurs, l'administration antérieure de quinolones représente un facteur de risque majeur de survenue d'infections à germes résistants (Johnson *et al.*, 2008). Selon les premières données de surveillance mondiale publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2018), entre 8 % et 65 % des isolats de *Escherichia coli* responsables d'IU présentent une résistance à la ciprofloxacine, un antibiotique largement employé dans ce contexte. Les fluoroquinolones exercent leur activité antibactérienne en inhibant la réplication de l'ADN, ciblant spécifiquement l'ADN gyrase et la topoisomérase IV. La résistance à ces agents est majoritairement due à des mutations chromosomiques affectant ces enzymes cibles, bien que des mécanismes de résistance plasmidique aient également été rapportés (Mammeri &

Nordmann, 2007). Ces observations confirment la diffusion étendue de la résistance à la ciprofloxacine (CIP 5 µg), suggérant que cet antibiotique ne devrait plus être utilisé en traitement probabiliste de première intention, particulièrement dans les IU et génitales où les entérobactéries sont fréquemment impliquées.

La Société de Pathologie Infectieuse de Langue Française (SPILF) rapporte cependant des taux de résistance plus faibles chez *Escherichia coli*, variant entre 3 % et 25 % aux fluoroquinolones (Muylaert & Mainil, 2013). Ce contraste peut s'expliquer par la fréquence élevée de l'automédication et de la prescription abusive des fluoroquinolones ainsi que des C3G, souvent initiées sur la seule base de symptômes urinaires sans confirmation microbiologique, et disponibles en vente libre dans notre pays, notamment au Centre Régional de Daloa. De plus, les céphalosporines de troisième génération et les fluoroquinolones représentent les classes d'antibiotiques les plus prescrites face à toute suspicion d'infection, qu'elle soit documentée ou non. Cet usage massif et non régulé contribue largement à la pression sélective exercée sur les populations bactériennes, phénomène observé tant dans les pays en développement que dans les pays industrialisés.

Plusieurs études ont également identifié comme facteurs de risque de résistance aux fluoroquinolones la consommation préalable d'antibiotiques dans les six mois précédents ainsi que la récurrence des IU (Lee *et al.*, 2010). Les fluoroquinolones occupent une place prépondérante dans le traitement probabiliste de la cystite aiguë non compliquée chez la femme (Cizman *et al.*, 2001). La résistance observée chez les entérobactéries résulte en général de mutations chromosomiques altérant la structure des enzymes cibles, ADN gyrase et topoisomérase IV (Muylaert & Mainil, 2013). Le taux élevé de résistance constaté pourrait s'expliquer par le fait que, après les β-lactamines, les fluoroquinolones constituent les molécules les plus prescrites en Afrique, et particulièrement en Côte d'Ivoire (Dosso *et al.*, 2000).

L'étude a également révélé que *Enterococcus faecalis* présentait une résistance élevée à la famille des β-lactamines, avec un taux de 100 % de résistance à l'ampicilline (AMP 10 µg), suivi de 50 % de résistance à la ceftriaxone (CRO 30 µg) et à la pipéracilline (PIL 30 µg). Concernant la famille des fluoroquinolones, une résistance significative a été observée : 100 % à la moxifloxacine (MXF 5 µg), 50 % à la lévofloxacine (LVX 5 µg) et à la ciprofloxacine (CIP 5 µg). Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par Hussain *et al.* (2016) à Lahore, qui avaient mis en évidence des taux élevés de résistance aux fluoroquinolones, atteignant 86,95 %

pour la norfloxacine et 85,09 % pour la ciprofloxacine et la lévofloxacine. En effet, *E. faecalis* est classiquement reconnue pour son sens variable aux quinolones de première génération, molécules fréquemment employées dans le traitement des IU basses. Les taux de résistance de 100 % à l'ampicilline et à la moxifloxacine témoignent d'une résistance intrinsèque ou naturelle chez cette espèce. Par ailleurs, Esmail *et al.* (2019) ont rapporté une résistance de 100 % à l'ampicilline chez toutes les souches d'entérocoques testées, ainsi qu'un taux élevé de résistance à la gentamicine (80 %) et une résistance moindre à l'imipénème (7,6 %).

La présence d'une telle souche impose la mise en place d'une surveillance épidémiologique rigoureuse du profil de résistance au sein de cette espèce. Notons cependant que dans notre étude, *E. faecalis* est demeuré sensible aux macrolides, notamment à la clindamycine (CMN 2 µg) et à l'érythromycine (ERY 3 µg). Cette observation contraste avec celle de Moussa *et al.* (2019), qui, dans une étude menée à l'hôpital universitaire de Malaisie, avaient enregistré un taux de résistance à l'érythromycine très élevé (96 %).

En ce qui concerne *Staphylococcus aureus*, une résistance significative a été mise en évidence dans la famille des β-lactamines, avec un taux particulièrement élevé à l'ampicilline (AMP 10 µg, 100 %) et à la céfoxitine (FOX 30 µg, 90,9 %). Cette forte résistance peut être attribuée à la production de pénicillinase par plus de 90 % des souches de *S. aureus*, responsable de la résistance à la pénicilline G. Pour les familles des macrolides, lincosamides et streptogramines, 81,8 % des isolats présentaient une résistance à l'érythromycine (ERY 3 µg) et à la clindamycine (CMN 2 µg). Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Sogoba (2021), qui avait observé une résistance aux macrolides chez 78,1 % des souches de *S. aureus*.

De même, Gbégbé *et al.* (2023) ont décrit un taux de résistance de 100 % de *Staphylococcus spp.* à la clindamycine, à l'érythromycine et à l'acide fusidique. À l'inverse, Momen *et al.* (2023) ont montré que 59,23 % des *Staphylococcus spp.* restaient sensibles à l'érythromycine et à la clindamycine. Ces auteurs ont également noté que 43,75 % des isolats de *S. epidermidis* étaient résistants à l'érythromycine et 40,63 % à la lévofloxacine. Ces taux élevés de résistance peuvent être expliqués par la pression sélective résultant d'une utilisation extensive et souvent inappropriée d'antibiotiques à large spectre, tant en milieu hospitalier qu'en communauté (Amine *et al.*, 2009). Cette situation souligne l'importance cruciale d'une gestion rationnelle des antibiotiques et d'une surveillance continue afin de limiter la propagation de souches résistantes.

Résultats et Discussion

Concernant la sensibilité aux aminosides, *Staphylococcus aureus* a présenté des taux élevés de résistance à l'amikacine (AKM 30 µg) et à la gentamicine (GMN 10 µg), respectivement de 72,7 % et 45,4 %. Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Sogoba (2021), qui avait observé des taux de résistance plus élevés, soit 87,0 % pour l'amikacine et 85,4 % pour la gentamicine. En revanche, nos données contrastent avec celles de Mebarkia & Daoudi (2016), qui n'avaient pas détecté de résistance à la gentamicine (0 %). Par ailleurs, la souche isolée de *S. aureus* a également montré une résistance notable à la ciprofloxacine (70 %). La résistance spécifique à la ciprofloxacine est généralement associée à des mutations chromosomiques affectant les enzymes cibles, à savoir l'ADN gyrase et la topoisomérase IV, ainsi qu'à la surexpression des systèmes d'efflux, à la modification de la perméabilité membranaire via une réduction du nombre de porines, et au transfert de gènes de résistance portés sur des plasmides (Martinez-Martinez *et al.*, 1998).

Les taux élevés de résistance observés chez *Staphylococcus aureus* pourraient s'expliquer par une utilisation abusive et souvent non contrôlée de ces antibiotiques, ainsi que par la pratique répandue de l'automédication. En effet, qu'ils soient initialement efficaces ou non, les antibiotiques connaissent une augmentation progressive des taux de résistance chez les isolats au fil du temps, phénomène confirmé par plusieurs études antérieures (Monnet *et al.*, 2000 ; Tagajdid *et al.*, 2010 ; Mayoral *et al.*, 2010). La pression exercée sur les populations bactériennes par l'usage excessif ou inapproprié de ces molécules favorise l'émergence et la sélection de souches résistantes.

Dans les pays en développement, l'automédication représente un problème de santé publique important. En Côte d'Ivoire, une étude réalisée à Abidjan a rapporté une prévalence de 24,3 % chez les adultes et de 15,2 % chez les enfants en cas d'infection (Hounsa *et al.*, 2010). Plusieurs souches multirésistantes ont été détectées dans le cadre de la présente étude. Cette multirésistance pourrait s'expliquer par la présence de gènes de résistance portés sur des plasmides communs, la coexistence de multiples mécanismes de résistance ou la production simultanée de diverses enzymes dégradant les antibiotiques (Sirot, 1995 ; Jacoby, 1997).

Bien que la consommation d'antibiotiques soit reconnue comme un facteur majeur favorisant la résistance bactérienne, le phénomène reste complexe et multifactoriel. L'usage abusif de ces molécules exerce une pression sélective importante sur l'écologie bactérienne. Par ailleurs, il est essentiel de considérer que la prescription d'antibiotiques a des répercussions non seulement

sur le patient traité, mais aussi à l'échelle communautaire, car une espèce bactérienne résistante peut se propager et affecter d'autres individus (Karl, 2002).

Les résultats de l'antibiogramme montrent que la sensibilité des micro-organismes aux antibiotiques dépend à la fois des caractéristiques intrinsèques du microorganisme et des propriétés spécifiques de l'agent antimicrobien. Les variations observées dans les fréquences de résistance peuvent être expliquées par la diversité des facteurs épidémiologiques, des stratégies d'utilisation des antibiotiques et des protocoles d'hygiène hospitalière entre établissements (Mkaouar *et al.*, 2008).

Par ailleurs, la sensibilisation du personnel médical sur les bonnes pratiques de prescription et les posologies adaptées est primordiale afin de réduire significativement les phénomènes de résistance croisée.

Phénotypes de résistance aux antibiotiques et gènes associés aux mécanismes de résistances des bactériennes isolées des IVU

La résistance aux antibiotiques connaît une augmentation rapide à l'échelle mondiale, notamment en Afrique. Dans ce contexte, cette étude a été conduite en Côte d'Ivoire, plus précisément dans la région du Haut-Sassandra, en réponse aux difficultés thérapeutiques croissantes rencontrées dans la prise en charge des IU. L'investigation a porté sur un total de 22 isolats bactériens : 6 entérobactéries (*Escherichia coli* (03), *Enterobacter hormaechei* (01), *Shigella flexneri* (01), *Salmonella enterica* (01)), 14 staphylocoques (*Staphylococcus aureus* (11), *S. epidermidis* (02), *S. cohnii* (01)) et 2 entérocoques (*Enterococcus faecalis*), prélevés à partir d'échantillons d'urine analysés au Laboratoire de Bactériologie-virologie du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Daloa.

L'étude a permis de caractériser les phénotypes de résistance aux antibiotiques par antibiogramme, ainsi que de détecter les gènes associés à ces résistances par réaction de polymérisation en chaîne (PCR), dans le but d'établir une corrélation entre phénotypes et génotypes de résistance. Les isolats d'entérobactéries ont montré une résistance significative aux fluoroquinolones et aux aminosides. Toutefois, la PCR n'a pas permis d'identifier la présence des gènes plasmidiques de résistance *qnrA*, *qnrB*, *qnrS* (associés à la résistance aux fluoroquinolones) ni des gènes *blaTEM*, *blaCTX* et *blaSHV* codant pour des bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE). Cette dissociation entre la présence des phénotypes de résistance aux fluoroquinolones et l'absence des gènes *qnr* et *bla* suggère que la résistance observée est vraisemblablement médiée par d'autres mécanismes.

Résultats et Discussion

La résistance aux fluoroquinolones est fréquemment attribuée à des mutations chromosomiques localisées dans les régions déterminantes des gènes codant pour les cibles de ces antibiotiques, notamment la gyrase A (gènes *gyrA*, *gyrB*) et la topoisomérase IV (gènes *parC*, *parE*). Par ailleurs, d'autres mécanismes tels que l'altération de la perméabilité membranaire par réduction ou inactivation des porines, ainsi que l'acquisition ou la surexpression de pompes à efflux, contribuent à diminuer la concentration intracellulaire de fluoroquinolones, renforçant ainsi la résistance. Ces facteurs peuvent agir seuls ou en synergie avec des mutations QRDR (Quinolone Resistance Determining Regions), augmentant ainsi les niveaux de résistance observés sans qu'aucun gène de résistance plasmidique ne soit détecté (Munita & Arias, 2016).

Une autre hypothèse plausible est que les gènes responsables de la résistance sont bien plasmidiques, mais qu'ils n'appartiennent pas au panel ciblé par les amorces PCR utilisées. En effet, plusieurs autres gènes plasmidiques peuvent être associés à la résistance aux fluoroquinolones, notamment *aac* (6')-Ib-cr, *qepA* et *oqxAB*. Le gène *aac* (6')-Ib-cr est une variante de l'enzyme modificateur des aminosides qui peut également acétyler certaines fluoroquinolones, réduisant ainsi leur activité. Ce gène se retrouve souvent dans des plasmides multirésistants, cohabitant avec d'autres gènes comme *bla*CTX-M. Quant à *qepA* et *oqxAB*, ce sont des gènes codant pour des pompes d'efflux spécifiques des fluoroquinolones. Des études menées dans plusieurs pays ont montré une prévalence croissante de ces gènes, notamment dans les isolats responsables d'IU (Strahilevitz *et al.*, 2009 ; Jacoby *et al.*, 2015). Leur non-détection dans la présente étude est donc probablement liée à la spécificité des cibles moléculaires sélectionnées.

Par ailleurs, la proportion d'isolats producteurs de bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE) et de bêta-lactamases à spectre réduit (BMR) demeure significative, compliquant davantage la prise en charge thérapeutique. Une étude menée au Maroc par Tagajdid *et al.* (2010) a rapporté que 27 % des entérobactéries isolées, notamment *Escherichia coli*, présentaient une résistance aux fluoroquinolones, un taux nettement inférieur à celui observé dans la présente étude. Ces résultats suggèrent un niveau particulièrement élevé de résistance dans la région du Haut-Sassandra.

Il est important de souligner que la résistance aux fluoroquinolones s'établit généralement par une succession de mutations au niveau des gènes chromosomiques cibles, le phénomène dit de « first step mutation » constituant la première étape d'un processus évolutif conférant un premier niveau de résistance (Jolivet-Gougeon, 2011). À ce titre, une étude réalisée à Durban

en Afrique du Sud par Osei *et al.* (2016) a mis en évidence la présence de mutations multiples dans ces gènes chez des isolats entérobactéries résistantes aux fluoroquinolones, corroborant ainsi nos observations.

Par ailleurs, les gènes de résistance présentent une grande diversité allélique. En effet, les gènes *qnr* regroupent plusieurs variantes, notamment *qnrA*, *qnrB* et *qnrS*, tandis que les gènes *bla* englobent différentes familles telles que *blaTEM*, *blaCTX-M* et *blaSHV*. Il est important de souligner que, si les amorces utilisées pour la PCR ne sont pas spécifiquement conçues pour cibler l'ensemble des variants existants, certaines formes alléliques peuvent ne pas être détectées, ce qui pourrait expliquer l'absence de certains gènes dans nos analyses.

Par exemple, une étude menée en Algérie en 2014 a rapporté que le gène *TEM* était présent dans 100 % des isolats, tandis que le gène *CTX-M* a été identifié dans 69 % des cas (Souana *et al.*, 2015). De même, une étude réalisée en Chine a révélé la présence du gène *CTX-M* chez 96 % des isolats analysés (126 isolats), avec une prévalence moindre des gènes *TEM* et *SHV* (Shi *et al.*, 2015). En Algérie, une autre étude menée en 2015 a confirmé la présence du gène *TEM* dans 100 % des cas, tandis que *CTX-M* était identifié dans 69 % des cas (Souana, 2015). De plus, Al-Mayahie (2013) ont montré que les BLSE de type *CTX-M* étaient les plus fréquentes (69,5 %), suivies des BLSE de type *SHV* (4,3 %), alors qu'aucun isolat ne présentait de BLSE de type *TEM*. En Côte d'Ivoire, les travaux de Guessennd *et al.* (2008) ont mis en évidence la présence des gènes *blaCTX-M-1*, *blaTEM* et *blaSHV* chez 151 entérobactéries productrices de BLSE, avec des prévalences respectives de 65,6 %, 64,9 % et 48,3 %. Ces disparités observées entre les études peuvent être imputées aux différences dans les souches analysées ainsi qu'aux panels d'antibiotiques utilisés lors des tests de sensibilité.

Par ailleurs, des études menées au Ghana par Andrews *et al.* (2022) n'ont révélé aucune présence des gènes *qnrA* et *qnrB* chez les isolats testés, suggérant que la simple observation d'un phénotype de résistance aux fluoroquinolones ne permet pas systématiquement de confirmer la présence des gènes plasmidiques correspondants. Nos résultats concordent avec ces observations. En outre, d'autres auteurs ont souligné que parmi les bactéries pathogènes à Gram négatif, *Escherichia coli* demeure la cause la plus fréquente d'infections chez l'homme. Ces pathogènes deviennent de plus en plus difficiles à traiter en raison du développement d'une résistance aux antimicrobiens couramment utilisés, facilement accessibles et peu coûteux (Feglo *et al.*, 2016 ; Moges *et al.*, 2019). Une autre étude réalisée en Côte d'Ivoire a évalué la fréquence des gènes *qnr* chez des isolats d'entérobactéries productrices de BLSE et a rapporté

une prévalence moyenne de 27 % pour l'association *qnr*-BLSE (Guessemnd *et al.*, 2008). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus dans notre étude, probablement en raison des variations géographiques et des différences dans les souches bactériennes étudiées.

En conséquence, le respect strict des recommandations relatives à l'antibiothérapie apparaît indispensable afin de limiter la sélection et la diffusion des souches résistantes. Ces mesures incluent notamment une restriction de l'utilisation des fluoroquinolones dans le traitement des IU courantes, le respect des indications et des durées thérapeutiques, ainsi que la réalisation systématique d'un antibiogramme lorsque cela est indiqué.

En ce qui concerne les phénotypes de résistance aux aminosides, le mécanisme principal repose essentiellement sur l'acquisition d'enzymes modificatrices, lesquelles se répartissent en trois classes selon leur activité enzymatique : phosphorylation, acétylation et nucléotidylation (Nguyen & Lambert, 2012). Dans le cadre de cette étude, 83,33 % des phénotypes résistants aux aminosides ont été observés, ce qui souligne l'importance de prendre en considération ce phénomène. Par ailleurs, l'émergence récente des méthyltransférases ciblant l'ARN 16S, conférant un niveau élevé de résistance à l'ensemble des aminosides utilisés en pratique clinique, représente une menace préoccupante nécessitant un suivi épidémiologique rigoureux (Nguyen & Lambert, 2012).

Concernant les phénotypes de résistance aux macrolides, notre étude a révélé une prévalence de 83,33 % du phénotype MLSB. Ces résultats s'inscrivent dans la lignée des observations de Momen *et al.* (2023), qui ont rapporté que 23,85 % des isolats de *Staphylococcus* spp. présentaient le phénotype MLSB, 6,92 % le phénotype MS, et 10 % le phénotype MLSB. Aussi ailleurs, les souches de staphylocoques (*S. aureus* et *S. epidermidis*) ont démontré une résistance marquée aux fluoroquinolones, avec des taux respectifs de 89 % et 90,9 % pour la céfoxitine. La PCR a permis de détecter le gène *mecA* chez 46 % des isolats, répartis-en 38,46 % chez *S. aureus* et 7,5 % chez *S. epidermidis*. La résistance à la céfoxitine observée traduit inévitablement la résistance des souches à la famille des bêtalactamines. Cette résistance à la méthicilline est principalement médiée par le gène *mecA*, codant pour la protéine PBP2a (Penicillin-Binding Protein 2a), une protéine de liaison à la pénicilline modifiée qui réduit l'affinité des bêtalactamines pour leur cible enzymatique. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés à Casablanca par Momen *et al.* (2023), qui ont observé que 44,44 % des isolats de *S. aureus* étaient résistants à la céfoxitine, tous porteurs du gène *mecA*, tandis que les souches de

S. epidermidis présentaient également des taux élevés de résistance (69 %) à ce même antibiotique.

En outre, plusieurs souches multirésistantes ont été identifiées dans cette étude. Cette multirésistance pourrait s'expliquer par la présence concomitante des gènes de résistance sur un même plasmide, par la coexistence de multiples mécanismes de résistance ou encore par la production de diverses enzymes inactivatrices (Sirot, 1995 ; Jacoby, 1997). Certains auteurs suggèrent ainsi la codiffusion des BLSE et d'autres gènes de résistance aux antibiotiques sur un plasmide conjugué unique (Martínez-Martínez *et al.*, 1998). Cette multirésistance est également fréquemment associée à une utilisation abusive et non contrôlée des antibiotiques au sein de la communauté (Kahlmeter, 2003). Ces constats soulignent avec acuité la nécessité impérieuse de réguler la consommation d'antibiotiques, conformément aux recommandations formulées par Ficca *et al.* (2006), afin de limiter la sélection et la dissémination des souches multirésistantes.

De surcroît, au Bénin, Assouma *et al.* (2023) ont rapporté que 15,29 % des patients atteints d'IU étaient porteurs d'isolats de *Staphylococcus* spp. dont 42,31 % étaient positifs pour le gène *mecA*. Nos résultats s'inscrivent dans une fourchette proche de ceux obtenus par ces auteurs. Toutefois, une étude réalisée à Abidjan a révélé une prévalence plus faible, avec seulement 11,8 % des isolats de *S. aureus* porteurs du gène *mecA* parmi les patients hospitalisés (N'douba *et al.*, 2011). Ces variations régionales dans la prévalence des souches résistantes soulignent la nécessité impérieuse d'une surveillance continue et d'une adaptation dynamique des protocoles thérapeutiques en fonction des données épidémiologiques locales.

Après confirmation phénotypique de la résistance à la céfoxitine, un test moléculaire par PCR a été réalisé pour détecter le gène *mecA*. Il est à noter que tous les isolats de staphylocoques résistants à la céfoxitine n'ont pas été positifs pour le gène *mecA*, ce qui contraste avec les résultats obtenus par amplification PCR. Néanmoins, les résultats positifs confirment que la PCR demeure la méthode de référence la plus fiable pour la détection de la résistance à la méthicilline. Ainsi, une approche combinée associant tests phénotypiques (préférentiellement la céfoxitine) et méthodes moléculaires (PCR ciblant le gène *mecA*) s'avère nécessaire pour une identification précise de la résistance aux bêtalactamines chez les staphylocoques, notamment dans le cadre des IU.

Concernant la détection des gènes majeurs de résistance aux bêtalactamines (*blaTEM*, *blaSHV*, *blaCTX-M*) ainsi qu'aux fluoroquinolones (*qnrA*, *qnrB*, *qnrS*) chez les entérobactéries et

certaines staphylocoques, aucun portage génétique n'a été identifié dans cette étude. Face à cette absence de cibles moléculaires exploitables, et afin d'assurer la pertinence biologique des investigations ultérieures, le choix s'est porté sur six souches de staphylocoques (*Staphylococcus aureus* n=5 et *Staphylococcus epidermidis* n=1) porteuses du gène *mecA*. Ce gène code pour la protéine de liaison alternative à la pénicilline (PBP2a), conférant la résistance à la méthicilline, et constitue un marqueur bien établi de multirésistance chez les staphylocoques.

En ciblant ces souches *mecA*-positives, reconnues pour leur difficulté thérapeutique en clinique, l'étude de l'activité antibactérienne et antioxydante des extraits de *Anthocleista nobilis* s'inscrit dans une démarche de recherche de solutions alternatives face à la problématique croissante des souches multirésistantes. Ce choix est justifié tant sur le plan épidémiologique que thérapeutique, car il permet d'évaluer l'efficacité potentielle des extraits végétaux sur des isolats cliniquement pertinents et résistants aux traitements conventionnels.

Activités antibactériennes des extraits aqueux, acétonique 70% et éthanolique 70% de *Anthocleista nobilis* sur les isolats de Staphylocoques isolés des IVU

La menace croissante et la propagation de la multirésistance aux antibiotiques dans un large éventail d'agents pathogènes courants ont conduit à la recherche de plantes médicinales traditionnelles comme alternatives aux antibiotiques (Nostro *et al.*, 2006). De nombreux travaux publiés ont montré aussi l'efficacité de plantes médicinales traditionnelles contre les micro-organismes. En effet, les plantes ont fourni à la pharmacopée occidentale environ 7 000 différents composés pharmaceutiques essentiels et un certain nombre de médicaments les plus vendus de l'époque moderne, comme l'artémisinine, le taxol, la camptothécine et la quinine (Evans, 2002). Ce qui souligne l'intérêt de ce travail.

Les rendements d'extraction obtenus au cours de cette étude variaient entre 10,9% et 5,7% pour des écorces du tronc *Anthocleista nobilis*. A l'issue de cette extraction, il a été constaté que l'EE 70% a eu le rendement le plus élevé (10,9%) alors que le plus faible a été obtenu avec l'EP 70%. Les différents rendements d'extraction révèlent que l'écorce de *Anthocleista nobilis* est plus riche en composés polaires qu'apolaires, car ils augmentent avec la polarité du solvant utilisé. En effet, les composés bioactifs sont très solubles dans les alcools, ce qui conduit à des rendements d'extraction plus élevés lorsque la teneur en éthanol de l'eau dépasse 70 % (Oreopoulou *et al.*, 2019). Ceci pourrait également s'expliquer par le fait que les extraits de cette plante sont riches en composés polaires qui ont une forte solubilité dans l'eau, ce qui les

rend plus faciles à extraire que les composés apolaires qui ont une faible affinité avec l'eau, et donc peu de solubilité dans l'eau. Ce résultat corrobore les travaux de Bruneton (1999 b) qui a également montré que les différents rendements d'extraction révèlent que les organes de cette plante sont plus riches en composés polaires qu'apolaires puisqu'ils augmentent avec la polarité du solvant utilisé. Les solvants polaires sont adaptés à l'extraction de biomolécules polaires à partir de différentes parties d'une plante. Il faut également souligner que cette légère différence dans le rendement des extraits de *Anthocleista nobilis* dépend de nombreux facteurs tels que l'espèce, l'âge de la plante, la partie de la plante utilisée, l'état du matériel végétal avant utilisation, la période de récolte, l'origine géographique (effet de l'environnement) et la méthode d'extraction (Abdelmounaim, 2013). Plusieurs études ont montré que le rendement d'extraction dépend de facteurs environnementaux, tels que les conditions climatiques (Saag *et al.*, 1975), de la procédure d'extraction et de la variété de la matière première (Fedeniuk & Biliaderis, 1994 ; Lucchesi, 2005).

L'analyse qualitative des extraits de *Anthocleista nobilis* a révélé la présence de flavonoïdes, de polyphénols, de leucoanthocyanes, d'anthocyanes, de tanins catéchiques et galliques dans les Aq, AC 70% et EE 70%. Ailleurs, des chercheurs ont également effectué des analyses phytochimiques sur le genre *Anthocleista*. Par exemple, le criblage phytochimique de l'extrait méthanolique de *Anthocleista* a révélé la présence de flavonoïdes, de saponines, d'alcaloïdes, de terpénoïdes, de stéroïdes et de tanins (Lawal *et al.*, 2020). De même, les résultats rapportés par Ojiakor et Eokoye (2015) ont montré que les Aq de *Antholeista djalensis* contiennent des alcaloïdes, des tanins, des flavonoïdes, des glycosides cardiaques, des saponines ainsi que des sucres. D'autres analyses phytochimiques d'extraits provenant de quatre solvants (méthanol, aqueux, acétate d'éthyle et hexane) ont été déterminées précédemment par Popoola (2019), indiquant la présence de tous ces composés dans l'extrait méthanolique, tandis que la disponibilité de différents composés phytochimiques tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes, les saponines, les phénols, les tanins, les glycosides cardiaques et les terpénoïdes variait dans les autres extraits.

Par ailleurs, certains chercheurs ont observé dans leurs travaux, l'abondance des composés polyphénols, flavonoïdes, tanins galliques et triterpénoïdes dans de *Anthocleista nobilis* ; ceci justifie son utilisation dans la médecine traditionnelle gabonaise (Oloyed, 2005 ; Andzi *et al.*, 2015). De plus, plusieurs études ont montré que les composés tels que les polyphénols et les flavonoïdes ont des propriétés thérapeutiques telles que antimicrobiennes, antiparasitaires, antidiarrhéiques et cicatrisantes (Karou *et al.*, 2005 ; Vyas *et al.*, 2010 ; Sivananthan

&Elamaran, 2013). En outre, Yakubu & Quadri (2012) ont mentionné dans leurs études que les racines de *Anthocleista nobilis* contiendraient de flavonoïdes, de saponines, de sucres réducteurs, d'alcaloïdes, de mucilages, de tanins et de glycosides cardiaques à des concentrations variables. Par contre, les anthraquinones et triterpénoïdes étaient absents. Aussi, la présence de polyphénols, de stérols et polyterpènes a été mise en évidence dans d'autres espèces du genre *Anthocleista* comme *Anthocleista djalonensis* (Okeke *et al.*, 2019). Cette richesse en métabolites secondaires expliquerait les multiples usages de *A. nobilis*. Selon Bruneton (1999 b), les polyphénols et les polyterpènes sont actifs sur les virus et les bactéries. Ceux-ci seraient à la base de l'utilisation de cette plante dans le traitement des IU. La variation des métabolites secondaires dans ces extraits est due au fait que les solvants, les organes et les espèces diffèrent d'une étude à l'autre. Tous ces métabolites secondaires bioactifs identifiés dans les différents extraits possèdent de nombreuses propriétés pharmacologiques (Bruneton, 2009). Les propriétés de ces extraits suggèrent qu'ils peuvent être utilisés dans des produits pharmaceutiques.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne, les résultats ont montré que les extraits végétaux de *Anthocleista nobilis* possédaient une activité antibactérienne considérable contre cinq (05) souches de *Staphylococcus aureus* et une (01) souche de *Staphylococcus epidermidis* isolées des IU. En fait, l'augmentation du diamètre de la zone d'inhibition est en corrélation directe avec l'augmentation de la concentration des extraits de plante. Globalement, sur les quatre extraits testés, trois (Aq, AC70% et EE 70%) ont inhibé au moins une souche. Les chromatogrammes basés sur ces extraits ont été utilisés pour induire des zones d'inhibition autour des puits en milieu gélosé. Les diamètres d'inhibition étaient compris entre $6,00 \pm 0,00$ et $21,73 \pm 0,64$ mm. Sur milieu solide, l'Aq a été plus actif (diamètre d'inhibition compris $13,10 \pm 0,85$ et $21,73 \pm 0,64$ mm) sur les souches testées que les extraits d'AC 70 % (diamètre d'inhibition compris entre $6,00 \pm 0,00$ et $21,06 \pm 1,00$ mm) et d'EE 70 % (diamètre d'inhibition allant de $6,00 \pm 0,00$ à $19,86 \pm 0,90$ mm). Par ailleurs, les isolats E2 et E14 de *Staphylococcus aureus* ont développé une plus grande résistance aux extraits. L'on pourrait dire que l'Aq possède la plus forte concentration de principes actifs antimicrobiens. D'une façon générale, l'activité antibactérienne dépend de plusieurs facteurs tels que l'état physiologique des bactéries, le potentiel antibactérien des substances bioactives contenues dans l'extrait et la capacité de diffusion dans le milieu gélosé. Il convient de noter que l'activité antimicrobienne varie en fonction de l'extrait. Ceci est dû à leur nature, car ils contiennent des composés organiques appartenant à différentes familles et ont été obtenus par des solvants de polarités

différentes. En plus, la mise en marche du matériel pendant la préparation des extraits, peut jouer un rôle très important dans la libération des composés actifs dans les tissus végétaux (Mann, 2002). En effet, les phénols pourraient jouer un rôle positif dans le traitement des infections causées par des bactéries résistantes, car elles ont une capacité de lier et de désactiver certaines enzymes bactériennes essentielles pour la cellule bactérienne (Aldulaimi, 2017). Selon Hayouni et al. (2007), la technique d'extraction et le solvant affectent considérablement les rendements d'extraction, les polyphénols totaux, les activités biologiques et antibactériennes. Aussi, l'effet antibactérien est variable en fonction du pathogène considéré, de la partie de la plante utilisée et de la méthode d'extraction (kasrani & mouhoub, 2019). L'état physiologique des bactéries joue également un rôle important, les micro-organismes étant plus sensibles aux antimicrobiens chimiques en phase exponentielle qu'en phase stationnaire, bien que le phénomène puisse être inversé pour les agents physiques. Les formes sporulées sont beaucoup plus résistantes aux agents physiques ou chimiques que les formes végétatives (Guiraud, 2003).

En revanche, les faibles concentrations d'extraits de *Anthocleista nobilis* n'ont montré aucun effet antimicrobien sur les souches de *Staphylococcus* testées. Cela indique que la quantité de composés actifs présente à ces concentrations est probablement insuffisante pour inhiber la croissance bactérienne. En effet, l'activité antimicrobienne dépend fortement de la dose : en dessous d'un certain seuil (concentration minimale inhibitrice), l'extrait ne peut pas exercer d'effet visible sur les microorganismes.

Par ailleurs, l'efficacité des agents antimicrobiens, y compris les extraits végétaux, peut être influencée par plusieurs facteurs environnementaux. La solubilité des composés actifs dans l'eau constitue un élément déterminant, car une faible solubilité limite leur diffusion et leur contact avec les cellules bactériennes. D'autres paramètres physicochimiques tels que la température, le pH, la turbidité, la viscosité, l'épaisseur du milieu, la dureté de l'eau et la présence de matière organique peuvent également modifier l'activité antimicrobienne (Alloun, 2020). Ainsi, l'inefficacité observée pour certaines concentrations d'extraits ne signifie pas nécessairement l'absence de potentiel antimicrobien de la plante, mais peut être attribuée à une concentration insuffisante en composés actifs ou à l'influence de facteurs environnementaux susceptibles d'altérer leur activité.

D'ailleurs, les résultats rapportés par Walli *et al.* (2015) ont montré que l'extrait aqueux du genre *Anthocleista*, préparé dans l'eau bouillante, a exercé un effet inhibiteur significatif sur la croissance de *Staphylococcus aureus*, avec une zone d'inhibition de 20 mm de diamètre.

Nos résultats sont proches de ceux obtenus par ces auteurs, puisque la zone d'inhibition observée était 21,73 mm contre *Staphylococcus aureus*. Ces résultats sont similaires aux études réalisées par (Yakubu & Quadri, 2012) sur les aqueux et éthanolique de *Anthocleista nobilis* qui ont été efficace contre *Staphylococcus aureus*. Ils ont obtenu des valeurs CMI inférieures à 500 mg/ml. (Akinyemi, 2014) ont également détecté qu'une autre espèce, *Anthocleista djalensis*, était efficace contre *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* et *Escherichia coli*. Par conséquent, l'activité antibactérienne de *Anthocleista nobilis* obtenue dans cette recherche est en accord avec l'activité antimicrobienne affichée par d'autres espèces du genre *Anthocleista*. Cela souligne le potentiel antimicrobien transversal des espèces du genre *Anthocleista*, qui méritent donc une attention particulière pour des études phytopharmacologiques approfondies. Aussi, les études réalisées par Pandey & Rizvi, (2009) suggèrent que la propriété antimicrobienne de *Anthocleista nobilis* est attribuée à la présence de polyphénols. Les polyphénols sont capables d'entraîner une destruction massive de la membrane cellulaire des bactéries Gram-positives (kasrani & mouhoub, 2019). De plus, certains polyphénols agissent comme inhibiteurs des pompes d'efflux bactériennes. Cowan (1999) a démontré que l'inhibition de ces systèmes augmente la concentration intracellulaire des agents antimicrobiens, suggérant un effet synergique potentiel entre polyphénols et antibiotiques conventionnels. En outre, plusieurs auteurs ont rapporté une inhibition enzymatique intracellulaire Cowan (1999) indique que les polyphénols peuvent interagir avec des enzymes clés du métabolisme bactérien en modifiant leur conformation ou en bloquant leurs sites actifs. Certains flavonoïdes ont notamment été décrits comme inhibiteurs de la DNA gyrase bactérienne Scalbert (1991), ce qui limite la réplication de l'ADN et la division cellulaire. Scalbert (1991) a démontré aussi que ces composés peuvent précipiter les protéines membranaires et former des complexes stables avec le peptidoglycane, altérant la rigidité et la fonctionnalité de la paroi bactérienne. Cette interaction peut également concerner des enzymes extracellulaires ou des toxines staphylococciques, réduisant ainsi le pouvoir pathogène de la bactérie.

Par ailleurs, de nombreuses études ont montré que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, les tanins, les glycosides cardiaques et les terpénoïdes jouent un rôle crucial dans l'activité antibactérienne, en inhibant la croissance de bactéries dont *S. aureus* (Yan *et al.*, 2024 ; Aminiaian *et al.*, 2022 ; Qamar *et al.*, 2024). L'activité antibactérienne de cette plante pourrait s'expliquer par la présence de substances polyphénoliques (tanins, flavonoïdes et polyphénols). Selon de nombreux auteurs (Bruneton, 199b ; Ybert, 2001), les composés polyphénoliques possèdent des propriétés antibactériennes. En outre, les feuilles de *Anthocleista nobilis* sont utilisées contre le rhume (Arbonnier, 2002 ; Schmelzer *et al.*, 2008). Ceci révèle que cette plante possède plusieurs vertus thérapeutiques pour traiter les affections.

De plus, Lü *et al.* (2004). ont mis en évidence l'activité inhibitrice des tanins sur le VIH-1 par blocage de son entrée dans les cellules cibles. Ces résultats intéressants peuvent être attribués à la présence de tanins, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes. Ceci pourrait ouvrir une piste de recherche pour notre plante dont l'écorce est riche en tanins. Ceux-ci inhibent la croissance des micro-organismes en précipitant les protéines microbiennes et en les empêchant d'obtenir les protéines nutritionnelles nécessaires à leur croissance et à leur développement (Jacob *et al.*, 2016).

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée dans cette étude a permis de mettre en évidence les relations entre différents extraits de *Anthocleista nobilis* et la sensibilité de souches multirésistantes de *Staphylococcus* isolées d'IU. Les résultats ont montré que l'activité antibactérienne de cette plante varie significativement en fonction du solvant d'extraction et des concentrations utilisées. Ces variations confirment l'hypothèse selon laquelle la nature chimique des composés extraits par différents solvants influence leur efficacité sur des bactéries pathogènes.

En effet, l'AFC révèle que les extraits éthanoliques à forte concentration (EE.C100 et EE.C50) sont fortement corrélés positivement avec la souche E2, indiquant une activité antibactérienne marquée. À l'opposé, les mêmes extraits à faible concentration (EE.C25 et EE.C12.5) ne montrent qu'une faible corrélation avec la souche E6, suggérant une activité réduite à ces concentrations. Par ailleurs, les extraits acétoniques à différentes concentrations (AC.C100, AC.C50, AC.C25) sont négativement corrélés à la souche E3, témoignant d'une résistance importante de cette souche à l'extrait acétonique. Ces résultats sont similaires à ceux de Ngwoke *et al.* (2015), qui ont rapporté que la composition phytoconstituante de *Anthocleista*

nobilis varie selon le solvant utilisé, chaque solvant extrayant des composés chimiques spécifiques tels que les flavonoïdes, saponines, tanins et alcaloïdes.

La variation de l'efficacité des extraits pourrait s'expliquer par la nature et la composition des constituants chimiques présents dans la plante. En effet, *Anthocleista nobilis* contient des composés bioactifs tels que les flavonoïdes et les tanins (Ngwoke *et al.*, 2015 ; Dabie *et al.*, 2022). Ces substances sont reconnues pour leurs propriétés antimicrobiennes : elles peuvent altérer la membrane cellulaire des bactéries, inhiber la synthèse des protéines ou encore interférer avec l'ADN bactérien. L'eau et l'éthanol, solvants polaires, sont généralement plus efficaces pour extraire ces composés. Cela justifie l'activité observée des Aq et EE à forte concentration contre certaines souches. De plus, Adeyemo-Salami et Mohammad (2021) ont démontré que l'activité antifongique des extraits de racines de *Anthocleista nobilis* dépendait fortement de la dose et du solvant utilisé, confirmant que l'efficacité antimicrobienne de cette plante est dose-dépendante et conditionnée par le mode d'extraction.

Les résultats de cette étude renforcent les travaux antérieurs qui soulignent l'importance des extraits de *Anthocleista nobilis* en médecine traditionnelle pour le traitement des troubles urinaires (Anyawu *et al.*, 2015). L'activité antibactérienne démontrée dans cette étude justifie en partie l'usage ethnopharmacologique de cette plante. Cependant, les AC et EE à faible concentration ont montré une efficacité limitée sur certaines souches, mettant en évidence la nécessité d'optimiser les conditions d'extraction et les formulations.

Par ailleurs, les essais pharmacologiques antimicrobiens réalisés dans de la présente étude ont mis en exergue une activité inhibitrice de croissance des Aq, EE 70 % et AC 70 % des écorces de *Anthocleista nobilis* sur la plupart des micro-organismes testés.

Cette activité inhibitrice de croissance témoigne de la sensibilité des germes étudiés vis-à-vis de l'extrait végétal testé. La sensibilité des différentes souches bactériennes à ces extraits varie, comme en témoignent les concentrations minimales inhibitrices (CMI) déterminées. Les souches les plus sensibles sont celles présentant les CMI les plus faibles. Ainsi, une activité bactéricide a été observée sur *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus aureus* (souches E6, E14 et E22, CMB/CMI = 4), soit une proportion de 50 % d'activité bactéricide. Concernant l'AC à 70 %, une activité bactéricide a été constatée sur quatre souches de *Staphylococcus* (E2, E3, E6 et E14), avec un rapport CMB/CMI égal à 2, soit 67 % d'activité bactéricide contre 33 % d'activité bactériostatique (souches E21 et E22). L'extrait éthanolique à 70 % s'est révélé

bactéricide uniquement sur deux souches de *S. aureus* (E2 et E3), représentant 33,3 % d'activité bactéricide contre 66,7 % d'activité bactériostatique.

Cette diminution est souvent suivie par l'apparition de colonies isolées, voire par l'absence complète de croissance bactérienne. À l'inverse, le témoin négatif (sans extrait) a conservé une nappe de colonies dense et intacte. Cela indique clairement que l'action des extraits est dose-dépendante, c'est-à-dire proportionnelle à la concentration appliquée.

Cependant, la présence persistante de nappes de colonies sur certaines stries suggère que les extraits n'ont pas eu d'effet antimicrobien significatif sur ces isolats spécifiques. En se fondant sur les rapports CMB/CMI, généralement inférieurs ou égaux à 4 (≤ 4), il est possible de conclure que l'action des extraits testés est majoritairement bactéricide. À l'inverse, un effet bactériostatique est évoqué lorsque le rapport CMB/CMI est supérieur ou égal à 4 (≥ 4), selon les critères proposés par Marmonier (1990).

En ce qui concerne la relation structure/activité pharmacologique, l'action inhibitrice de la croissance microbienne observée dans cette étude est attribuée aux Aq, AC et EE de *Anthocleista nobilis*, dont les tests de caractérisation phytochimique ont révélé une teneur élevée en tanins. Ces composés sont reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

En effet, Zhakipbekov *et al.* (2024) ont démontré que les composés phénoliques exercent une puissante activité antibactérienne, notamment contre les bactéries à Gram positif, en altérant l'intégrité de leur membrane cellulaire, ce qui conduit à leur lyse et à leur mort. Cette observation est en accord avec plusieurs données issues de la littérature, qui soulignent le rôle des composés bioactifs (Scalbert, 1991 ; Lutete *et al.*, 1994 ; Sanogo *et al.*, 2006). Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude corroborent également ceux de Bhattacharjee *et al.* (2006) en Inde, qui ont mis en évidence une activité antibactérienne marquée de l'extrait méthanolique d'une espèce locale de *Anthocleista* vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*. En revanche, nos remarques semblent diverger de celles rapportées par Mahady *et al.* (2003) aux États-Unis, selon lesquelles l'activité antibactérienne observée serait principalement attribuée aux alcaloïdes. L'activité antimicrobienne des extraits d'écorce de *Anthocleista nobilis* pourrait ainsi s'expliquer par la présence de composés hydrosolubles bioactifs, tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins, connus pour leurs effets inhibiteurs sur la croissance bactérienne (Djellouli *et al.*, 2013). Ces composés agissent probablement en synergie, perturbant diverses cibles physiologiques des microorganismes.

Par ailleurs, l'AC s'est révélé plus efficace en milieu liquide, inhibant la croissance de quatre souches sur six. En milieu solide, bien qu'il ait également inhibé 4 souches, les zones d'inhibition observées sont restées relativement faibles. Cette différence d'activité peut être expliquée par plusieurs facteurs liés à la nature du support, à la solubilité des composés actifs et à leur capacité de diffusion. En effet, le test de diffusion en milieu gélosé repose sur la diffusion passive des molécules dans une matrice solide, diffusion qui dépend principalement de leur poids moléculaire, de leur polarité et de leur affinité avec le support gélosé (Balouiri *et al.*, 2016). Or, les AC contiennent fréquemment des composés faiblement polaires et lipophiles, dont la diffusion dans l'agar est souvent limitée, ce qui peut réduire leur efficacité apparente lors des tests sur gélose (Balouiri *et al.*, 2016).

À l'inverse, en milieu liquide, les principes actifs sont en contact direct et homogène avec les cellules bactériennes, ce qui favorise leur interaction avec les cibles biologiques et, par conséquent, une meilleure efficacité antimicrobienne (Weigand *et al.*, 2008). Cette configuration pourrait expliquer la plus faible concentration minimale inhibitrice (CMI) observée pour l'extrait acétonique, potentiellement riche en composés phénoliques ou flavonoïdiques lipophiles.

En revanche, l'Aq a montré une efficacité supérieure en milieu solide (quatre souches inhibées) par rapport au milieu liquide (trois souches). Cela pourrait être attribuée à plusieurs mécanismes physico-chimiques et biologiques. Les composés hydrophiles présents dans l'Aq, tels que les tanins et certains flavonoïdes, présentent une bonne solubilité dans l'eau et une capacité de diffusion élevée dans la matrice agar. Cette diffusion facilite la formation de zones d'inhibition nettes autour des puits ou des disques sur la gélose (Balouiri *et al.*, 2016). Dans ce contexte, l'agar agit comme un support stable, favorisant une diffusion localisée et concentrée des principes actifs.

Cependant, en milieu liquide, la dilution homogène de l'extrait dans l'ensemble du volume réduit la concentration locale des composés bioactifs. Or, si ces derniers présentent une activité concentration-dépendante, leur efficacité peut être atténuée, voire annulée, à des concentrations sub-inhibitrices (Cos *et al.*, 2006). De plus, certaines molécules hydrophiles peuvent présenter une instabilité en solution aqueuse ou être sujettes à une dégradation accélérée, ce qui pourrait également expliquer la diminution de leur activité antibactérienne en conditions de microdilution.

L'ensemble de ces résultats met en évidence que plusieurs paramètres peuvent influencer les performances d'un extrait au cours des tests d'antibiogramme. Parmi ceux-ci figurent la méthode d'évaluation utilisée, les propriétés physico-chimiques du milieu de culture, la concentration de l'inoculum bactérien, le temps d'incubation. La température, le pH et d'autres facteurs environnementaux influencent fortement l'activité des extraits végétaux (Soussy & Bonnet, 2013). Ces éléments mettent en évidence l'importance d'adopter une approche expérimentale combinée pour évaluer de manière fiable l'activité antibactérienne d'un extrait, afin d'obtenir une représentation plus précise de son spectre d'action et de sa bioactivité réelle.

Teneur en métabolites secondaires et activité antioxydante d'extrait de *Anthocleista nobilis*

L'analyse quantitative des métabolites secondaires présents dans les extraits de *Anthocleista nobilis* a mis en évidence des concentrations significatives en flavonoïdes, polyphénols totaux, tanins et tanins condensés. Ces composés sont bien connus pour leur capacité à stabiliser les radicaux libres, en raison de leur structure chimique riche en groupements hydroxyles, ce qui leur confère un fort pouvoir antioxydant (Prior *et al.*, 2005). Parmi ces métabolites, les tanins totaux ont été retrouvés en quantité significativement plus élevée que les flavonoïdes, les polyphénols et les tanins condensés, dans l'ensemble des extraits étudiés (Aq, AC et EE).

Les résultats ont révélé que l'EE à 70 % présentait la plus forte teneur en flavonoïdes, avec une concentration de $316,67 \pm 2,89$ mg équivalent acide gallique par gramme (mg EAG/g), tandis que l'Aq présentait la plus faible teneur, soit $151,67 \pm 7,64$ mg EAG/g. Il est bien établi que la teneur en composés phénoliques des extraits végétaux dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature et la polarité des solvants utilisés, la qualité de l'eau, ainsi que des paramètres intrinsèques (facteurs génétiques) et extrinsèques, tels que les conditions environnementales, le stade de développement végétatif, ou encore les méthodes de manipulation post-récolte (Awah & Verla *et al.*, 2010).

Le processus d'extraction des substances bioactives telles que les polyphénols est fortement influencé par les caractéristiques du solvant utilisé, notamment sa polarité, son degré de polymérisation, ainsi que ses interactions avec d'autres constituants végétaux (Sharma *et al.*, 2022 ; Pandey *et al.*, 2023). Ainsi, de nombreux auteurs ont étudié la teneur en flavonoïdes des espèces du genre *Anthocleista*. Par exemple, Patrick & Okeke (2019) ont rapporté que l'extrait méthanolique des racines de *Anthocleista djalonsensis* contenait respectivement 207,93 mg EAG/g et 100,6 mg équivalent quercétine (QE)/g en flavonoïdes totaux. De même, Awah &

Verla, (2010) ont trouvé une teneur totale en flavonoïdes de 48,52 mg équivalent rutine (RE)/g dans l'extrait méthanolique des feuilles de *Anthocleista djalensis*, soit une valeur nettement inférieure à celles observées dans les extraits de *Anthocleista nobilis* analysés dans la présente étude.

Par ailleurs, la teneur en polyphénols totaux était la plus élevée dans l'AC ($268,33 \pm 2,89$ mg EAG/g), suivie de l'EE ($245,00 \pm 5,00$ mg EAG/g), puis de l'Aq ($183,67 \pm 2,89$ mg EAG/g). Cette richesse en composés phénoliques pourrait contribuer à expliquer les propriétés thérapeutiques traditionnellement attribuées à cette plante en médecine ethnobotanique. En effet, de nombreuses études ont mis en évidence l'implication des composés phénoliques dans divers effets biologiques, notamment antimicrobiens, antioxydants et anti-inflammatoires (Patrick & Okeke 2019).

Il convient également de souligner que la méthode d'extraction influe fortement sur la composition des extraits en métabolites secondaires. À ce titre, Baba-Ouyoub (2017) a montré que l'extraction discontinue permet d'obtenir des rendements plus élevés en composés phénoliques comparativement à l'extraction continue. Ce constat peut s'expliquer par la diminution progressive de la concentration des métabolites au cours des extractions successives, en raison de leur solubilité variable dans les solvants utilisés. Ce phénomène illustre l'importance du choix de la méthode et du solvant dans l'optimisation de l'extraction des principes actifs d'intérêt.

En outre, la teneur en polyphénols totaux a été la plus élevée dans l'AC ($268,33 \pm 2,89$ mg EAG/g), suivie par l'EE ($245,00 \pm 5,00$ mg EAG/g) et enfin par l'extrait aqueux ($183,67 \pm 2,89$ mg EAG/g). À titre comparatif, une étude menée par Koné *et al.* (2022) a rapporté une teneur phénolique totale de 10,1 mg EAG/g dans l'EE des écorces de racine de *Anthocleista djalensis*, soit des valeurs inférieures à celles obtenues dans nos extraits de *Anthocleista nobilis* (compris entre 14,17 et 46,95 mg EAG/g).

Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs. En effet, des études antérieures ont souligné l'importance de l'origine géographique, des conditions climatiques (température, ensoleillement, humidité), ainsi que du type de sol comme facteurs déterminants dans l'accumulation des composés phénoliques chez les végétaux (Liu *et al.*, 2018). De plus, des paramètres extrinsèques tels que les stress environnementaux (sécheresse, pollution, attaques pathogènes), les caractéristiques génétiques de l'espèce, le stade de maturité des plantes au moment de la récolte ainsi que les conditions de stockage post-récolte influencent

considérablement la biosynthèse et la concentration de ces métabolites secondaires (Baba-Ouyoub, 2017).

Concernant les tanins totaux, la teneur la plus élevée a été mesurée dans l'EE ($519,03 \pm 1,03$ mg équivalent acide tannique/g), tandis que l'Aq présentait la plus faible concentration ($304,74 \pm 0,54$ mg EAT/g). En revanche, les tanins condensés étaient faiblement représentés dans les trois extraits analysés, avec des teneurs comprises entre $8,84 \pm 0,81$ et $12,67 \pm 0,57$ mg EAT/g.

Par ailleurs, l'analyse quantitative des composés phytochimiques d'autres espèces du genre *Anthocleista* a révélé des teneurs en phénols, flavonoïdes et tanins significatives, estimées respectivement à $78,71 \pm 3,03$ mg EAG/g, $154,67 \pm 1,77$ mg équivalent quercétine/g, et $192 \pm 6,06$ mg équivalent catéchine/g d'extrait. Toutefois, ces valeurs restent inférieures à celles obtenues dans notre étude, ce qui peut s'expliquer par la différence d'espèces végétales analysées. Ces données suggèrent que *Anthocleista nobilis* est particulièrement riche en tanins totaux et en polyphénols, ce qui pourrait justifier son utilisation empirique en médecine traditionnelle.

La variabilité observée dans la teneur en polyphénols pourrait être attribuée à la composition spécifique des extraits, mais également à des facteurs biotiques tels que l'espèce végétale, l'organe utilisé (feuille, écorce, racine), l'état physiologique de la plante, ainsi qu'à des conditions abiotiques, notamment le climat, la saison et la température au moment de la récolte.

Dans le traitement des IU, l'intérêt des plantes réside non seulement dans leur activité antibactérienne, mais aussi dans leur potentiel antioxydant. En effet, le stress oxydatif, parfois associé à la réponse inflammatoire lors d'une infection, pourrait aggraver les lésions tissulaires et retarder la guérison (Auten & Davis, 2009). L'étude de *Anthocleista nobilis* s'inscrit dans cette double perspective, en évaluant à la fois son effet sur les bactéries multirésistantes et sa capacité à neutraliser les radicaux libres.

C'est dans cette optique que, l'évaluation de l'activité antioxydante des Aq, AC et EE a été réalisée selon les méthodes de réduction du radical DPPH et d'absorbance (ABTS). Les résultats obtenus par la méthode ABTS ont montré que l'Aq présentait le pourcentage d'inhibition le plus élevé (49,14 %) ainsi que la meilleure activité antioxydante, évaluée à 0,98 équivalent Trolox. La plus faible absorbance mesurée pour cet extrait (0,36) indique une forte capacité de réduction des radicaux libres, traduisant une activité antioxydante comparable à celle du standard de référence. Ces résultats suggèrent que l'eau constitue un solvant efficace

pour l'extraction de composés bioactifs à potentiel antioxydant, notamment les flavonoïdes et les polyphénols, reconnus pour leur pouvoir réducteur (Okeke & Igbinađuwa, 2019).

Par ailleurs, les AC et EE ont présenté des pourcentages d'inhibition et une activité antioxydante relativement comparables, bien que légèrement inférieurs à ceux de l'Aq. L'Aq de *Anthocleista nobilis* a affiché une activité antioxydante supérieure, ce qui pourrait s'expliquer par une extraction plus efficace de certains composés hydrophiles à forte activité réductrice. Néanmoins, les EE et AC ont également démontré des propriétés antioxydantes importantes. Il est reconnu que la capacité antioxydante des extraits végétaux dépend non seulement de leur composition chimique, mais également de la structure des molécules actives, de la méthode de dosage utilisée, ainsi que des interactions entre les constituants (Ngwoke *et al.*, 2015).

Ces résultats suggèrent que les métabolites secondaires présents dans les écorces de *Anthocleista nobilis* agissent comme des donneurs d'électrons, interrompant les réactions en chaîne radicalaires par neutralisation des radicaux libres en espèces plus stables. La nature chimique et la concentration de ces composés phytochimiques varient en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'espèce végétale, les conditions de culture, le biotope, l'organe végétal utilisé, ainsi que la période de récolte. Ces paramètres influencent directement le profil antioxydant des extraits analysés.

Les performances observées dans la présente étude sont similaires avec celles rapportées par Okeke & Igbinađuwa (2019), qui ont montré que les extraits de racines du genre *Anthocleista* présentent une forte capacité de piégeage des radicaux DPPH et ABTS. De manière similaire, notre étude confirme le rôle prédominant des composés phénoliques, flavonoïdes et tanins comme principaux contributeurs à l'activité antioxydante observée.

Dans le test de réduction du radical DPPH, tous les extraits ont induit un changement de couleur de la solution DPPH du violet au jaune, indiquant un piégeage efficace du radical libre par les composés antioxydants présents (Mosquera *et al.*, 2007). Une relation dose-réponse a été clairement établie, les taux d'inhibition augmentant progressivement avec les concentrations testées (de 1 mg/ml à 20 mg/ml). À la concentration maximale (20 mg/ml), les pourcentages d'inhibition observés étaient respectivement de 81,74 % pour l'EE, 78,93 % pour l'Aq, et 78,13 % pour l'AC, traduisant une efficacité antioxydante élevée pour les trois extraits, avec un léger avantage pour l'EE.

L'efficacité antioxydante a également été évaluée à travers la valeur de l'IC₅₀, représentant la concentration requise pour inhiber 50 % de l'activité du radical DPPH. La vitamine C (témoin

positif) a montré la plus faible IC_{50} (4,5 mg/ml), suivie par l'extrait éthanolique (5 mg/ml), indiquant une activité antioxydante comparable à celle du standard de référence. Il est bien établi que plus l' IC_{50} est faible, plus l'activité antioxydante est importante. Ces résultats confirment que les composés phénoliques et flavonoïdes extraits à l'aide de l'éthanol sont particulièrement efficaces pour piéger les radicaux libres (Ojatula, 2021).

Nos résultats corroborent ceux de Nguyen *et al.* (2021), qui ont rapporté une activité antioxydante significative de l'EE avec une I_{50} de 91,31 μ g/ml, nettement plus faible que celle de l'extrait aqueux (258,55 μ g/ml). Par conséquent, les EE de plantes médicinales, riches en métabolites phénoliques, représentent des sources naturelles d'antioxydants capables de limiter les effets néfastes du stress oxydatif.

Il est aujourd'hui bien admis que les plantes médicinales contiennent des antioxydants naturels aux effets bénéfiques sur la santé, notamment en matière de prévention des maladies chroniques et de réduction de la toxicité des agents oxydants (Mishra *et al.*, 2012). Parmi ces antioxydants, les composés phénoliques occupent une place centrale en raison de leur capacité à neutraliser les radicaux libres (Jimoh *et al.*, 2011). Des résultats similaires ont été rapportés par Vishnu (2013) et Ayodele *et al.* (2013), qui ont montré que les groupes hydroxyles portés par les flavonoïdes et phénols leur confèrent un pouvoir de piégeage élevé des radicaux.

Les extraits végétaux, en particulier ceux à base d'éthanol, présentent ainsi un intérêt thérapeutique non négligeable, notamment en raison de leur richesse en tanins, flavonoïdes et polyphénols (Babayan, 2023 ; Olde Pavlovic *et al.*, 2021). Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que l'EE de *Anthocleista nobilis* possède la meilleure activité antioxydante, ce qui peut être directement corrélé à sa teneur élevée en composés phénoliques. En effet, plusieurs auteurs ont montré que le pouvoir antioxydant des extraits végétaux est proportionnel à leur teneur en polyphénols (Bakchiche *et al.*, 2018). Ces observations confirment également les travaux de Ouerfelli *et al.* (2017), qui ont mis en évidence une corrélation directe entre la concentration en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits végétaux.

Bien que l'activité de piégeage des radicaux libres observée pour les extraits bruts d'écorce de *Anthocleista nobilis* n'atteigne pas le niveau d'efficacité de l'acide ascorbique utilisé comme contrôle positif, elle demeure néanmoins significative. Cette activité antioxydante observée est d'autant plus remarquable que les extraits analysés n'ont pas encore été soumis à des procédés de purification ou de fractionnement. Une purification ultérieure pourrait permettre d'isoler des

composés actifs à plus forte puissance antioxydante, renforçant ainsi leur efficacité dans des applications biomédicales.

L'analyse phytochimique des extraits de *Anthocleista nobilis* établit une corrélation claire entre la présence de flavonoïdes, de tanins (totaux et condensés), de polyphénols, et l'activité antioxydante mesurée. Les tanins, par leur capacité à interagir avec les radicaux libres au cours de l'oxydation lipidique, jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de défense antioxydante. Les flavonoïdes, tout comme les tanins, appartiennent à la classe des polyphénols et sont largement reconnus pour leurs propriétés antioxydantes en raison de leur aptitude à transférer des électrons et à stabiliser les radicaux libres (Rodrigues *et al.*, 2018).

De plus, les flavonoïdes exercent un effet protecteur au niveau cellulaire, en neutralisant les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et en limitant les dommages oxydatifs. Leur implication dans la prévention de diverses pathologies, notamment les cancers et les affections cardiovasculaires, est bien documentée. Ils interviennent également dans la modulation des processus inflammatoires et dans la protection des structures cellulaires contre les lésions oxydatives (Birt *et al.*, 2001).

Les antioxydants naturels présents dans les plantes médicinales sont désormais considérés comme des agents clés dans la lutte contre le stress oxydatif, en particulier dans le contexte de pathologies chroniques telles que les maladies neurodégénératives, cardiovasculaires ou encore métaboliques. Ces antioxydants, majoritairement représentés par des polyphénols, agissent comme agents piègeurs d'espèces radicalaires, permettant ainsi de rétablir l'équilibre redox cellulaire (Pizzino *et al.*, 2017 ; Uysal *et al.*, 2019).

Les résultats obtenus dans la présente étude sont en concordance avec ceux rapportés dans la littérature. En effet, Patrick & Okeke (2019) ont observé une capacité de piégeage élevée du radical DPPH dans l'extrait méthanolique des racines de *Anthocleista djalonsensis*, ce qui rejoint nos observations sur l'efficacité de l'éthanol en tant que solvant d'extraction dans la présente étude. De manière similaire, Awah *et al.* (2010) ont mis en évidence une activité antioxydante notable dans l'extrait méthanolique des feuilles de cette même espèce.

Par ailleurs, l'étude menée par Ngwoke *et al.* (2015) sur l'écorce de tige de *Anthocleista nobilis* a montré que l'extrait à l'acétate d'éthyle possédait la plus forte activité antioxydante avec une IC₅₀ de 220 µg/mL, confirmant la variabilité d'efficacité selon le solvant utilisé. De même, Ezirim *et al.* (2019) ont démontré que les extraits méthanoliques des racines de *Anthocleista*

affichaient des teneurs plus élevées en composés phénoliques et flavonoïdes que les Aq et EE, ce qui se traduisait par une activité antioxydante accrue.

Ces résultats confortent l'hypothèse selon laquelle les solvants organiques polaires tels que le méthanol ou l'éthanol favorisent une extraction plus efficace des métabolites secondaires responsables des propriétés antioxydantes. Ceci est en accord avec les travaux de Cai et Sun (2003), qui ont montré que les plantes médicinales renferment une diversité de molécules antioxydantes notamment des composés phénoliques, des flavonoïdes, des vitamines, et des terpénoïdes qui jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres.

En somme, l'efficacité antioxydante des extraits de *Anthocleista nobilis* peut être attribuée à la richesse en métabolites polyphénoliques, en particulier les tanins et flavonoïdes. Cette richesse, combinée à un potentiel antioxydant mesurable même à l'état brut, confirme la valeur thérapeutique de cette plante et justifie son utilisation en médecine traditionnelle. Une optimisation des procédés d'extraction et de purification pourrait permettre de valoriser davantage ces composés bioactifs à des fins pharmacologiques.

En tant qu'antioxydants puissants, les flavonoïdes jouent un rôle crucial dans la protection contre diverses pathologies humaines. Il est désormais bien établi que les propriétés biologiques des plantes médicinales reposent essentiellement sur la présence de composés bioactifs tels que les saponines, phénols, flavonoïdes, tanins, alcaloïdes, stéroïdes, ainsi que d'autres métabolites secondaires (Babayan *et al.*, 2023). La teneur élevée en flavonoïdes, polyphénols et tanins observée chez *Anthocleista nobilis* constitue une explication plausible de son activité antioxydante marquée. Cette activité a été mise en évidence à travers des méthodes complémentaires, notamment les tests ABTS et DPPH, qui évaluent respectivement le pouvoir réducteur et la capacité de piégeage des radicaux libres.

Il est particulièrement intéressant de noter que, selon la méthode DPPH, l'EE a présenté la meilleure activité antioxydante, tandis que l'extrait aqueux a révélé une supériorité en termes d'activité dans le cadre de la méthode ABTS. Cette divergence entre les résultats obtenus par les deux méthodes souligne que l'activité antioxydante d'un extrait ne dépend pas uniquement de la quantité totale de composés phénoliques extraits, mais également de leur nature chimique et de leur mécanisme d'action spécifique.

Ceci met en exergue l'importance d'employer une approche multidimensionnelle combinant plusieurs techniques analytiques pour appréhender de manière globale et précise le potentiel antioxydant d'un extrait végétal. Par ailleurs, cette activité antioxydante revêt une importance

particulière dans le contexte thérapeutique des IU. En effet, le contrôle du stress oxydatif contribue à limiter les dommages tissulaires au niveau des voies urinaires, à moduler la réponse immunitaire locale et à potentialiser l'effet antibactérien des traitements conventionnels. Ainsi, les résultats obtenus, tant au niveau de la caractérisation chimique des composés présents dans *Anthocleista nobilis* que des différentes évaluations biologiques réalisées, fournissent une base scientifique solide justifiant l'usage traditionnel de cette plante dans la prise en charge des infections des voies urinaires.

**CONCLUSION &
PERSPECTIVES &
RECOMMENDATIONS**

CONCLUSION

La multirésistance aux antibiotiques dans le cas des infections des voies urinaires constitue un réel problème de santé publique dans le monde, particulièrement en Côte d'Ivoire, où la forte prévalence de souches bactériennes résistantes complique la prise en charge de ces infections. Face à cette menace croissante, les plantes médicinales offrent une source alternative de nouvelles molécules antimicrobiennes économiquement accessibles. Cette étude visait à contribuer à la valorisation scientifique de *Anthocleista nobilis* en explorant son potentiel thérapeutique contre des souches multirésistantes responsables infections des voies urinaires.

Les résultats de l'enquête ethnobotanique ont permis de documenter 43 espèces appartenant à 25 familles. La famille des Fabacées était dominante (24%). Les feuilles (37%) et les racines (33,8%) étaient les parties les plus préférées. Les méthodes de traitement les plus utilisées étaient la décoction (71,4 %) et l'administration orale (67,8 %). La connaissance des plantes était significativement affectée par l'âge et le groupe ethnique, mais pas par le sexe, la localité ou le niveau d'éducation.

L'analyse des résultats de l'antibiogramme sur les vingt-deux (22) souches reçues au CHR de Daloa, a permis de déterminer les profils de résistance et de sensibilité de ces germes aux antibiotiques. Toutes les souches impliquées dans les IU ont présenté des résistances variées aux antibiotiques testés. Concernant les entérobactéries, *E. coli* a manifesté une résistance significative de 100% face aux antibiotiques suivants Ceftriaxone (CRO), ampicilline (AMP), pipéracilline (PIL), cefoxitine (FOX), ceftazidime (CZD), ciprofloxacine (CIP), moxifloxacine (MXF) et acide fusidique (FAD), en revanche elle a été sensible à l'amikacine (AKN). Par rapport au genre *Staphylococcus*, l'espèce *Staphylococcus aureus* a montré une résistance de 100% respectivement à la ciprofloxacine (CIP), l'ampicilline (AMP), l'acide fusidique (FAD). Enfin, *Enterococcus faecalis* a montré également une résistance de 100% face à l'ampicilline (AMP), moxifloxacine et gentamicine.

La présente étude a mis exergue quatre (04) phénotypes de résistance aux antibiotiques, notamment Méti-R, fluoroquinolone, aminoside et macrolide. Ces taux de résistance élevés souligne une surveillance continue pour mieux comprendre et combattre ces infections. De plus, la détection des gènes de résistance par PCR a permis d'identifier 46% du gène *mecA* la souche du genre *Staphylococcus*. En revanche, les entérobactéries n'ont hébergé aucun gène de bla et qrn.

Par ailleurs, l'évaluation de l'activité antibactériennes des extraits de *Anthocleista nobilis* sur la croissance *in vitro* des six souches de *Staphylococcus* se fait par la méthode de diffusion sur milieu gélosé et liquide. En milieu solide, l'Aq a été plus efficace sur quatre souches avec le plus grand diamètre d'inhibition (21,73 mm). Toutefois, en milieu liquide l'AC 70% a eu plus d'effet bactéricide sur quatre germes de *Staphylococcus* (CMB/CMI=2). Le tri-phytochimique réalisé grâce aux tests de caractérisation chimique a montré la présence de polyphénols, flavonoïdes, leucoanthocyanes, anthocyanes, tanins totaux et condensés. Concernant, le dosage des métabolites secondaire, les résultats ont révélé des teneurs importantes de polyphénols, de flavonoïdes et de tanins respectivement dans les EE 70% et AC 70%.

En outre, l'évaluation du potentiel antiradicalaire a montré une forte activité antioxydante de l'Aq vis-à-vis de l'ABTS par contre face à la DPPH l'EE a exercé la meilleure activité antioxydante. Cette activité antioxydante des extraits des écorces de *Anthocleista nobilis* serait liée à la présence de la teneur élevée des polyphénols, flavonoïdes et tanins totaux. Ce qui pourrait renforcer l'activité antibactérienne, tout en réduisant les dommages cellulaires causés par le stress oxydatif lors des IU. En définitive, ces résultats justifieraient l'utilisation traditionnelle de *Anthocleista nobilis* dans le traitement des infections des voies urinaires dans la région du Haut-Sassandra.

PERSPECTIVES

Cette étude ouvre des perspectives afin de compléter les résultats obtenus. Il s'agit d'/de :

- Etendre l'enquête à d'autres régions de la Côte d'Ivoire, afin de connaître les autres utilisations thérapeutiques de *Anthocleista nobilis*
- Rechercher d'autres gènes de résistances pour mieux surveiller la propagation de la multirésistance
- Evaluer l'activité antibactérienne et antioxydante avec d'autres solvants pour déterminer leur efficacité
- Identifier, isoler et caractériser le(s) principe(s) actif(s) responsable(s) des différentes activités antibactériennes
- Etudier le mécanisme d'action du ou de ces principes actifs

-Réaliser une étude *in vivo* pour valider l'efficacité des extraits de *Anthocleista nobilis* dans le traitement des IU

RECOMMANDATIONS

1. Autorités Sanitaires

- Réglementer l'usage des antibiotiques pour réduire la propagation de la multirésistance
- Intégrer la médecine traditionnelle dans les stratégies de santé publique par le biais de formations
- Former les praticiens de médecine moderne et traditionnelle à relever les défis de la résistance aux antibiotiques

2. Aux professionnels de la santé

- Sensibiliser les patients sur les dangers liés aux mauvais usages des antibiotiques
- Etablir une bonne collaboration entre les agents de santé et les praticiens de la médecine traditionnelle pour le traitement des affections

3. A la population

- Eviter la prise des antibiotiques sans une ordonnance
- Consulter un professionnel de santé dès les premiers symptômes d'infections des voies urinaires pour éviter les cas graves
- Utiliser les plantes médicinales dont l'usage a été approuvé par la recherche scientifique

4. Aux autorités gouvernementales

- Promouvoir la recherche scientifique sur la médecine traditionnelle par le financement des projets
- Développer un programme de formation pour les praticiens de la médecine traditionnelle sur le bon usage des plantes médicinales, en vue de les intégrer dans le système de santé national.

REFERENCES

Références

- Abada S. & Rouidji W. (2020). Étude du profil microbiologique des infections urinaires dans la région de Ouargla. Mémoire de Master en Microbiologie, Université Kasdi Merbah-Ouargla (Ouargla, Algérie), 121 p.
- Abdelmounaim K. (2013). Effet inhibiteur de certains extraits de plantes aromatiques sur des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la méticilline (SARM) isolées du CHU de Tlemcen. Thèse de doctorat à l'Université de Tlemcen, (Tlemcen, Algérie), 158 p.
- Acar J.P. & Goldstein F. (1984). Infections urinaires. In : Pechère J.C. et coll. (Eds), Reconnaître, comprendre, traiter les infections. Masson Paris (France), 384 p.
- Adcock J. (2018). What are antioxydants? And are they truly good for us? *The Conversation* (Université Deakin), pp 45-47.
- Addis T., Mekonnen Y., Ayenew Z., Fentaw S. & Biazin H. (2021). Bacterial uropathogens and burden of antimicrobial resistance pattern in urine specimens referred to Ethiopian Public Health Institute. *PLOS ONE*, 16(11) : 1-14.
- Adeyemo Salami, O. A., & Mohammad, I. C. (2021). Activité antifongique de l'extrait hydro-éthanolique de l'écorce racinaire de *Anthocleista nobilis*. *Tropical Veterinarian*, 39(2) : 1-20.
- Adjanohoun J.E., Aboubakar N., Dramane K., Ebot M.E., Ekpere J.A., Enow-Orock E.G., Focho D., Gbile Z.E., Kamanyi A., Kamsu Kom J., Keita A., Mbenkum T., Mbi C.N., Mbiele A.L., Mbome I.L., Miburu N.K., Nancy W.L., Nkongmeneck B., Satabie B., Sofowara A., Tamze V. & Wirmum C.K. (1996). Contribution to Ethnopharmacological and Floristic Studies in Cameroon. *Traditional Medicine and Pharmacopoeia* OAU/STRC, Lagos (Nigeria), 133 p.
- Adnani T. (2008). Les aminosides. Communication au service des maladies infectieuses, 28 novembre 2008, Monastir (Tunisie), 80 p.
- Adouane S. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques, Université Mohamed Khider, Biskra (Algérie), 195 p.

Références

- Ahmad H.P. & Khalil M.K. (2019). Prevalence of *blaTEM*, *blaSHV*, and *blaCTX-M* genes among ESBL-producing *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* isolated from thalassemia patients in Erbil, Iraq. *Mediterranean Journal of Hematology and Infectious Diseases*, 11(1) : 1-7.
- Ahmad M., Khan M.P., Mukhtar A., Zafar M., Sultana S. & Jahan S. (2016). Ethnopharmacological survey on medicinal plants used in herbal drinks among the traditional communities of Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology*, 184 : 154-186.
- Ait Miloud K. (2011). Infection urinaire : expérience du laboratoire de microbiologie de l'hôpital des spécialités de Rabat. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université Mohamed V, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Rabat, Maroc, 138 p.
- Aké A. & Adjanohoun E. (1979). Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Centre National de Floristique, Abidjan (Côte d'Ivoire), 205 p.
- Aké-Assi E. (2015). Plantes à potentialité décorative de la flore du sud de la Côte d'Ivoire : études taxinomiques, ethnobotanique et essai de domestication de *Thunbergia atacorensis* (*Acanthaceae*), une espèce nouvellement introduite. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles, spécialité Ethnobotanique, UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 216 p.
- Akinmoladun F., Akinrinlola B.L., Komolafe E. & Farombi E.O. (2014). Antidiabetic and antioxidant effects of *Anthocleista nobilis* in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(1) : 220-225.
- Akinyemi A. (2014). Antibacterial properties of the leaf extracts of *Anthocleista djalensis* A. Chev on some pathogenic organisms. *European Journal of Medicinal Plants*, 4 : 75-85.
- Alan E. (2015). Les infections urinaires communautaires bactériennes : évaluation des connaissances de l'équipe officinale et des conseils apportés aux patients. Thèse de Docteur en Pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université de Lorraine (Lorraine, France), 133 p.

Références

- Albuquerque U.P., Lucena R.F.P., Monteiro J.M. & Florentino A.T.N. (2006). Evaluating two quantitative ethnobotanical techniques. *Ethnobotany Research and Applications*, 4: 51-60.
- Aldulaimi O.A. (2017). General overview of phenolics from plant to laboratory, good antibacterials or not? *Pharmacognosy Reviews*, 11: 123-127.
- Alebie G., Urga B. & Worku A. (2017). Systematic review on traditional medicinal plants used for the treatment of malaria in Ethiopia: Trends and perspectives. *Malaria Journal*, 16(307) : 1-13.
- Alloun K. (2020). Composition chimique et activités biologiques de métabolites secondaires de *Crithmum maritimum* L., *Melissa officinalis* L. et *Thymus pallescens* de Noé et effet de l'irradiation gamma sur les huiles essentielles du thym. Thèse de Doctorat, Université de Lomé (Lomé, Togo), 194 p.
- Al-Mayahie S.M. (2013). Phenotypic and genotypic comparison of ESBL production by vaginal *Escherichia coli* isolates from pregnant and non-pregnant women. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 12(1): 1-7.
- Almeida Torres R.J.D., Ferreira A.L.D. & Luchini A. (2022). The role of non-enzymatic antioxidants on age-related macular degeneration. *Frontiers in Drug Chemistry & Clinical Research*, 5 :1-19.
- Amine L., Chegri M., & Kassmi H.L. (2009). Épidémiologie et résistance aux antibiotiques des entérobactéries isolées d'infections urinaires à l'hôpital militaire Moulay-Ismaïl de Meknès. *Antibiotiques*, 11 : 90-96.
- Aminian A., Mohebbati R. & Boskabady M. (2022). The effect of *Ocimum basilicum* L. and its main ingredients on respiratory disorders: an experimental, preclinical, and clinical review. *Frontiers in Pharmacology*, 12 : 1-14.
- Amorissani M.F., M'bengue A.K., Dainguy E., Faissal N.A. & Houenou Y. (2006). Infections urinaires néonatales : profils clinique et bactériologique. *International Science Médecine*, 8(1) : 45-49.

Références

- Amrani A. & Bechiri R. (2018). Les infections urinaires. Mémoire de Master en Biologie Moléculaire des Microorganismes, Université des Frères Mentouri, Constantine (Algérie), 121 p.
- Andrews K.S & Patrick K. F. (2022). Plasmid-mediated quinolone resistance determinants in clinical bacterial pathogens isolated from the Western Region of Ghana : *a cross-sectional study*. *Pan African Medical Journal*, 43: 1-207.
- Andzi B.T., Massala K.K., Obame L.C. & Lebibi J. (2015). Phytochemical studies, total phenolic and flavonoid content and evaluation of antiradical activity of the extracts of the leaves from *Dischistocalyx* sp. (Acanthacées). *Journal of Pharmacy and Phytochemistry*, 3(6) : 174-178.
- Anyanwu, G. O., Nisar-ur-Rehman, N., Onyeneke, C. E., & Rauf, K. (2015). Ethnomedicinal uses of *Anthocleista* species in tropical Africa. *Journal of Ethnopharmacology*, 175 : 648-667.
- Anyinam C. (1995). Écologie et ethnomédecine : exploration des liens entre la crise environnementale actuelle et les pratiques médicales autochtones. *Social Science & Medicine*, 40 : 321-329.
- Arbonnier M. (2009). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 3^e édition, Versailles (France), 573 p.
- Arsene M.J., Podoprigo I, Viktorovna, Goriainov V, Sergei, Fadi H Yashina N, yacheslavovna Y, Zhigunova A, Vladimirovna, Vasilyeva E, Aleksandrovna, Senyagin A, Nikolayevich, Nadezhda. S. (2022). Analyse phytochimique, activités antibactériennes et antibiofilm de l'extrait aqueux d'*Aloe vera* contre certaines bactéries Gram-négatives résistantes impliquées dans les infections des voies urinaires. *University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia inaires*, 8: 1-17.
- Asnake S., Teklehaymanot T., Hymete A., Erko B. & Giday M. (2016). Survey of medicinal plants used to treat malaria by Sidama people of Boricha District, Sidama Zone, South Region of Ethiopia. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 20 : 1-9.

Références

- Assi L.A. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan (Abidjan, Côte d'Ivoire), 210 p.
- Assouma F.F., Sina H., Dossou A.D., Socohou A., Hounsou M.C., Avogbe P.H. & Baba-Moussa L. (2023). Antibiotic resistance profiling of pathogenic *Staphylococcus* species from urinary tract infection patients in Benin. *BioMed Research International*, 2 :1-9.
- Auten R.L. & Davis J.M. (2009). Oxygen toxicity and reactive oxygen species: the devil is in the details. *Pediatric Research*, 66 : 121-127.
- Avril J.-L., Dabernat H., Denis F. & Monteil H. (1992). Bactériologie clinique. 2e édition, Éditions Ellipses, Paris (France) : 149-151.
- Awah F.M. & Verla A.W. (2010). Antioxidant activity, nitric oxide scavenging activity and phenolic contents of *Ocimum gratissimum* leaf extract. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(23) : 2479-2487.
- Ayodele P.O., Okonko I.O., Evans E., Okerentugba P.O., Nwanze J.C., Onoh C.C. (2013). Effect of *Anthocleista nobilis* root extract on the haematological indices of poultry chickens challenged with Newcastle disease virus. *Science Nature*, 2(2) : 65-73.
- Ayoub S. (2012). Infections urinaires. 2e édition : Office des Publications Universitaires, Alger Algérie, 114 p.
- Baba Ouyoub F. (2017). Évaluation des activités biologiques de quelques extraits de *Zizyphus lotus* de la région de Ghardaïa. Mémoire de Master, Université de Ghardaïa (Algérie), 46 p.
- Babayan A.M. (2023). Antimicrobial and antioxidant activities of *Ocimum basilicum* var. *Purpureum* ethanol extract. *Journal of Chemistry and Biology*, 57(3) : 258-268.
- Bahmani M., Baharvand-Ahmadi B., Tajeddini P., Rafieian-Kopaei M. & Naghdi N. (2016). Identification of medicinal plants for the treatment of kidney and urinary stones. *Journal of Renal Injury Prevention*, 5 : 129-133.

Références

- Bahtassou B. (2004). Aspects épidémiologiques et bactériologiques des infections urinaires chez le sujet diabétique dans le service de médecine interne au CHU Yalgado Ouédraogo. Thèse de Doctorat en Pharmacie, UFR des Sciences de la Santé, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 107 p.
- Bakchiche B., Habati M., Benmebark A. & Gherib A. (2018). Caractéristiques physico-chimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locales (Algérie). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(1) : 118-123.
- Balière C. (2016). Les *Escherichia coli* potentiellement pathogènes dans l'environnement littoral : cas des STEC et des EPEC. Thèse de Doctorat, École doctorale des Sciences de la Mer, Université de Bretagne Occidentale (Brest, France), 178 p.
- Balinado L & Chan M. (2017). An ethnomedicinal study of plants and traditional health care practices in District 7, Cavite, Philippines. *In International Conference on Chemical, Agricultural, Biological and Medical Sciences* 1: 131-141.
- Balouiri M., Bouhdid S. & Harki E. (2016). Antifungal activity of *Bacillus* spp. isolated from *Calotropis procera* rhizosphere against *Candida albicans*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(2) : 213-217.
- Bano A., Ahmad M., Hadda T.B., Saboor A., Sultana S., Zafar M., Khan M.P., Arshad M. & Ashraf M.A. (2014). Quantitative ethnomedicinal study of plants used in the Skardu valley at high altitude of Karakoram-Himalayan range, Pakistan. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10(1) : 1-8.
- Barkaoui M., Katiri A., Boubaker H. & Msanda F. (2017). Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes in Chtouka Ait Baha and Tiznit (Western Anti-Atlas), Morocco. *Journal of Ethnopharmacology*, 198 : 338-350.
- Barrier-Letertre C. (2014). Infections urinaires chez la personne âgée : difficultés du diagnostic microbiologique et impact de la prescription des ECBU pour la prise en charge au CHU d'Angers. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université d'Angers (France), 98 p.

Références

- Bashige C.V., Alombong A.G., Kamwimba M.A., Bakari A.S. & Okusa N.P. (2020). Ethnobotanical study of medicinal plants used in the treatment of sexual dysfunctions in traditional medicine in Kampemba Lubumbashi, DR Congo. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 7(3) : 16-28.
- Basli A., Belaidi A., Nadjemi B. & Baitiche M. (2012). Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie : *Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie*, 10(1) : 2-9.
- Bassi S. (2013). Antibiothérapies des infections urinaires du patient médullolésé ou cérébrólésé : impact d'une démarche qualité sur les pratiques professionnelles. Thèse de Docteur en Pharmacie, Université Claude Bernard Lyon 1 (France), 132 p.
- Batard E., Montassier E., Ballereau F. & Potel G. (2011). De la consommation d'antibiotiques aux résistances bactériennes : l'exemple de la résistance d'*Escherichia coli* aux quinolones. *Revue Francophone des Laboratoires*, 17(4) : 373-380.
- Battino M., Greabu M. & Calenic B. (2016). Oxidative stress in oral cavity: interplay between reactive oxygen species and antioxidants in health, inflammation, and cancer. 1^{er} edition, Wiley, Hoboken (États-Unis), 156 p.
- Benkhniqne O., Zidane L., Fadli M.H., Elyacoubi A., Rochdi & Douira. (2010). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (région du Gharb du Maroc). *Acta Botanica Barcinonensia*, 53 : 191-216.
- Benlamdini N., Elhafian M., Rochdi A. & Zidane L. (2014). Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haute Moulouya, Maroc. *Journal of Applied Biosciences*, 78 : 6771-6787.
- Bennsman A. (1976). Infection de l'appareil urinaire chez l'enfant. In : Meyrier A. (éd.), *Les infections de l'appareil urinaire*, Masson, Paris (France) : 65-69.
- Benyagoub E., Benyagoub E., Berbaoui H., Rahmani C. & Benyoussef L. (2013). Identification and emergence of antibiotic resistance of microorganisms responsible for urinary tract infections in Béchar. *ScienceLib Editions Mersenne*, Béchar (Algérie), 5 : 1-15.

Références

- Bertholom C. (2016). Épidémiologie des infections urinaires communautaires et nosocomiales. *Option/Bio*, 27(541-542) : 23-24.
- Betti J.L. (2003). Plantes utilisées pour soigner le paludisme dans la réserve de Dja au Cameroun. *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines*, 17 : 121-130.
- Bhatia H., Sharma Y.P., Manhas R.K. & Kumar K. (2014). Ethnomedicinal plants used by the villagers of district Udhampur, Jammu & Kashmir, India. *Journal of Ethnopharmacology*, 151 : 1005-1018.
- Bhattacharjee I., Chatterjee S.K., Chatterjee S. & Chandra G. (2006). Antibacterial potentiality of *Argemone mexicana* solvent extracts against pathogenic bacteria. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101(6) : 645-648.
- Bi F., Irie M., N'Gaman K., Mahou C. (2008). Study of some therapeutic plants used to treat arterial hypertension and diabetes: Two emergent diseases in Côte d'Ivoire. *Sciences Nature* 5: 39-48.
- Bilodeau M. & Lafaye M.P. (2009). A-dependence statistics for mutual and serial independence of categorical variables. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 139(7) : 2407-2419.
- Birkett C.I., Ludlam H.A. & Woodford N. (2007). Real-time TaqMan PCR for rapid detection and typing of genes encoding CTX-M extended-spectrum β -lactamases. *Journal of Medical Microbiology*, 56(1) : 52-55.
- Birnboim H.C. & Doly J. (1979). A rapid alkaline extraction procedure for screening recombinant plasmid DNA. *Nucleic Acids Research*, 7 : 1513-1523.
- Birt D.F., Hendrich S. & Wang W. (2001). Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 90 : 157-177.
- Bitsindou M. (1986). Enquête sur la phytothérapie traditionnelle à Kindamba et Odzala (Congo) et analyse de convergence d'usage des plantes médicinales en Afrique centrale. Mémoire de Doctorat, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 482 p.

Références

- Bla K., Trébissou J., Bidié A., Assi Y., Zirihi G. & Djaman A. (2015). Étude ethnopharmacologique des plantes antipaludiques utilisées chez les Baoulé-N'Gban de Toumodi dans le Centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 85 :7775-7783.
- Boko A.C.E. & Angaman D.M. (2021). Evaluation de l'entomophagie dans quatre grandes villes de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 17(37) : 119-136.
- Bouazara K., Bouazar F. & Hadjadj F. (2006). Examen cytot bactériologique des urines, fréquence des germes. Mémoire d'Ingénieur d'État en Biologie, Faculté des Sciences et de l'Ingénierie, Université Amar Telidji de Laghouat (Algérie), 70 p.
- Boutoille D. (2011). Infections urinaires. Maladies infectieuses et tropicales, éditions Masson, Nantes (France), 19 p.
- Bouvet P. (2016). Les bactéries commensales cutanées et muqueuses. *In* : Bactériologie médicale, 4^e édition, Elsevier Masson, Paris (France) :125-140.
- Bradford P.A. (2001). Extended-spectrum beta-lactamases in the 21st century: characterization, epidemiology, and detection of this important resistance threat. *Clinical Microbiology Reviews*, 14(4) : 933-951.
- Branger B., Durand C., Jarno P., Chaperon J. & Delattre-Maillot I. (2002). Mortalité hospitalière imputable aux infections nosocomiales. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 32 : 98-106.
- Bruneton J. (1993). Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. Tec et Doc Lavoisier, Paris (France), 915 p.
- Bruneton J. (1999a). Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales (4e édition.), Tec & Doc, Paris (France),1269 p.
- Bruneton J. (1999b). Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. Tec & Doc 3ème édition, Paris (France) :101-120.

Références

- Bruyère F., Cariou G., Boiteux J., Hoznek A., Mignard J., Escaravage L., Bernard L., Sotto A., Soussy C., Coloby P. & le CIAFU. (2008). Généralités. *Progrès en Urologie*, supplément : S4-S8.
- Bssaibis F., Gmira N. & Meziane M. (2009). Activité antibactérienne de *Dittrichia viscosa* (L.) W. Greuter. *Revue de Microbiologie Industrielle, Santé et Environnement*, 3 : 44-55.
- Burkill H.M. (1985). *The Useful Plants of West Tropical Africa*: Royal Botanic Gardens, Kew (Royaume-Uni), 686 p.
- Buxeraud J. & Faure S. (2016). Les bêtalactamines. *Actualités Pharmaceutiques*, 55(558) : 1-5.
- Buxeraud J. & Faure S. (2020). Les pénicillines. *Actualités Pharmaceutiques*, 59(598) : 23-25.
- Cag Y., Haciseyitoğlu D. & Özdemir A. (2021). Antibiotic resistance and bacteria in urinary tract infections in pediatric patients. *Medeniyet Medical Journal*, 36(3) : 217-224.
- Cai Y. & Sun M. (2003). Antioxidant activity of flavonoids and phenolic compounds from Chinese herbal medicines. *Journal of Ethnopharmacology*, 90(1) : 35-42.
- Carattoli A., Bertini A., Villa L., Falbo V., Hopkins K.L. & Threlfall E.J. (2009). Identification of plasmids by PCR-based replicon typing. *Journal of Microbiological Methods*, 63(3) : 219-228.
- Carattoli A., Zankari E., García-Fernández A., Larsen M.V., Lund O., Villa L., Aarestrup F.M. & Hasman H. (2013). In silico detection and typing of plasmids using PlasmidFinder and plasmid multilocus sequence typing. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58(7): 3895-3903.
- CASFM/EUCAST. (2021). *Recommandations*, version 1.0. Rapport technique n°610, Paris (France), 128 p.
- Cattoir V. (2004). Pompe d'efflux et résistance aux antibiotiques chez les bactéries. *Pathologie Biologie*, 52(10) : 607-616.

Références

- Cavagnaro.S.M.F. (2014). Antibiotic resistance in urinary infection: the never-ending story. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 71(6) : 329-331.
- Cavallo J.-D., Fabre R., Jehl F., Rapp C. & Garrabé E. (2004). Bêtalactamines. *EMC Maladies Infectieuses*, 1 : 129-202.
- Chakale M.V., Mwanza M., Aremu A.O. (2021). Ethnoveterinary knowledge and biological evaluation of plants used for mitigating cattle diseases: A critical insight into the trends and patterns in South Africa. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 1-19.
- Chamouleau A. (1979). Les usages externes de la phytothérapie. Édition, Maloine SA, Paris (France), 156 p.
- Chanda S. & Dave R. (2009). *In vitro* models for antioxidant activity evaluation and some medicinal plants possessing antioxidant properties: An overview. *African Journal of Microbiology Research*, 3(13) : 981-996.
- Charwi M.Z., Mogha N.G., Muluwa J.K. & Bostoen K. (2023). Indigenous knowledge and use of medicinal plants among the Kuria communities in the Tarime and Serengeti Districts of Mara Region, Tanzania. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 29(3) : 288-307.
- Chassagne F., Samarakoon T., Porras G., Lyles J.T., Dettweiler M., Marquez L., Salam A.M., Shabih S., Farrokhi D.R. & Quave C.L. (2021). A systematic review of plants with antibacterial activities: A taxonomic and phylogenetic perspective. *Frontiers in pharmacology*, 11 : 1-29.
- Chassagne F. & Quave C.L. (2021). Collection, extraction, and *in vitro* antibacterial evaluation of plants used in traditional medicine. In : *Antimicrobial therapies: methods and protocols*. Springer US, New York (États-Unis) : 19-41.
- Chaudhary N.I., Schnapp A. & Park J.E. (2006). Pharmacologic differentiation of inflammation and fibrosis in the rat bleomycin model. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 173(7) : 769-776.

Références

- Chaussade H., Sunder S. & Bernard L. (2013). Les médicaments antibiotiques en urologie. *Progrès en Urologie*, 23 : 1327-1341.
- Chinsebu K.C. (2016). Ethnobotanical study of medicinal flora utilised by traditional healers in the management of sexually transmitted infections in Sesheke District, Western Province, Zambia. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26 : 268-274.
- Chung A., Arianayagam M. & Rashid P. (2010). Bacterial cystitis in women. *Australian Family Physician*, 39 : 295-298.
- Ciani F. & Tafuri S. (2021). *Uncaria tomentosa*: a promising source of therapeutic agents for prevention and treatment of oxidative stress and cancer. In : *Cancer*. Academic Press, Cambridge (États-Unis) : 505-514.
- Cizman M., Orazem A., Krizan-Hergouth V. & Kolman J. (2001). Correlation between increased consumption of fluoroquinolones in outpatients and resistance of *Escherichia coli* from urinary tract infections. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47(4) : 502-503.
- Clere N. (2012). Comment venir à bout des infections urinaires. *Actualités Pharmaceutiques*, 51 : 33-34.
- Cos P., Vlietinck A.J., Berghe D.V. & Maes L. (2006). Anti-infective potential of natural products: how to develop a stronger in vitro proof-of-concept. *Journal of Ethnopharmacology*, 106(3) : 209-302.
- Coudron P.E., Hanson N.D. & Climo M.W. (2003). Occurrence of extended-spectrum and AmpC beta-lactamases in bloodstream isolates of *Klebsiella pneumoniae*: isolates harbor plasmid-mediated FOX-5 and ACT-1 AmpC beta-lactamases. *Journal of Clinical Microbiology*, 41(2) : 772-777.
- Cowan M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4) : 564-582.

Références

- Crozier A., Jensen E., Lean M.E.J. & McDonald M.S. (2008). Quantitative analysis of flavonoids by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 761 : 315-321.
- Da L., Somé D., Yehouenou C., Somé C., Zoungrana J., Ouédraogo A.S., & Poda A. (2023). State of play of antibiotic resistance in sub-Saharan Africa. *Medicine and Infectious Diseases Training*, 2(1) : 3-12.
- Dabie K., Smith T., Okafor L. & Umeh A. (2022). Propriété inhibitrice de l'alpha-amylase de l'extrait de feuilles de *Anthocleista nobilis*. *European Journal of Medicinal Plants*, 33(5) : 31-39.
- Daniel J., Thirion G. & Williamson D. (2003). Les infections urinaires, une approche clinique. *Association des pharmaciens des établissements de santé du Québec*, 36(5) : 246-250.
- Dapar M.L.G., Demayo C.G., Meve U., Liede-Schuman S., Alejandro G.J.D. (2020). Molecular confirmation, constituents and cytotoxicity evaluation of two medicinal Piper species used by the Manobo tribe of Agusan del Sur, Philippines. *Phytochemistry Letters* 36: 24-31.
- Davison J. (1999). Genetic exchange between bacteria in the environment. *Plasmid*, 42: 73-91.
- De Mouy D., Fabre R. & Cavallo J-D. (2007). Infections urinaires communautaires de la femme de 15 à 65 ans : sensibilité aux antibiotiques de *Escherichia coli* en fonction des antécédents : étude AFORCOPI-BIO 2003. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 37 : 594-598.
- Gaétan D. (2013). Macrolides à faible dose dans les pathologies pulmonaires. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, 5(1) : 54-59.
- Dextreit R. (1984). La cure végétale, toutes les plantes pour se guérir, vivre en harmonie (3^e édition.). Éditions de la revue *Vivre en harmonie*, Moulins (France), 336 p.
- Dinzedi M.R. (2015). Activités antibactériennes des extraits de *Terminalia catappa* et *Thonningia sanguinea* sur *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus*

Références

aureus multirésistantes d'origine humaine. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 133 p.

- Djellouli M., Moussaoui A., Benmehdi H., Ziane L., Belabbes A., Badraoui M., Slimani N. & Hamidi N. (2013). Ethnopharmacological study and phytochemical screening of three plants (Asteraceae family) from the region of South West Algeria. *Asian Journal of Natural & Applied Sciences*, 2(2) : 59-65.
- Dongock D., Bonyo A., Mapongmetsem P. & Bayegone E. (2018). Étude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 : 203-216.
- Dosso M., Bissagnene E., Coulibaly M., Ketté F.H., N'Douba A., Guessennnd N., Diaha H., Bouzid S.A., Koffi C.A., M'Bengue A., Adou P.G., Fofana K. & Kadio A. (2000). Résistances acquises et prescriptions d'antibiotiques en Afrique: quelles adéquations ? *Médecine et Maladies Infectieuses*, 30 : 197-204.
- Dougnon V., Assogba P., Koudokpon H., Ayena C., Vissoh S., Akpaka G., Klotoe J.R., Baba-Moussa L., Bankole H. & Koudouvo K. (2020). Treatment of urinary tract infections with medicinal plants: Monographs of some plant's species revealed by traditherapists. *Infectious Diseases and Herbal Medicine*, 1 : 16-29.
- Drai J., Bessede T. & Patard J.J. (2012). Prise en charge des pyélonéphrites aiguës. *Progrès en Urologie*, 22(14) : 871-875.
- Duraffourd C., D'Hervicourt L. & Lapraz J.C. (1990). Cahiers de phytothérapie clinique. Examen de laboratoire galénique, Éléments thérapeutiques synergiques. 2ème édition, Masson, Paris (France), 87 p.
- Durand C., Chappuis A. & Douriez E. (2022). Prescriptions pratiques actuelles et interventions des pharmaciens d'officine concernant le bon usage des antibiotiques en France. *Médecine et Maladies Infectieuses Formation*, Supplément 1(2) : S39-S40.

Références

- Eddouks M., Ajebli M. & Hebi M. (2017). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in Daraa-Tafilalet region (Province of Errachidia), Morocco. *Journal of Ethnopharmacology*, 198 : 1-16.
- Effoe S., Gbekley E.H., Mélila M., Aban A., Tchacondo T., Osseyi E., Karou D.S. & Kokou K. (2020). Étude ethnobotanique des plantes alimentaires utilisées en médecine traditionnelle dans la région Maritime du Togo. *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*, 14 : 2837-2853.
- Ekoumou C. (2003). Étude photochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako (Mali), 120 p.
- El Alami A. & Chait A. (2016). Étude ethnobotanique sur les plantes médicinales spontanées poussant dans le versant nord de l'Atlas d'Azilal (Maroc). *Algerian Journal of Natural Products*, 4(2) : 271-282.
- El Hafian M., Benlamdini N., Elyacoubi H., Zidane L. & Rochdi A. (2014). Étude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales utilisées au niveau de la préfecture d'Agadir-Ida-Outanane, Maroc. *Journal of Applied Biosciences*, 80 : 1-16.
- Elhani D. (2012). Les bêtalactamases à spectre étendu : le défi s'accroît. *Annales de Biologie Clinique*, 70(2) : 117-140.
- Elhassan I., Fouad M., Khalil C. 2019. Ethnobotanical survey of medicinal plants used in treatment of kidney stones in Tarfaya province (Morocco). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 26: 711-719.
- Elkharrat D., Arrouy A., Benhamou F., Dray A., Grenet J. & Le Corre A. (2007). Épidémiologie de l'infection urinaire communautaire de l'adulte en France. In : Lobel B. & Soussy C.-J. (Éds), *Les infections urinaires*. Springer-Verlag, Paris (France) :1-20.
- Erasto P., Adebola P.O., Grierson D.S. & Afolayan A.J. (2005). An ethnobotanical study of plants used for the treatment of diabetes in the Eastern Cape Province, South Africa. *African Journal of Biotechnology*, 4 : 1458-1460.

- Erukainure L., Olayinka F. & Onifade B. (2017). Ethanol extract of *Tetrapleura tetraptera* fruit peels: chemical characterization, and antioxidant potentials against free radicals and lipid peroxidation in hepatic tissues. *Journal of Taibah University for Science*, 11 : 861-867.
- Esmail M.A.M., Abdulghany H.M. & Khairy R.M. (2019). Prevalence of multidrug-resistant *Enterococcus faecalis* in hospital-acquired surgical wound infections and bacteremia: concomitant analysis of antimicrobial resistance genes. *Infectious Diseases: Research and Treatment*, 12 : 1-6.
- Essack S.Y. (2000). Laboratory detection of extended-spectrum β -lactamases (ESBLs): the need for a reliable, reproducible method. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 37(4) : 293-295.
- Etuk E., Bello S.O., Isezuo S.A. & Mohammed B. (2010). Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus in the north-western region of Nigeria. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 1 : 55-59.
- Evans W.C. (2002). *Trease and Evans Pharmacognosy*. 15^e édition, Saunders Company Limited, London (Royaume-Uni) : 137-139.
- Ezirim C.Y., Abarikwu S.O. & Uwakwe A.A. (2019). Effects of *Anthocleista djalonensis* root extracts on reproductive hormones and testicular marker enzymes in adult male Wistar rats. *Andrologia*, 51 (2) : 1-27.
- Fedeniuk R.W. & Biliaderis C.G. (1994). Composition and physicochemical properties of linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(2) : 240-247.
- Feglo P.K. & Adu-Sarkodie Y. (2016). Antimicrobial resistance patterns of extended spectrum β -lactamase producing *Klebsiella* and *Escherichia coli* isolates from a tertiary hospital in Ghana. *European Scientific Journal*, 12(30) : 174-184.
- Fekadu F. (2001). *Ethiopian Traditional Medicine: Common Medicinal Plants in Perspective*. Sioux City, Iowa (USA), 201 p.

Références

- Ficca G., Chauvel M. & de Moüy D. (2006). Prévalence du *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline communautaire. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 36(4) : 207-212.
- Flores-Mireles A.L., Walker J.N., Caparon M. & Hultgren S.J. (2015). Urinary tract infections : epidemiology, mechanisms of infection and treatment options. *Nature Reviews Microbiology*, 13(5) : 269-284.
- Foxman B. (2002). Epidemiology of urinary tract infections: incidence, morbidity and economic costs. *American Journal of Medicine*, 113 : 5-13.
- François A., Brandstätter H., Brechet A.C. & Huttner A. (2013). Infections urinaires. Service de médecine de premier recours, Hôpitaux Universitaires de Genève, (Suisse), 12 p.
- Friedman J., Yaniv Z., Dafni A. & Palewitch D. (1986). A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *Journal of Ethnopharmacology*, 16(3) : 275-287.
- Funkè F.A., Gautier R., Machioud M.S., Durand D., Rachidatou K., Farid B., Brice D., Nicodème W.C., Lamine B. & Haziz S. (2023). Insight into the medicinal plants used to treat urinary tract infections in Benin. *Asian Journal of Biological Sciences*, 16 : 438-445.
- Gbégbé D.A., N'zi N.P., Monthaut S., Allé A.P. & Angaman D.M. (2023). Prévalence et écologie microbienne des infections des voies urinaires au CHR de Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 192 : 1-12.
- Gbekley H.E., Karou S.D., Gnoula C., Agbodeka K., Anani K., Tchacondo T., Agbonon A., Batawila K. & Simpore J. (2015). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région Maritime du Togo. *Pan African Medical Journal*, 20 : 1-16.
- Ghorbani A. (2005). Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran (Part 1): General results. *Journal of Ethnopharmacology*, 102 : 58-68.

Références

- Giday M., Asfaw Z., Elmqvist T. & Woldu Z. (2003). An ethnobotanical study of medicinal plants used by the Zay people in Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology*, 85 : 1-20.
- Girma Z., Abdela G. & Awas T. (2022). Ethnobotanical study of medicinal plant species in Nensebo District, south-eastern Ethiopia. *Ethnobotany Research and Applications*, 24 : 1-25.
- Golly K.J., Siaka S., Guessennd N., Soro Y., Djaman A.J. & Dosso M. (2012). Phytochemical assessment and antimicrobial activity of leaves extract of *Vernonia colorata* (Wild.) Drake on resistant germs of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4 : 2490-2494.
- Guessennd N., Bremont S., Gbonon V., Kacou-NDouba A., Ekaza E., Lambert T. & Courvalin P. (2008). Résistance aux quinolones de type qnr chez les entérobactéries productrices de bêta-lactamases à spectre élargi à Abidjan en Côte d'Ivoire. *Pathologie Biologie*, 56(7) : 439-446.
- Guiraud J.P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Dunod, Paris (France), 652 p.
- Grasset L. & Guy C., Ollagnier M. (2003). Cyclines et acné : attention aux effets indésirables. *Revue de Médecine Interne*, 24 : 305-316.
- Gullner G., Komi ves T., Király L. & Schröder P. (2018). Glutathione S-transferase enzymes in plant-pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science*, 9 : 1836.
- Hadorn L. & Wernli B. (2017). Résistance aux antibiotiques : le rôle des patients. *Bulletin des Médecins Suisses*, 98(45) : 1497-1498.
- Haertig A. & Conort P. (1991). Urologie. Éditions médicales, Paris (France), 43 p.
- Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C. & Chapelle J.P. (2007). Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*, 62(10) : 631-636.
- Halliwell B. (2015). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 35(5) : 1147-1150.

Références

- Hamburger J. (1979). Petite encyclopédie médicale. Guide de pratique médicale. 15e édition, Éditions Flammarion, Paris (France) : 713-1402.
- Hannedouche T. (2011). Enterobacteriaceae. In : Couture B. (édition.), *Bactériologie médicale*. Montréal (Canada) : 338-344.
- Haouar I. (2010). Les infections urinaires à l'hôpital militaire d'instruction Mohammed V de Rabat : fréquence, répartition et antibiorésistance des bactéries isolées dans les urines. Mémoire de Doctorat en Pharmacie, Université Mohammed V (Rabat, Maroc), 117 p.
- Harborne J.B. & Williams C.A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55: 481-504.
- Hartmann T. (2007). From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68 : 2831-2846.
- Hayouni E., Abderrabba M., Bouix M. & Hamdi M. (2007). The effects of solvents and extraction method on phenolic content and biological activity in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry*, 105(3) : 1126-1134.
- Heeran, Akhtar N., Khalid S., Jan H.A., Gul S. & Ali A. (2023). Ethnoveterinary study of the medicinal plants of Khar, Dheri, Julagram, Tari and Totakan villages of Tehsil Batkhela, Malakand, Northern Pakistan. *Ethnobotany Research and Applications*, 25 : 1-19.
- Heinrich M. (2008). Ethnopharmacy and natural product research - Multidisciplinary opportunities for research in the metabolomic age. *Phytochemistry Letters*, 1(1) : 1-5.
- Hele B., Metowogo K., Mouzou A.P., Tossou R. & Ahounou J. (2014). Ethnobotanical investigation into plants used in the traditional treatment of muscle contusions in Togo. *Ivoire Sciences et Technologies*, 24 : 112-130.
- Herrick J.W. (1995). Iroquois Medical Botany. Syracuse University Press, New York, 268 p.

Références

- Hoekou Y.P., Tchacondo T., Karou S.D., Koudouvo K., Atakpama W., Pissang P., Gbogbo A.K., Woegan A.Y., Batawila K. & Akpagana K. (2016). Ethnobotanical study of latex plants in the Maritime Region of Togo. *Pharmacognosy Research*, 8 : 128-134.
- Hostettmann K. & Marston A. (1995). *Saponins: Chemistry and Pharmacology of Natural Products*. Cambridge University Press, Cambridge (États-Unis), 523 p.
- Houghton P.J. (1995). The role of plants in traditional medicine and current therapy. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 1(2) : 131-143.
- Houmenou V., Adjatin A., Tossou M.G., Yedomonhan H., Dansi A., Gbenou J. & Akoegninou A. (2017). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité féminine dans les départements de l’Ouémé et du Plateau au Sud Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 : 1851-1871.
- Hounsa A., Kouadio L. & Mol P.D. (2010). Automédication par les antibiotiques provenant des pharmacies privées de la ville d’Abidjan en Côte d’Ivoire. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 40(5) : 333-340.
- Hseini S. & Kahouadji A. (2007). Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). *Lazaroa*, 28 : 79-92.
- Hussain A., Sohail M. & Abbas Z. (2016). Prevalence of *Enterococcus faecalis*-mediated UTI and its current antimicrobial susceptibility pattern in Lahore, Pakistan. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 66(10) : 1232-1236.
- Hutchinson J. & Dalziel J.M. (1963). *Flora of West Tropical Africa* (2^e édition.). Crown Agents for Overseas Governments and Administrations, London, Royaume-Uni : 435-436.
- Ian C., Nothando M. & Sandy V. (2021). A review of plant-based therapies for the treatment of urinary tract infections in traditional Southern African medicine. *Evidence-Based. Complementary and Alternative Medicine*, 2021(1) :1-12.
- Iskandar K., Rizk, R., Matta R., Husni-Samaha R., Sacre H., Bouraad, E & Mostafa I. (2021). Economic burden of urinary tract infections from antibiotic-resistant *Escherichia coli*

Références

- among hospitalized adult patients in Lebanon : a prospective cohort study. *Value in Health Regional Issues*, Amsterdam, (Netherlands), 25 : 90-98.:
- Imperato P.J. (1981). The role of women in traditional healing among the Bambara of Mali. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 106 : 1-7.
- INS (Institut National de la Statistique). (2014). Données socio-démographiques et économiques des localités. Résultats définitifs par localité : Région du Haut-Sassandra, Côte d'Ivoire. Recensement général de la population et de l'habitat, Abidjan (Côte d'Ivoire), 232 p.
- Institut Pasteur (2021). Résistance aux antibiotiques. Centre Médical, Paris (France), 15 p.
- Iroba R., Ilang C., Ayogu E., Oji E. & Ugbo C. (2010). Screening for anti-typhoid activity of some medicinal plants used in traditional medicine in Ebonyi state, Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4 : 860-864.
- Iuouss H., Ahid S., Belaiche A. & Cherrah Y. (2015). Évolution de la consommation des antibiotiques au Maroc (2003-2012). *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 63 (2) : 1-78.
- Jacob J.K.S., Carlos R.C.A. & Divina C.C. (2016). Composition phytochimique et activités antibactériennes et antifongiques du basilic (*Ocimum basilicum*). *Advances in Environmental Biology*, 7 : 84-90.
- Jacoby G.A. (1997). Extended-spectrum β -lactamases and other enzymes providing resistance to oxyimino- β -lactams. *Infectious Disease Clinics of North America*, 11(4) : 875-887.
- Jacoby G. A. & Strahilevitz J. & Hooper D. C. (2015). Plasmid-mediated quinolone resistance. *Plasmids: Biology and Impact in Biotechnology and Discovery*: 475-503.
- Jamila H.S. (2018). Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés acyles de ces molécules par voie enzymatique. Thèse de Doctorat, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Lorraine (France), 270 p.

- Jan H.A, Ahmad L. Bussmann R. W., Jan S., Wali S., Haq S.M., Romman M. (2021). Medicinal plants used for veterinary diseases by the local inhabitants of the Teshil Tangi, District Charsadda, Pakistan. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 20(4) : 990-1001.
- Janvier F., Mbongo-Kama E., Mérens A. & Cavallo J.-D. (2008). Les difficultés d'interprétation de l'examen cytot bactériologique des urines. *Revue Francophone des Laboratoires*, 38(406) : 51-59.
- Jaradat N., Ayesb O. & Anderson C. (2016). Ethnopharmacological survey about medicinal plants utilized by herbalists and traditional practitioner healers for treatments of diarrhea in the West Bank/Palestine. *Journal of Ethnopharmacology*, 17 : 1-19.
- Jazy M.A. (2017). Enquête ethnobotanique auprès des tradipraticiens de santé des régions de Niamey et Tillabéri au Niger. *European Scientific Journal*, 13: 276-304.
- Jimoh F.O., Adedapo A.A. & Afolayan A.J. (2011). Comparison of the nutritive value, antioxidant and antibacterial activities of *Sonchus asper* and *Sonchus oleraceus*. *Records of Natural Products*, 5(1): 29-42.
- Johnson L., Sabel A. & Burman W.J. (2008). Emergence of fluoroquinolone resistance in outpatient urinary *Escherichia coli* isolates. *American Journal of Medicine*, 121(10) : 876-884.
- Jolivet-Gougeon A. (2011). Actualité sur la résistance aux fluoroquinolones. *Anses Bulletin de Veille Scientifique*, 14 : 25-29.
- Kacholi D.S. & Amir H.M. (2022). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by traditional healers in managing gonorrhoea and syphilis in Urambo District, Tabora Region, Tanzania. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 28: 179-192.
- Kahlmeter G. (2003). Prevalence and antimicrobial susceptibility of pathogens in uncomplicated cystitis in Europe. The ECO.SENS study. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 22: 49-52.
- Kam S.E., Meda R.N.-T., Kabre Z., Koama B.K., Ouoba H.Y., Yameogo V., Zon D.M., Zongo E. & Ouedraogo G.A. (2018). Ethnobotanical survey of plants used by traditional

Références

- healers for treatment of urinary infections in Hauts-Bassins areas of Burkina Faso. *International Journal of Science and Research*, 9 : 1113-1118.
- Kamara I., Packo S.C., Yao N.A., N'dathz C., Gbadi D., Tadibé D.O., Bognini S., Kouassi K.G., Sanogo I. & Edoh V. (2017). Profil des infections urinaires bactériennes chez les drépanocytaires au service d'Hématologie du CHU de Treichville Abidjan, Côte d'Ivoire, *Série D*, 3(2) : 41-44.
- Kankara S.S., Isah A.B., Bello A., Ahmed A. & Lawal U. (2018). Medicinal plants used for the management of hepatic ailments in Katsina State, Nigeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 12 : 375-386.
- Karl W. (2002). La résistance bactérienne, nouvelle guerre froide. *Le Médecin du Québec*, 37(3) : 41-49.
- Karou D., Savadogo A., Canini A., Yameogo S., Montesano C., Simpore J., Colizzi V., Traore A.S. (2005). Antibacterial activity of alkaloids from *Sida acuta*. *African Journal of Biotechnology*, 4 :1452-1457.
- Kasrani & Mouhoub (2019). Caractérisation biochimique et évaluation des activités biologiques des extraits phénoliques de *Salvia officinalis* L. Thèse de Doctorat, Centre universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila (Algérie), 178 p.
- Khalumba M.L., Mbugua P.K. & Kungu J.B. (2005). Uses and conservation of some highland species of the genus *Sansevieria* Thunb. in Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings*, 7 (2) : 527-532.
- Khenfer S. (2019). Étude ethnobotanique de quelques plantes médicinales spontanées dans la région d'El Kantara et activité antibactérienne de *Thymus hirtus* sp. Algeriensis. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie, 90 p.
- Kisangau D.P., Lyaruu H.V., Hosea K.M. & Joseph C.C. (2007). Use of traditional medicines in the management of HIV/AIDS opportunistic infections in Tanzania: a case in the Bukoba rural district. *Journal of Ethnobiology & Ethnomedicine*, 3 : 1-8.

Références

- Klotoé J.R., Dougnon T.V., Koudouvo K., Atègbo J.M., Loko F., Akoègninou A., Aklikokou K., Dramane K. & Gbeassor M. (2013). Ethnopharmacological survey on antihemorrhagic medicinal plants in South of Benin. *European Journal of Medicinal Plants*, 3 : 40-51.
- Koffi K.D. (2001). Infections urinaires bactériennes chez les sujets porteurs du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) suivis à l'unité de soins ambulatoires et de conseil (USAC). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 154 p.
- Koffi-Bikpo C. & Kra K. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 : 95-103.
- Koman S.R., Kpan W.B., Yao K. & Ouattara D. (2019). Plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'infertilité féminine dans le département de Dabakala (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 42(1) : 7086-7099.
- Kone A. & Vroh B.T.A. (2022). Diversité des traits fonctionnels des espèces de la végétation de bordure des axes routiers à proximité d'Abidjan. *Afrique Science*, 18(1), 125-137.
- Koné M.K., Coulibaly C., Kouangbe A.M., Ouattara K.O. & Coulibaly A. (2022). Evaluation of the antioxidant and antibacterial activity of aqueous and ethanolic extracts of two medicinal plants used to treat diarrhea in Côte d'Ivoire. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 21 : 14-20.
- Kouadio L.D., Traoré S.K., Bekro Y.-A., Véronique M., Dembele A., Mamadou K., Mazellier P., Legube B. & Houenou P. (2009). Contamination des eaux de surface par les produits pharmaceutiques en zones urbaines de Côte d'Ivoire : cas du district d'Abidjan. *European Journal of Scientific Research*, 27(1) :140-151.
- Kouadio Y.J., N'Guessan K. & Tra Bi F.H. (2014). Étude ethnobotanique des plantes utilisées contre le diabète en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 10(6) : 300-312.
- Kouassi-M'Bengue A., Folquet-Amorissani M., Nassirou F., Guessennnd-Kouadio N., Kacou N'Douba A., Houenou Y. & Dosso M. (2008). Les infections urinaires néonatales à Abidjan : problématique de la résistance bactérienne. *Mali Médical*, 23(1) : 34-37.

Références

- Koudokpon H., Dougnon T., Bankolé H., Fah L., Hounmanou Y., Baba-Moussa L. & Loko F. (2017). Enquête ethnobotanique sur les plantes utilisées dans le traitement des infections au Sud-Bénin. *Health Sciences & Diseases*, 18 : 1-9.
- Koudouvo K., Karou D.S., Kokou K., Essien K., Aklikokou K., Glitho I.A., Simporte J., Sanogo R., De Souza C. & Gbeassor M. (2011). An ethnobotanical study of antimalarial plants in Togo Maritime Region. *Journal of Ethnopharmacology*, 134(1) : 183-190.
- Kuete V. (2010). Potential of Cameroonian plants in the treatment of multidrug-resistant bacterial infections. *Journal of Ethnopharmacology*, 121(3) : 343-351.
- Lacheheb L. & Bendagha Y. (2016). Les infections urinaires. Mémoire de Master en Écologie Microbienne, Université des Frères Mentouri (Constantine, Algérie), 44 p.
- Ladio A., Lozada M. & Weigandt M. (2007). Comparison of traditional wild plant knowledge between aboriginal communities inhabiting arid and forest environments in Patagonia, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 69 : 695-715.
- Ladoh-Yemeda C.F., Vandi T., Dibong D., Mpondo E.D. & Wansi J.D. (2016). Ethnobotanical study of medicinal plants sold in the markets of the city of Douala, Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, 99 : 9450-9466.
- Lahouel M., Amedah S., Zellagui A., Touil A., Rhouati S., Benayache F., Leghouchi E. & Bousseboua H. (2006). The interaction of new plant flavonoids with rat liver mitochondria: relation between the anti- and pro-oxidant effect and flavonoid concentration. *Thérapie*, 61 : 347-355.
- Lahsissène H., Kouadji A., Tijane M. & Hseini S. (2010). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaer, Maroc occidental. *Lejeunia. Journal of Forestry Faculty*, 186 : 1-30.
- Lakouéténé D., Ndolngar G., Berké B., Moyen J., Kosh K., Zinga I., Silla S., Millogo R., Vincendeau P., Syssa-Magalé J., Nacoulma O.O., Laganier R., Badoc A., Chèze C. (2009). Enquête ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du paludisme à Bangui (RCA). *Bulletin de la Société Pharmaceutique de Bordeaux* 148 : 123-38.

Références

- Lai M. (2013). Réévaluation des connaissances et représentations des parents d'enfants atteints de viroses saisonnières vis-à-vis de la prescription d'antibiotiques. Thèse de Médecine, Université Paris Diderot (Paris, France), 119 p.
- Lanz T.A., Karmilowicz M.J., Wood K.M., Pozdnyakov N., Du P., Piotrowski M.A. & Schachter J.B. (2006). Modulation concentration-dépendante de la protéine bêta-amyloïde in vivo et in vitro à l'aide de l'inhibiteur de la γ -sécrétase LY-450139. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 319(2) : 924-933.
- Lascarrou J.B., Martin M. & Reignier J. (2019). Quelle est la place des vidéolaryngoscopes pour l'intubation en réanimation. *Médecine Intensive Réanimation*, 28(1) : 4-10.
- Lawal B., Ayanniyi R., Fatimoh O., Usman S., Abdul A., Salawu K., Stanislaus N. & Agunu A. (2020). Phytochemical screening and in vivo antidiabetic evaluation of 1:1 combination of the leaf extracts of *Heliotropium indicum* L. (Boraginaceae) and *Anthocleista djalonensis* A. Chev. (Loganiaceae). *West African Journal of Pharmacy*, 31 : 31-35.
- Lebart L., Piron M. & Morineau A. (2006). Statistique exploratoire multidimensionnelle. Visualisation et inférence en fouille de données. 4ème édition, Dunod, Paris (France), 480 p.
- Leeuwenberg A.J.M. (1961). The Loganiaceae of Africa. 1. *Anthocleista*. *Acta Botanica Neerlandica*, 10 : 1-53.
- Leroy H. & Tattevin P. (2012). Infections urinaires. *EMC - Traité de Médecine*, AKOS, Elsevier Masson, Paris (France) : 1-6.
- Leroy P. (2016). Les composants du stress oxydant et les radicaux libres. *Hegel*, 2(2): 218-219.
- Lights V. & Boskey E. (2015). Urinary tract infections. *The Healthline Medical Review*: 615-643.
- Lin J., Puckree T. & Mvelase T.P. (2002). Anti-diarrhoeal evaluation of some medicinal plants used by Zulu traditional healers. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(1) : 53-56.

Références

- Liu Y., Chen P., Zhou M., Wang T., Fang S., Shang X. & Fu X. (2018). Geographic variation in the chemical composition and antioxidant properties of phenolic compounds from *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinskaja leaves. *Molecules*, 23 (10) : 1024-2440.
- Lobel B. (2007). Prise en charge des cystites chez la femme. In : *Les infections urinaires*. Springer-Verlag (édition.), Paris (France) : 73-87.
- Loubeau G. (2012). Impact de la surexpression de la protéine nucléophosmine (NPM1) sur la progression des cancers de la prostate. Thèse de Doctorat en Physiologie et Génétique Moléculaires, Université Blaise Pascal (France), 150 p.
- Lougbeignon O.T., Nassi K.M. & Gbesso G.H.F. (2015). Ethno-botanique quantitative de l'usage de *Chrysophyllum albidum* G. Don par les populations locales au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 95 : 9028-9038.
- Lü L., Liu S.-W., Jiang S.-B. & Wu S.-G. (2004). Tannin inhibits HIV-1 entry by targeting gp41. *Acta Pharmacologica Sinica*, 25(2) : 213-218.
- Lucchesi M.E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes : conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Chimie, Université de La Réunion, Saint-Denis (France), 164 p.
- Lutete T.K.K., Ntondele D., Cimanga K. & Luki N. (1994). Antimicrobial activity of tannins. *Fitoterapia*, 64 : 276-278.
- Macheix J.J., Fleuriet A. & Jay-Allemand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique : PPUR Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne (Suisse), 565 p.
- Mahady G.B., Pendland S.L., Stoia A. & Chadwick L.R. (2003). In vitro susceptibility of *Helicobacter pylori* to isoquinoline alkaloids from *Sanguinaria canadensis* and *Hydrastis canadensis*. *Phytotherapy Research*, 17 : 217-221.
- Mahamat A., Djibrine S., Alio H., Tadjadine A., Issa E., Adam I., Arada A., Abouna B. & Bum E. (2024). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées pour le traitement

Références

- des infections urinaires à N'Djamena (Tchad). *American Journal of Plant Sciences*, 15(1) : 46-55.
- Mammeri H., Van De Loo M., Poirel L., Martinez-Martinez L. & Nordmann P. (2007). Emergence of plasmid-mediated quinolone resistance in *Escherichia coli* in Europe. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49(1) : 71-76.
- Mancuso G., Angelina M., Gerace E., Marra M., Sebastian Z. & Caramelo B. (2023). Urinary tract infections: the current scenario and future prospects. *Prospects in Pathogens*, 12(4) : 623-630.
- Mangambu M.J.D., Aluma K.J.-Y., Ruurd V.D., Rugenda-Banga R., Amour D.D., Mushangalusa K.F., Chibembe S.A., Ntahobavuka H.H., Radar N.B. & Robbrecht E. (2015). Études ethnobotanique et ethnolinguistique des ressources forestières ligneuses utilisées par la population du couloir écologique du parc national de Kahuzi-Biega (R.D. Congo). *European Scientific Journal*, 11(15) : 135-162.
- Mann C.M., Cox S.D. & Markham J.L. (2002). The outer membrane of *Pseudomonas aeruginosa* contributes to the action of tea tree oil (*Melaleuca alternifolia*). *Letters in Applied Microbiology*, 30: 294-297.
- Mares C., Petca R.-C., Popescu R.-I., Petca A., Multescu R., Bulai C.A., Ene C.V., Geavlete P.A., Geavlete B.F. & Jinga V. (2024). Update on urinary tract infection antibiotic resistance – A retrospective study in females in conjunction with clinical data. *Life*, 14(1) : 1-15.
- Marinova D., Ribarova F. & Atanassova M. (2005). Total phenolics in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40 : 255-260.
- Marmonier A.A. (1990). Technique de diffusion en gélose : méthode des disques. In : *Bactériologie médicale - Techniques usuelles* Édition. Medicales Internationales, Paris (France) : 237-244.

Références

- Marrich B. (2008). Les antibiotiques utilisés dans les infections urinaires. Thèse de Docteur en Pharmacie, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université de Bamako (Mali), 179 p.
- Martin S. (2018). Étude pharmacocinétique et optimisation du traitement par aminosides chez les patients insuffisants rénaux chroniques hémodialysés. Thèse de doctorat, Faculté de Médecine, Université de Paris, (France), 215 p.
- Martin G.J. (2010). *Ethnobotany: A Methods Manual*. 1ère édition, Routledge, London (Royaume-Uni), 268 p.
- Martinez-Martinez L., Pascual A. & Jacoby G.A. (1998). Quinolone resistance from a transferable plasmid. *The Lancet*, 351(9105) : 797-799.
- Masika W.G., O'Meara W.P., Holland T.L. & Armstrong J. (2017). Contribution of urinary tract infection to the burden of febrile illnesses in young children in rural Kenya. *PLoS One*, 12(4): 174-199.
- Masunda A.T., Inkoto L.C., Masengo C.A., Bolisomi B.S., Kanza B, Legbiye E.K, Ngbolua K.N., Mpiana P.T. (2020). Traditional uses, Physical properties, Phytochemistry and Bioactivity of *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae): A Mini-review. *Discovery Phytomedicine. Journal of Natural Products Research and Ethnopharmacology* 7: 19-26.
- Mathibela M.K., Potgieter M.J. & Tshikalange T.E. (2019). Medicinal plants used to manage sexually transmitted infections by Bapedi traditional health practitioners in the Blouberg area, South Africa. *South African Journal of Botany*, 122 : 385-390.
- Mayoral G., Ferreyra M., Eden A., Gueudet P., Miquel C. & Lecaillon E. (2010). Évolution de la résistance des entérobactéries aux céphalosporines de troisième génération de 2000 à 2008 au centre hospitalier de Perpignan. *Pathologie Biologie*, 58(1) : 7-10.
- Mebarkia R. & Daoudi H. (2016). Prévalence des infections urinaires dans la commune de Tébessa. Thèse de Doctorat en microbiologie appliquée à la santé et à l'environnement, Université de Tébessa, Algérie, 93 p.

Références

- Medina M. & Castillo-Pino E. (2019). An introduction to the epidemiology and burden of urinary tract infections. *Therapeutic Advances in Urology*, 11 : 1-7.
- Mehdi S. (2008). Fréquence des bactéries multirésistantes à l'hôpital Hassan II de Settat. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université Mohammed V (Rabat, Maroc), 51 p.
- Meradi L., Djahoudi A., Abdi A., Bouchakour M., Perrier Gros Claude J.-D., Timinoun M. (2011). Résistance aux quinolones de types qnr, aac(6')-Ib-cr chez les entérobactéries isolées à Annaba en Algérie. *Pathologie Biologie*, 59(4) : 73-78.
- Meskine A. & Benabdelkader L. (2016). Étude de la résistance et de la multirésistance aux antibiotiques de souches isolées du milieu hospitalier. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri (Constantine, Algérie), 74 p.
- Meyer O. (2004). Biosynthèse des isoprénoïdes : synthèses d'analogues du 1-désoxy-D-xylulose 5-phosphate, inhibiteurs potentiels de la voie du méthylérythritol phosphate. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur (Strasbourg, France), 285 p.
- Meziane A., Nezali S. & Djellout B. (2019). Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* vis-à-vis des souches d'*Escherichia coli* d'origine aviaire et d'autres bactéries de référence. Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure Vétérinaire (Algérie), 133 p.
- Migdal C. & Serres M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Médecine Sciences*, 27(4) : 405-412.
- Mirabaud M.I. (2003). Entérobactéries à beta-lactamases à spectre élargi en pédiatrie en 1996. Thèse de Doctorat en Médecine, Faculté de Médecine, Université de Genève (Genève, Suisse), 44 p.
- Mishra K., Ojha H. & Chaudhury N.K. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 130(4): 1036-1043.

Références

- Mkabela Q.N. & Zobolo A.M. (2006). Traditional knowledge transfer of activities practised by Zulu women to manage medicinal and food plant gardens. *African Journal of Range & Forage Science*, 23 : 77-80.
- Mkaouar D., Mahjoubi F., Mezghani S., Znazen A., Ktari S. & Hammami A. (2008). Étude de la résistance des entérobactéries aux céphalosporines de troisième génération dans les hôpitaux de Sfax, Tunisie (1999-2005). *Médecine et Maladies Infectieuses*, 38(6) : 293-298.
- Moges F., Eshetie S., Abebe W., Mekonnen F., Dagne M. & Endale A. (2019). High prevalence of extended-spectrum beta-lactamase-producing Gram-negative pathogens from patients attending Felege Hiwot Comprehensive Specialized Hospital, Bahir Dar, Amhara region. *PLoS ONE*, 14(4) : 214-337.
- Mohamed G., Lahcen Z., Allal D. (2014). La phytothérapie et les infections urinaires (La pyélonéphrite et la cystite) au Sahara Marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 20(3) : 1-23.
- Mohammed S. (2013). L'infection urinaire chez l'enfant : Méfiez-vous des complications. *Santé-MAG*, 15 : 10-11.
- Molyneux P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2) : 211-219.
- Momen G., Aniba R., Barguigua A., Dihmane A., Nayme K. & Timinouni M. (2023). Profils de prévalence et de résistance antibactérienne des staphylocoques uropathogènes à Casablanca, Maroc. *Le Journal des Infections dans les Pays en Développement*, 17(10) : 1436-1445.
- Monnet D., Emborg H., Andersen S., Schöller C., Sørensen T. & Bager F. (2000). Surveillance of antimicrobial resistance in Denmark. *Euro Surveillance : European Communicable Disease Bulletin*, 5 (12) : 129-132.
- Moreddu F. (2007). Le conseil associé à une demande spontanée. 2^e éditions Wolters Kluwer, Paris (France), 144 p.

Références

- Mosquera O.M., Correa Y.M., Buitrago D.C. & Niño J. (2007). Antioxidant activity of twenty-five plants from Colombian biodiversity. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102 : 631-634.
- Mounira A. & Mahdia H. (2015). Contribution à l'étude phytochimique et activités biologiques (antioxydante et antibactérienne) de *Cleome arabica* L. (région d'Oued Souf). Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued (Algérie), 106 p.
- Moussa A.A., Nordin A.F.Md., Hamat R.A. & Jasni A.S. (2019). High level aminoglycoside resistance and distribution of the resistance genes in *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* from teaching hospital in Malaysia. *Infection and Drug Resistance*, 12 : 3269-3274.
- Mukaila Y.O., Oladipo O.T., Arogundade O.O. & Ajao A.A-N. (2023). Traditional knowledge of medicinal plants used in Ile-Ife, Southwestern Nigeria. *Asian Journal of Ethnobiology*, 5 : 71-83.
- Muller, C.D. (2020). Le criblage cytomique à haut contenu. In : *La cytométrie en flux* (2^e édition.), coordonné par J.-F. Mayol, C. Laplace-Builhé & C. D. Muller, Chapitre 16. Lavoisier Tec & Doc, Paris (France), 500 p.
- Munita J.M. & Arias C.A. (2016). Mechanisms of antibiotic resistance. In : *Microbiology Spectrum*. Edition SJL, Washington (États-Unis) : 119-127.
- Muylaert A. & Maenil J.-C. (2012). Résistance bactérienne aux antibiotiques : les mécanismes et leur « contagiosité ». *Annales de Médecine Vétérinaire*, 156 : 109-123.
- Muylaert A. & Mainil J.G. (2013). Résistances aux fluoroquinolones : la situation actuelle. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 157(1) : 15-26.
- Naive M.A.K., Binag S.D., Alejandro G.J.D. (2021). Plantes aux bienfaits : Plantes ethnomédicinales utilisées par la tribu Talaandig à Portulin, Pangantucan, Bukidnon, Philippines. *Journal indien des savoirs traditionnels* 20 (3) : 754-766.
- N'Diaye M., Kéita F.B. & Martin P. (2003). Main harvested fruits consumed and marketed in Guinea. *Fruits*, 58 : 99-116.

- N'Guessan K., Tra B. & Koné M. (2009). Étude ethnopharmacologique des plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte d'Ivoire). *Ethnopharmacologia*, 44 : 42-50.
- N'Guessan A., N'Guessan K., Kouassi K., Kouamé N. & N'Guessan P. (2014). Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 83 : 1-6.
- Nacoulama B. (2012). Dynamique et stratégie de conservation de la végétation et de la phytodiversité du complexe écologique du parc National du W du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 151 p.
- Navaneethan P., Nautiyal S., Kalavani T. & Rajasekaran C. (2011). Cross-cultural ethnobotany and conservation of medicinal and aromatic plants in the Nilgiris, Western Ghats: A case study. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 3(1) : 27-45.
- Ndjouondo G.P., Ngene J.P., Ngoule E.C.C., Kidik I.P.M.K., Ndjib R.C., Dibong S.D. & Mpondo E. (2015). Inventaire et caractérisation des plantes médicinales des sous-bassins versants Kambo et Longmayagui (Douala, Cameroun). *Animal & Plant Sciences*, 25(3) : 3898-3916.
- N'Douba-Adele K., Stéphane K.K., Euloge E., Clarisse K.E., A.B.J.C. & Mireille D. (2011). Infection à *Staphylococcus aureus* et gènes de virulence à Abidjan (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 52(2) : 339-344.
- Nesrine B., Rajaa R. & Sakina N. (2022). Ethnobotanical study and inventory of medicinal plants used in the treatment of dermatological diseases in the town of Ain Temouchent. *Journal of Applied Biosciences*, 170 : 17704-17719.
- Ngbolua K.N. (2020). Ethnobotanique quantitative : approches méthodologiques pour l'évaluation et la valorisation du savoir endogène en régions tropicales. Éditions Universitaires Européennes, Riga (Lettonie), 116 p.

Références

- Ngbolua K.N., Mihigo S.O., Liyongo C.I., Ashande M.C., Tshibangu D.S.T., Zoawe B.G., Baholy R., Fatiany P.R. & Mpiana P.T. (2016). Ethnobotanical survey of plant species used in traditional medicine in Kinshasa city (Democratic Republic of the Congo). *Tropical Plant Research*, 3 : 413-427.
- Nguyen J.C. & Lambert T. (2012). Interprétation phénotypique de l'antibiogramme vis-à-vis des aminosides. *Revue Francophone des Laboratoires (RFL)*, 2012(445), 75-77.
- Ngwoke K.G., Anusi I.A., Eze P.M., Okezie U.M., Abba C.C. & Abonyi D.O. (2015). Phytochemical and antioxidant properties of stem bark extracts of *Anthocleista nobilis*. *European Journal of Medicinal Plants*, 8 : 107-111.
- Nikaido H. (2009). Multidrug resistance in bacteria. *Annual Review of Biochemistry*, 78 : 119-146.
- Nimse S.B. & Pal D. (2015). Free radicals, natural antioxidants; and their reaction mechanisms. *Advances*, 5 : 27986-28 006.
- Niska R., Bhuiya F. & Xu J. (2010). National hospital ambulatory medical care survey: 2007 emergency department summary. *National Health Statistics Reports*, 29 : 1-38.
- Niveditha S., Pramodhini S., Umadevi S., Kumar S. & Stephen S. (2012). The Isolation and the Biofilm Formation of Uropathogens in the Patients with Catheter-Associated Urinary Tract Infections (UTIs). *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 6(9) : 1478-1482.
- Nostro A. (2006). Activité des extraits de plantes et des composés dérivés de plantes contre les micro-organismes résistants aux médicaments. In : *Phytomédecine moderne : transformer les plantes médicinales en médicaments* : Tec & Doc, Paris (France) : 199-231.
- Nouri M. & Ziadi C. (2015). Étude bactériologique et résistance aux antibiotiques de *Klebsiella pneumoniae*. Mémoire de Master (Génétique Moléculaire), Université des Frères Mentouri, Constantine, Algérie, 69 p.

Références

- O'Neill J. (2016). Tackling drug-resistant infections globally: Final report and recommendations. *Review on Antimicrobial Resistance*, 84 p.
- Oalde Pavlović M., Kolarević S., Đorđević J., Jovanović Marić J., Lunić T., Mandić M., Kračun Kolarević M., Živković J., Alimpić Aradski A., Marin P.D., Šavikin K., Vuković-Gaćić B., Božić Nedeljković B. & Duletić-Laušević S. (2021). A study of phytochemistry, genoprotective activity, and antitumor effects of extracts of the selected Lamiaceae species. *Plants*, 10(11) : 2014-2306.
- Ojatula A.O. (2021). Effects of methanol extract on bioactive property and in vitro antioxidant activity of Palma Christi (*Anthocleista nobilis* G. Don.) root. *Pharmaceutical and Biomedical Research*, 7(4) : 311-322.
- Ojiakor E. & Eokoye I. (2015). Phytochemical studies and antimicrobial activity of *Anthocleista djalonensis* (okpokolo leaf). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(7) : 690-696.
- Okeke U.B., Igbinaduwa P.O., Ozolua R.I. (2019). Effects of *Anthocleista djalonensis* (Chev.) methanol root bark extract on some fertility parameters in male rats. *Nigerian Journal of Pharmaceutical Research*, 15 : 187-192.
- Okembe Embeya V., Luboya Wa Luboya R., Nzuzi Mavungu G., Pon Gombo & Shongo C. (2016). Détection des résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires d'origine bovine et aviaire commercialisées à Lubumbashi (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 102 : 9763-9770.
- Omoregie E.H & FolashadeKO. (2013). Activité antimicrobienne à large spectre d'extraits de *Jatropha curcas*. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences* 3 (4) : 83-87.
- Oladeinde B., Omoregie R., Olley M. & Anunibe J. (2011). Urinary tract infection in a rural community of Nigeria. *North American Journal of Medical Sciences*, 3 : 75-77.
- Ollandzoo L., Pea E. & Ngakengni N.Y. (2022). Prescription des antibiotiques chez le nouveau-né hospitalisé à Brazzaville. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 35(1) : 29-35.

Références

- Oloyed O.I. (2005). Chemical profile of unripe pulp of *Carica papaya*. *Pakistani Journal of Nutrition*, 4 : 379-381.
- Orch H., Chaachouay N., Douiri E., Faiz N., Zidane L. & Douira A. (2021). Use of medicinal plants in dermato-cosmetology: an ethnobotanical study among the population of Izarène. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(3) : 323-340.
- Oreopoulou A., Choulitoudi E., Tsimogiannis D. & Oreopoulou V. (2021). Six plantes courantes aux composants bioactifs et antioxydants distinctifs. Revue de leurs techniques de séparation. *Molecules*, 26(10) : 1200- 2920.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2000). Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation relatives à la médecine traditionnelle. Rapport d'étude, Genève (Suisse), 87 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2018). Niveaux élevés de résistance aux antibiotiques dans le monde. Communiqué de presse, 29 janvier 2018, Bangkok.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2019). Fièvre typhoïde - Questions et réponses. Rapport, Centre des Médias, 12 mai 2020. Genève (Suisse), 12 p.
- Osei Sekyere J., Govinden U., Bester L.A & Essack S.Y. (2016). Colistin and tigecycline resistance in carbapenemase-producing Gram-negative bacteria: emerging resistance mechanisms and detection methods. *Journal of Applied Microbiology*, 121(2) : 601-617.
- Ouattara A., Golly K.J., Touré A., Adima A.A., Ouattara K. & Coulibaly A. (2016). Investigation on traditional use of *Pericopsis (afroformosia) laxiflora* (Benth.) stem bark in treatment of infectious diseases caused by *Staphylococcus aureus* and *Shigella sp.*, two multiresistant bacteria. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(1) : 377-383.
- Ouattara D. (2006). Contribution à l'inventaire des plantes médicinales significatives utilisées dans la région de Divo (sud forestier de la Côte-d'Ivoire) et à la diagnose du poivrier de Guinée : *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 184 p.

Références

- Ouerfelli M., Almajano M.P. & Ben Kaâb L.B. (2017). Composés phénoliques et capacité antioxydante des extraits méthanoliques du Tripodion (*Anthyllis tetraphylla* L.). *Revue des Régions Arides*, 3(43) : 593-598.
- Palm R. (2007). L'analyse des correspondances multiples : *principes et application*. Notes de Statistique et d'Informatique, 28 p.
- 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.
- Pandey K.B. & Rizvi S.I. (2023). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2023(1) : 270-278.
- Passalacqua N.G., Guarrera P.M. & De Fine G. (2007). Contribution to the knowledge of the folk plant medicine in Calabria region (Southern Italy). *Fitoterapia*, 78 : 52-68.
- Patrick I. & Okeke B. (2019). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of *Anthocleista djalonensis* root extracts. *West African Journal of Pharmacy*, 30 : 134-142.
- Pechère J.C., Armenzaud N., Cherubin C., Grenier B., Möllering R. (1985). Les infections urinaires. Masson, Paris (France), 200 p.
- Pham-Huy L.A., He H. & Pham-Huy C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International Journal of Biomedical Science*, 4(2) : 89-96.
- Pincemail J., Heusele C., Bonté F., Limet R. & Defraigne J.O. (2001). Stress oxydant, antioxydants nutritionnels et vieillissement. *Actualités Médicales Internes - Métabolismes - Hormones - Nutrition*, 5(4) : 159-162.
- Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., Squadrito F., Altavilla D. & Bitto A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 20: 20-45.
- Poffenberger M., Gean B., Khare A. & Campbell J. (1992). Field method manual, Volume II. Community forest economy and use patterns: Participatory Rural Appraisal (P.R.A.)

Références

- methods in South Gujarat, India. Society for Promotion of Wasteland Development, *Field Method Manual*, New Delhi, Inde, 2 : 16-57.
- Ponce A.G., Fritz R., Del Valle C. & Roura S.I. (2003). Antibacterial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Food Science and Technology*, 36 : 679-684.
- Popoola O. (2019). Phytochemical status of different solvent extracts of *Anthocleista djalonensis* A. Chev leaves. *International Annals of Science*, 8(1) : 62-69.
- Porras G., Chassagne F., Lyles J.T., Marquez L., Dettweiler M., Salam A.M., Samarakoon T., Shabih S., Farrokhi D.R. & Quave C.L. (2020). Ethnobotany and the role of plant natural products in antibiotic drug discovery. *Chemical reviews*, 121(6) : 3495-3560.
- Prescott L., Harley J. & Klein D. (2003). La chimiothérapie antimicrobienne. In : *Microbiologie*, 2ème édition : De Boeck Supérieur, Bruxelles (Belgique) : 806-811.
- Prior R.L., Huang D. & Ou B. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 : 1841-1856.
- Qamar F., Sana A., Naveed S. & Faizi S. (2024). Phytochemical characterization, antioxidant activity and antihypertensive evaluation of *Ocimum basilicum* L. in L-NAME induced hypertensive rats and its correlation analysis. *Heliyon*, 9 (2) : 40-85.
- Ragunathan M. & Abay S.M. (2009). Ethnomedicinal survey of folk drugs used in Bahirdar Zuria District, Northwestern Ethiopia. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8 : 281-284.
- Ragunathan M. & Solomon M. (2009). The study of spiritual remedies in orthodox rural churches and traditional medicinal practice in Gondar Zuria district, Northwestern Ethiopia. *Pharmacognosy Journal*, 1 : 178-183.
- Rashid A., Swati M.F., Sher H. & Al Yemeni M.N. (2011). Phytoecological valuation with detailed floristic appraisal of the vegetation around Malam Jabba, Swat, Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1 : 461-467.

Références

- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. & Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(10) : 1231-1237.
- Rhattas R., Douira A. & Zidane I. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane (Rif occidental du Maroc). *Journal of Applied Biosciences*, 97 : 9187-9211.
- Richard A. (1980). Botanique médicale, 4^e édition : Imprimerie de Gignoux, Paris (France), 412 p.
- Rios J.L. & Recio M.C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(2) : 80-84.
- Rizvi S., Raza S.T., Ahmed F., Ahmad A., Abbas S. & Mahdi F. (2014). The role of vitamin E in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 14(2) : 157-165.
- Rodrigues E., Cassas F., Conde B.E., Da Cruz C., Barretto E.H., Dos Santos G., Figueira G.M., Passero L.F., Dos Santos M.A. & Gomes M.A. (2020). Participatory ethnobotany and conservation: a methodological case study conducted with quilombola communities in Brazil's Atlantic Forest. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16 : 1-12.
- Rodrigues M.J., Zengin G., Abdallah H.H., Custodio L., Stefanucci A., Aumeeruddy M.Z., Mollica A., Rengasamy K.R.R. & Mahomoodally M.F. (2018). Combination of phenolic profiles, pharmacological properties and in silico studies to provide new insights on *Silene salsuginea* from Turkey. *Computational Biology and Chemistry*, 77 : 178-186.
- Saag L.M.K., Sanderson G.R., Moyna P. & Ramos G. (1975). Cactaceae mucilage composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(7) : 993-1000. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740260710>
- Sadeghi Z., Kuhestani K., Abdollahi V. & Mahmood A. (2014). Ethnopharmacological studies of indigenous medicinal plants of Saravan region, Baluchistan, Iran. *Journal of Ethnopharmacology*, 153 : 111-118.

Références

- Saghir S. (2018). Évaluation de la prise en charge des infections urinaires dans les établissements de santé privés : en médecine générale et en officine à Tanger. Thèse de Doctorat d'État, Université Mohammed V (Rabat, Maroc), 98 p.
- Saharma A., Andrews K., Feglo P.K. (2022). Plasmid-mediated quinolone resistance determinants in clinical bacterial pathogens isolated from the Western Region of Ghana: a cross-sectional study. *Pan African Medical Journal*, 43(1) :1-14.
- Salhi S., Fadli M., Zidane L. & Douira A. (2010). Études floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31 : 133-146.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. (1989). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. 2ème édition, Cold Spring Harbor Laboratory Press, 3 volumes, New York (USA), 1626 p.
- Sami E.K., Roland N.M., Zachari K., Benjamin K.K., Hermann Y.O., Victorien Y., Drissa M.Z., Eliasse Z. & Georges A.O. (2020). Ethnobotanical survey of plants used by traditional healers for treatment of urinary infections in Hauts-Bassins areas of Burkina Faso. *International Journal of Science and Research*, 9 : 1113-1118.
- Sanogo R., Diallo D., Diarra S., Ekoumou C. & Bougoudogo F. (2006). Activité antibactérienne et antalgique de deux recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et la cystite au Mali. *Médecine Africaine Noire*, 21(1) : 18-24.
- Sargin S.A. (2015). Ethnobotanical survey of medicinal plants in Bozyazı district of Mersin, Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, 173 : 105-126.
- Sarra S., Yao C. & Dogbepono S. (2023). État des lieux de la résistance aux antibiotiques en Afrique subsaharienne. *Médecine et Maladies Infectieuses Formation*, 2 : 3-12.
- Scalbert A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 30 : 3875-3883.
- Schappert S.M. & Rechtsteiner E.A. (2011). Ambulatory medical care utilization estimates for 2007. *Vital Health Statistics*, 13 : 1-38.
- Scherrer A.M., Motti R. & Weckerle C.S. (2005). Traditional plant use in the areas of Monte Vesole and Ascea, Cilento National Park (Campania, Southern Italy). *Journal of Ethnopharmacology*, 97(1) : 129-143.

Références

- Schmelzer G.H., Gurib-Fakim A., Arroyo R., Lemmens R.H.M.J. & Helene C. (2008). Plantes médicinales. Fondation Prota, Wageningen (Pays-Bas), 869 p.
- Schwarz S. & Chaslus-Dancla E. (2001). Use of antimicrobials in veterinary medicine and mechanisms of resistance. *Veterinary Research*, 32 : 201-225.
- Sen U. & Bhakat R. (2020). Assessment of psammophytic medicinal plant diversity used among the rural communities in coastal East Midnapore, West Bengal, India. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 26 : 219-247.
- Serragui S., Derraji S., Mahassine F. & Cherrah Y. (2013). Résistance bactérienne : état des lieux au Maroc. *Maroc Médical*, 35(3) : 199-205.
- Shao W. & Li G. (2008). Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials comparing haemorrhoidopexy with conventional haemorrhoidectomy. *British Journal of Surgery*, 95 : 147-160.
- Sher E.K., Džidić-Krivić A., Sesar A., Farhat E.K., Čeliković A., Beća-Zećo M., Pinjic E., Sher F. (2024). Current state and novel outlook on prevention and treatment of rising antibiotic resistance in urinary tract infections. *Pharmacology & Therapeutics*, 108 : 1-17.
- Shi H., Yang Y., Zhou Y., Wang S., Li J. & Huang C. (2015). Epidemiology of CTX-M-type extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing nosocomial *Escherichia coli* infection in China. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 14(1) : 4-5.
- Shields H.J., Traa A. & Van Raamsdonk J.M. (2021). Beneficial and detrimental effects of reactive oxygen species on lifespan. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9: 62-81.
- Silva J.J., Campanharo S.C. & Paschoal J.A. (2021). Ethnoveterinary for food-producing animals and related food safety issues: A comprehensive overview about terpenes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20 : 48-90.
- Silveira D.M.D. (2009). L'infection urinaire au service d'anesthésie-réanimation du CHU Gabriel Touré. Thèse de Doctorat en Médecine, Université de Bamako (Mali), 98p.

Références

- Singleton V.L. & Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 : 144-158.
- Sirot D. (1995). Extended-spectrum plasmid-mediated beta-lactamases. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 36 Suppl A, 36 : 19-34.
- Sissoko T.M. (2006). Infections urinaires à Bamako : aspects épidémiologiques, bactériologiques et cliniques. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, Université de Bamako (Mali), 159 p.
- Sivananthan M. & Elamaran M. (2013). In vitro evaluation of antibacterial activity of chloroform extract of *Andrographis paniculata* leaves and roots, *Durio zibethinus* wood bark and *Psidium guajava* leaves against selected bacterial strains. *Journal of Pharmacy and Phytochemistry*, 3(1): 12-19.
- Skalli S., Hassikou R. & Arahou M. (2019). An ethnobotanical survey of medicinal plants used for diabetes treatment in Rabat, Morocco. *Pharmacognosy Research*, 5(3) : 1-66.
- Smith J., Patel R., Wilson A. (2005). The economic and clinical burden of antibiotic-resistant community-acquired *Escherichia coli* urinary tract infections. *JAC-Antimicrobial Resistance*, Oxford University Press, Oxford, (United Kingdom), 7 : 4.
- Sogoba L. (2021). Surveillance de la sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées dans les prélèvements de pus et d'expectorations de 2016 à 2018 à l'INSP. Thèse de Doctorat Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali, 156 p.
- Somogyi A., Brazille P. & Leclerc C. (2010). Maladies infectieuses : infections bactériennes. 2e édition : Elsevier Masson, Paris (France) : 77-81.
- Soro D., Koné M.W. & Kamanzi K. (2010). Évaluation des activités antimicrobiennes et antiradicaux libres de quelques taxons bioactifs de Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 6(40) : 307-317.

Références

- Souailah I. & Mousaoui Y. (2017). Infection urinaire chez l'enfant. Thèse de Doctorat en Médecine Générale, Faculté de Médecine, Université Abderrahmane Mira (Béjaïa, Algérie), 102 p.
- Sougakoff W., Goussard S. & Courvalin P. (1988). The TEM-3 β -lactamase, which hydrolyzes broad-spectrum cephalosporins, is derived from the TEM-2 penicillinase by two amino acid substitutions. *FEMS Microbiology Letters*, 56(3) : 343-348.
- Souna D. (2015). Étude multicentrique de la résistance aux antibiotiques chez *Enterobacter cloacae*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 161 p.
- Soussy C.-J & Bonnet R. (2013). Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie -Recommandations. Rapport, Société Française de Microbiologie, Paris (France), 120 p.
- Srithi K., Balslev H., Wangpakapattanawong P., Srisanga P. & Trisonthi C. (2009). Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northern Thailand. *Journal of Ethnopharmacology*, 123 : 335-354.
- Strahilevitz J., Jacoby G.A., Hooper D.C. & Robicsek A. (2009). Plasmid-mediated quinolone resistance: a multifaceted threat. *Clinical Microbiology Reviews*, 22(4) : 664-689.
- Sun B., Ricardo-da-Silva J.M. & Spranger I. (1998). Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10) : 4267-4274.
- Tagajdid M.R., Boumhil L., Iken M., Adnaoui M. & Benouda A. (2010). Étude de la résistance des souches d'*Escherichia coli* isolées dans les urines aux fluoroquinolones et aux céphalosporines de troisième génération. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 40(2) : 70-74.
- Tahraoui A., El-Hilaly J.Z., Israili B. & Lyoussi B. (2007). Ethnopharmacological survey of plants used in the traditional treatment of hypertension and diabetes in south-eastern Morocco (Errachidia province). *Journal of Ethnopharmacology*, 110 : 105-117.

Références

- Tardío J. & Pardo S.M. (2008). Cultural importance indices : A comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany*, 62(1) : 24-39.
- Thomas C.M. & Nielsen K.M. (2005). Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria. *Nature Reviews Microbiology*, 3(9) : 601- 711.
- Tijjani H., Zangoma M.H., Mohammed Z.S., Obidola S.M., Egbuna C. & Abdulai S.I. (2020). Polyphenols: classifications, biosynthesis and bioactivities. In : *Functional Foods and Nutraceuticals*: Springer Egbuna C. & Tupas G.D. (Éds), Cham (Suisse): 100-154 .
- Tiouit D. (2009). Les infections urinaires dans l'Algérois : aspects bactériologiques et orientations thérapeutiques. Thèse de Doctorat en Sciences Médicales, Université d'Alger (Algérie), 171 p.
- Tsobou R., Mapongmetsem P.M. & Van D.P. (2016). Medicinal plants used for treating reproductive health care problems in Cameroon, Central Africa. *Economic Botany*, 70(2) : 145-159.
- Tra-Bi F., Brou Y. & Mahé G. (2015). Analyse par télédétection des conditions bioclimatiques de végétation dans la zone de contact forêt-savane de Côte d'Ivoire : cas du « V » Baoulé. *XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 7-10 juillet 2015, Liège (Belgique), pp 78-83.
- Usman K.A., Egigu M.C. & Mahalingam J.S. (2022). Ethnobotanical study on traditional medicinal plants used by Oromo ethnic people of Goro district, Bale zone of Oromia region, Ethiopia. *Ethnobotany Research and Applications*, 24 : 1-21.
- Uysal A., Özer O.Y., Zengin G., Stefanucci A., Mollica A., Picot-Allain C.M.N. & Mahomoodally M.F. (2019). Multifunctional approaches to provide potential pharmacophores for the pharmacy shelf: *Heracleum sphondylium* L. subsp. *ternatum*. *Computational Biology and Chemistry*, 78 : 64-73.
- Van Bambeke F. & Tulkens P. (2008). Pharmacologie et pharmacothérapie anti-infectieuse. Unité de Pharmacologie Cellulaire et Moléculaire, Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain (Belgique), 212 p.

Références

- Vangah-Manda M.O. (1986). Contribution à la connaissance des plantes médicinales utilisées par les ethnies Akans de la région littorale de la Côte-d'Ivoire. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université Nationale d'Abidjan, Abidjan (Côte d'Ivoire), 464 p.
- Veyssière A. (2019). La résistance aux antibiotiques des bactéries les plus communément rencontrées dans les infections communautaires : état des lieux en 2019. Thèse de Pharmacie, Université de Bordeaux (Bordeaux, France), 107 p.
- Villano D., Fernandez-Pachon M.S., Moya M.L., Troncoso A.M. & Garcia-Parrilla M.C. (2007). Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, 71 : 230-235.
- Vishnu C.R., Nisha R., Jamuna S. & Paulsamy S. (2013). Quantification of total phenolics and flavonoids and evaluation of in vitro antioxidant properties of methanolic leaf extract of *Tarenna asiatica* - an endemic medicinal plant species of Maruthamali Hills, Western Ghats, Tamil Nadu. *Journal of Research in Plant Sciences*, 2(2) : 196-204.
- Voeks R.A. (2007). Are women reservoirs of traditional plant knowledge? Gender, ethnobotany and globalization in northeast Brazil. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 28 : 7-20.
- Vorkäufer S. (2011). Les infections urinaires communautaires bactériennes de l'adulte : prise en charge diagnostique et thérapeutique. Thèse de Doctorat en Médecine, Université de Lorraine, Nancy (France), 105 p.
- Vyas N., Tailan M., Gavatia N.P. & Gupta B.K. (2010). Antioxidant potential of *Psidium guajava* Linn. *International Journal of PharmTech Research*, 2: 417-419.
- Wainsten J.-P. (2012). La Larousse Médical. Éditions Larousse, Paris (France), 1344 p.
- Walli R.R., Al-Musrati R.A., Eshtewi H.M. & Sherif F.M. (2015). Criblage de l'activité antimicrobienne des graines de fenugrec. *Pharmacology & Pharmacy International Journal*, 2(4) : 1-4.
- Walsh C. (2003). Antibiotics: actions, origins, resistance. ASM Press, Washington DC (États-Unis), 345 p.

Références

- Wiegand I., Hilpert K., Hancock R.E.W. (2008). Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances, London (Royaume-Uni):. *Nature Protocols*, 3(2) : 163-175.
- WHO (2020). Antibacterial agents in clinical development: An analysis of the antibacterial clinical development pipeline. Rapport technique sur la résistance antimicrobienne, Genève (Suisse), 92 p.
- Wink M. (1998). Chemical ecology of alkaloids. *In : Alkaloids*. Springer, Berlin (Allemagne) : 265-300.
- Woloch C. D. (2018). Bêtalactamines. *In : Pharmacologie des anti-infectieux*. Elsevier Masson, Paris (France): 13-29.
- Woodford N., Reynolds R., Turton J., Scott F., Sinclair A., Williams A. & Livermore D. (2003). Two widely disseminated strains of *Enterococcus faecalis* highly resistant to gentamicin and ciprofloxacin from bacteremia in the UK and Ireland. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 52(4) : 711-714.
- Yakubu M.T. & Quadri A.L. (2012). *Garcinia kola* seeds: Is the aqueous extract a true aphrodisiac in male wistar rats? *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(4) : 530-535.
- Yala D., Merad A.S., Mohamedi D. & Ourkorich M.N. (2001). Classification et mode d'action des antibiotiques. *Médecine du Maghreb*, 91 : 5-12.
- Yao H.A., Yapi A.D., Guessennnd K.N., Kacou-N'Douba A., Gbonon V., Yapi D., Ekaza E., Dosso M & Courvalin P. (2010). Phénotypes de résistance des entérobactéries productrices de β -lactamases à spectre élargi à Abidjan de 2003 à 2004 et approches thérapeutiques. *Revue Bio-Africa*, 8 : 39-45.
- Yapi A., Kassi N., Fofié N. & Zirihi G. (2013). Étude ethnobotanique des Asteraceae médicinales vendues sur les marchés du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 : 2633-2647.

- Ybert E. & De Laage de Meux A. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales - Identification, préparations, soins. Larousse Dorling Kindersley Limited, Londres (UK), 335 p.
- Yoko K., Teruyo I. & Xiao Xue M. (2007). Combination of multiplex PCRs for staphylococcal cassette chromosome mec type assignment: rapid identification system for mec, ccr, and major differences in junkyard regions. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(1) : 264-274.
- Zagaglia C., Ammendolia M.G., Maurizi L., Nicolettes M. & Longhi C. (2022). Urinary tract infections caused by uropathogenic *Escherichia coli* strains: new strategies for an old pathogen. *Microorganisms*, 10(7) : 14-25.
- Zerbo P., Millogo R., Nacoulma O. & Van D. (2011). Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso : cas des Sanan. *Bois et Forêts des Tropiques*, 307 : 41-53.
- Zhakupbekov K., Turgumbayeva A., Akhelova S., Bekmuratova K., Blinova O., Utegenova G. & Karasova Z. (2024). Antimicrobial and other pharmacological properties of *Ocimum basilicum*, Lamiaceae. *Molecules*, 29(2) : 1-388.
- Zhanel G.G., Hisanaga T.L. & Laing N.M. (2006). Antibiotic resistance in *Escherichia coli* outpatient urinary isolates: final results from the North American Urinary Tract Infection Collaborative Alliance (NAUTICA). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 27 : 468-475.
- Zhang M., Ma J., Bi H., Song J., Yang H., Xia Z., Du Y., Gao T. & Wei L. (2017). Characterization and cardioprotective activity of anthocyanins from *Nitraria tangutorum* Bobr. by-products. *Food Function*, 8: 2771-2782.
- Zhang L., Fernandez J., Cheng S. (2024). Economic burden of community-acquired antibiotic-resistant urinary tract infections : systematic review and meta-analysis. *JMIR Public Health and Surveillance*, Oxford, (United Kingdom), 10 : 1-18.
- Zirih G.N., Kra A.K.M. & Guédé-Guina F. (2003). Évaluation de l'activité antifongique de *Microglossa pyrifolia* (Lamarck) O. Kuntze (Asteraceae) « PYMI » sur la croissance in-vitro de *Candida albicans*. *Revue de Médecine et de Pharmacopées Africaines*, 17(3) : 11-19.

Références

- Živković J., Ilić M. & Zdunić G. (2021). Traditional use of medicinal plants in Jablanica district (South-Eastern Serbia): Ethnobotanical survey and comparison with scientific data. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(4) : 1655-1674.
- Zon A.O., Tiétiambou F.R.S., Kabré B., Kouassi K.E. & Ouédraogo A. (2022). Assessment of the conservation status of *Borassus akeassii* Bayt., Ouédr. & Guinko in western Burkina Faso through local communities' perceptions and the species stands structure. *Global Ecology and Conservation*, 39 : 1-22.
- Žukowski P. & Maciejczyk M. (2018). Sources de radicaux libres et de stress oxydatif dans la cavité buccale. *Archives of Oral Biology*, 92 : 8-17.
- Zulaikhah S.T. (2017). The role of antioxidant to prevent free radicals in the body. *Sains Medika Journal*, 8(1) : 39-45.

ANNEXES

Annexe 1: Fiche d'enquête ethobotanique

ENQUÊTE ETNOBOTANIQUE EN CÔTE D'IVOIRE Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Localité.....

I. Informations Générales

1-Sexe : Masculin Féminin

2-Age : 20-30 ans 31-40 ans 41-50 ans 51-60 ans > 60 ans

3-Niveau d'instruction : Aucun niveau Primaire Secondaire Universitaire

4-Situation familiale : Marié Célibataire

5-Groupe ethnique : Baoulé Bété Malinké Yacouba Senoufo Autres

II- Les plantes utilisées dans le traitement des infections urinaires.

1- A quelle médecine avez-vous recours lorsque vous vous sentez malade ?

Médecine traditionnelle Médecine moderne Les deux

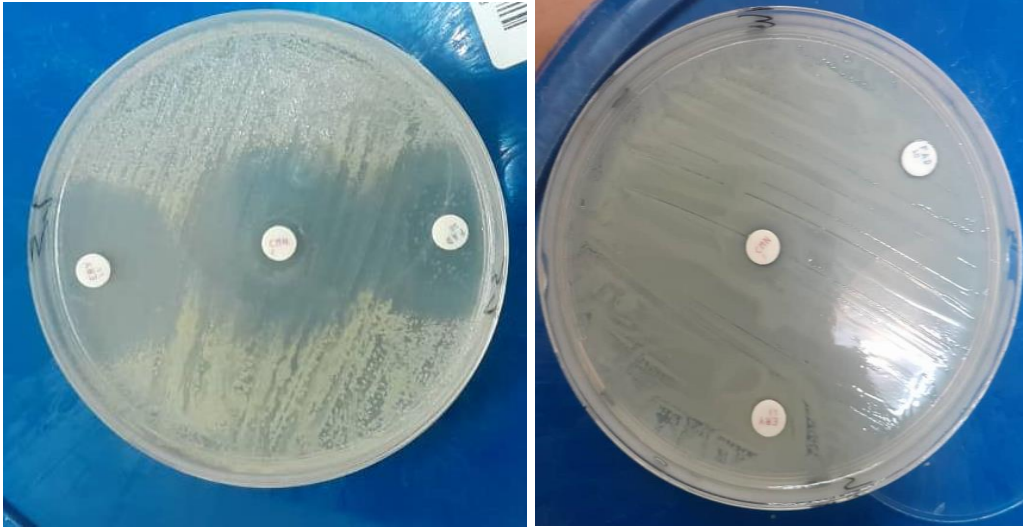
3- Connaissez-vous des plantes qui sont utilisées pour le traitement des infections urinaires ?

Oui Non

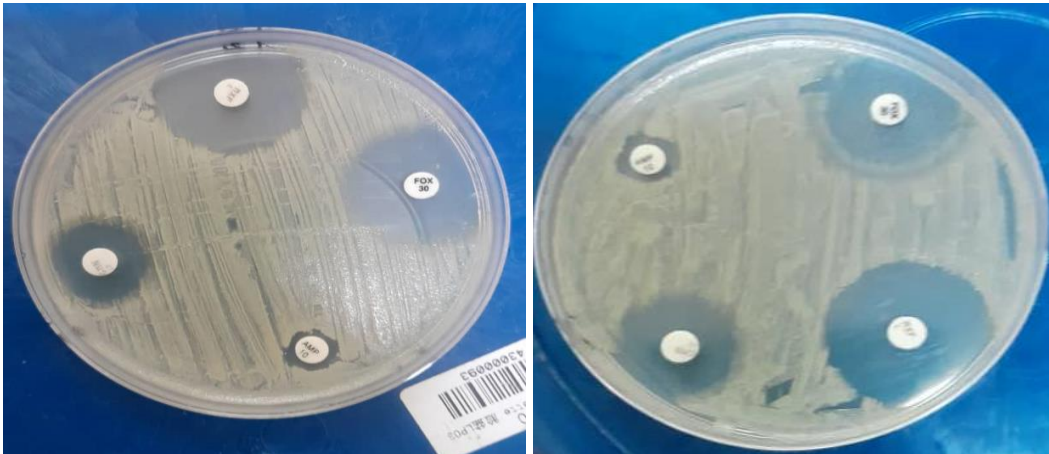
4- Si oui, citez-les et donnez les différentes pathologies (pyélonéphrite, cystite, prostatite et urétrite), la partie utilisée, le mode de préparation, le mode d'administration.

Nom vernaculaire	Nom Scientifique	Pathologie	Partie utilisée	Mode de préparation	Mode d'administration

Annexe 2: Antibiogramme de quelques souches testées



Profil de résistance de *Escherichia coli* aux antibiotiques



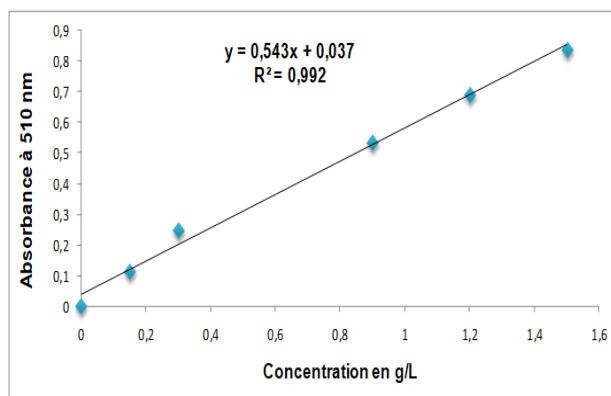
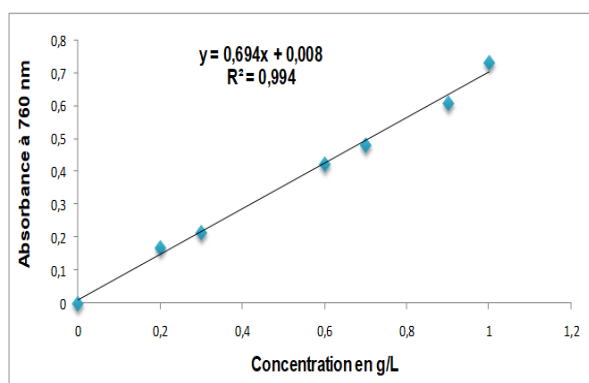
Profil de résistance de *Staphylococcus aureus* aux antibiotiques

Annexes

Annexe 3: Dosages des métabolites secondaires et de ABTS pour l'évaluation de l'activité antioxydante

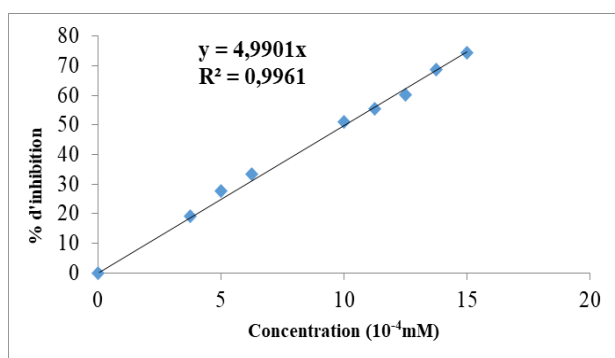


Annexe 4: Courbes d'étalonnages



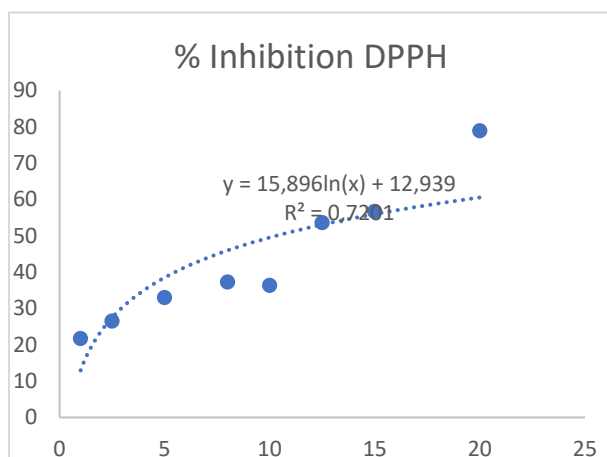
Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Courbe d'étalonnage de la quercétine

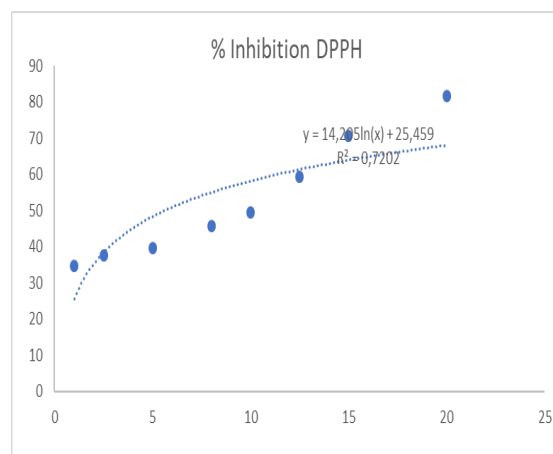


Courbe d'étalonnage du trolox

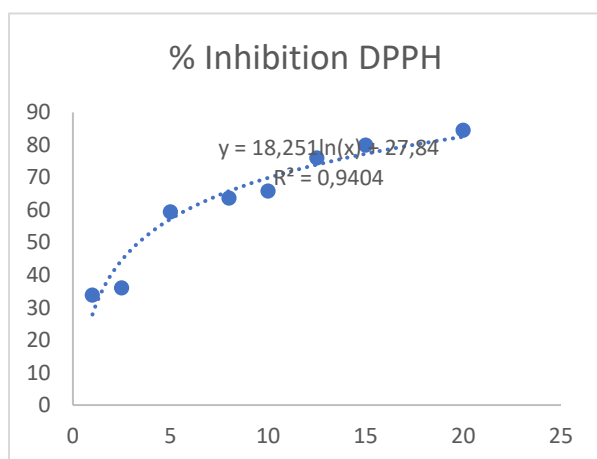
Annexe 5: Activité antioxydante



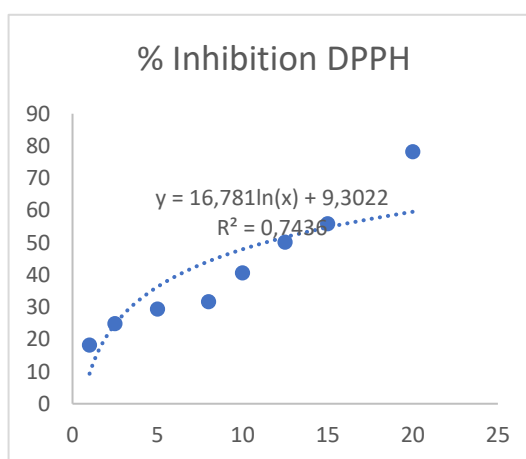
IC50 (Aq)= 10mg/ml



IC50(EE)= 5mg/ml



IC50 (Vitamine C) =4,5mg/ml



IC50 (AC)= 12,5 mg/ml

Annexe 6: Appareils et équipements utilisés



Visualiseur de Gel



Microonde Proline



Incubateur StuartR)



Etuve



Autoclave prestige Médical



Centrifugeuse

Annexes



Bain Mairie



Balance (ADAMR)



Dispositif à électrophorèse

Annexes

Annexe :7

Tableau XVIII : Données ethnobotaniques sur toutes les plantes recensées pour le traitement des infections urinaires

Famille	Références des spécimens	Noms scientifiques (numéro d'espèces)	Noms vernaculaires	Parties Utilisées	Méthodes de Préparation	Voies d'administration	Nombre de citations	Types d'infections urinaires	Fréquence relative de citations	Valeur d'usage	Niveau de fidélité (%)
Liliaceae	(Mahamat <i>et al.</i> , 2024)	<i>Allium sativum</i> L. NKA002	Ail	Bulbe	Décoction, Pétrissage	Orale	2	Cystite	0.005	1	4.6
Anacardiaceae		<i>Mangifera indica</i> L. NKA010	Manguier	Feuille	Décoction	Orale, Anale	1	Cystite, aut res	0.002	1	2.3
Annonaceae		<i>Annona senegalensis</i> Pers. NKA003	Sidjan	Feuille, Racine	Décoction	Orale	10	Pyélonéphrite	0.028	5	23.2
Apiaceae	(Mahamat <i>et al.</i> , 2024)	<i>Daucus carota</i> L. NKA001	Carotte	Tubercule	Décoction	Orale	1	Cystite	0.002	1	2.3
Apocynaceae		<i>Secamone myrtifolia</i> Benth. NKA009	Korosingié	Feuille	Infusion	Orale	1	Cystite, Urétrite	0.002	1	2.3
		<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC. NKA004	Kounankala	Feuille, Racine	Décoction	Orale, Anale	2	Cystite	0.005	2	4.6
Asteraceae		<i>Ageratum conyzoides</i> L. NKA020	N'kokolon	Plante entière	Décoction	Orale	1	Cystite	0.002	1	2.3
Bignoniaceae		<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth. NKA005	Blimo	Feuille	Décoction	Orale	2	Cystite	0.005	1	4.6

Annexes

Caricaceae	(Mohamed et al.,2024)	<i>Carica papaya</i> L. NKA019	Oflè	Feuille, Racine	Décoction	Anale	3	Cystite,Pyélonéphrite, autres	0.008	1.5	6.9
Combretaceae	(Naive et al., 2021)	<i>Terminalia leiocarpa</i> (DC.) Baill NKA007	Krékété	Feuille, Racine, Ecorce	Décoction, Macération		5	Cystite, Pyélonéphrite,	2.5	11.6	0,014
		<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr. NKA018	Wôlô	Racine	Décoction, Infusion	Orale	3	Others Pyélonéphrite	0.008	1.5	6.9
Euphorbiaceae		<i>Alchornea cordifolia</i> Müll. Arg. NKA006	Djéka	Feuille, Racine	Décoction, Infusion	Orale,Anale	6	Cystite,Pyélonéphrite, autres	0.017	3	13.9
	(Balinado & Chan, 2017)	<i>Euphorbia hirta</i> (L) NKA016	Akododo	Plante entière	Décoction	Orale, Anale	2	Cystite,Pyélonéphrite, autres	0.005	1	4.6
		<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst) NKA008	Tomi	Feuille, Racine	Décoction	Orale, Anale	2	Pyélonéphrite, autres	0.005	1	4.6
	(Omoregie EH et al. 2013)	<i>Jatropha curcas</i> L. NKA017	Aploplo	Feuille, Racine	Décoction	Orale, Anale	2	Cystite	0.005	2	4.6
Fabaceae		<i>Peiricopsis laxiflora</i> (Benth.) NKA011	Kolokolo	Racine	Décoction	Orale	3	Cystite	0.008	1	6.9
		<i>Glycine max</i> (L) Merr. NKA021	Soja	Graine	Décoction	Orale	2	Prostatite	0.005	1	4.6
	(Funkè et al. 2023)	<i>Acacia nilotica</i> (L.)Willd.Ex Benth. NKA043	Acacia	Feuille, Racine	Décoction, Infusion	Orale, Anale	1	Pyélonéphrite, autres	0.002	1	2.3

Annexes

		<i>Cassia occidentalis</i> Linn. NKA015	Sangozrè	Feuille, Racine	Décoction, Infusion	Orale, Anale	1	Cystite	0.002	1	2.3
		<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) R.Br NKA022	Nèrè	Feuille, Racine	Décoction	Orale	7	Cystite,Py élonéphrite ,Urétrite,a autres	0.020	2.33	16.2
	(Funkè et al. 2023))	<i>Tetrapleura tetraptera</i> Taub NKA014	4 Cotés	Graine	Décoction	Orale	1	Cystite, autres	0.002	1	2.3
Loganiaceae		<i>Anthocleista nobilis</i> G.Don. NKA013	Wowoliwo	Feuille, Racine, Ecorce	Décoction	Orale,Anal e	35	Cystite, Prostatite, autres	0.100	8.75	81.3
		<i>Strychnos dinklagei</i> Gilg NKA042	Coulé- Coulé	Feuille, Racine	Décoction	Orale	5	Urétrite, autres	0.014	2.5	11.6
Malvaceae		<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R.Br. NKA023	Cola	Feuille	Décoction	Orale	1	Cystite	0.002	1	2.3
Meliaceae	(Funkè et al. 2023)	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.)A.Juss NKA030	Diala	Feuille, Racine, Ecorce	Décoction, Macération	Orale, Anale	27	Cystite,Py élonéphrite	0.077	6.75	62.7
		<i>Khaya grandifoliola</i> C.DC. NKA040	Acajou	Ecorce	Décoction	Anale	1	Cystite	0.002	1	2.3
		<i>Turraea heterophylla</i> Sm. NKA024	Cure-Dent Gouro	Plante entière	Décoction	Orale	5	Cystite,Py élonéphrite , autres	0.014	1.66	11.6
Moraceae		<i>Ficus mucuso</i> Welw. ex Ficalho NKA041	Goman	Feuille	Décoction	Orale	3	Cystite ,Urétrite,a autres	0.008	1.5	6.9
Moringaceae											

Annexes

	Dapar <i>et al.</i> , 2020)	<i>Moringa oleifera</i> Lam NKA025	Moringa	Feuille, Racine, Ecorce	Décoction	Orale	3	Cystite ,Urétrite, autres	0.008	1	6.9
Myrtaceae											
	(Elhassan <i>et al</i> 2019)	<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. NKA039	clou de girofle	Graine	Décoction	Orale	4	yélonéphrite, autres	0.011	2	9.3
Piperaceae											
	(Mohamed <i>et al.</i> 2024)	<i>Piper longum</i> L. NKA026	Poivre long	Graine	Décoction	Orale	5	Cystite	0.014	2.5	11.6
Polygalaceae											
		<i>Carpolobia lutea</i> D.Don NKA027	Ngbémi	Feuille	Décoction, Infusion	Orale, Anale	3	Cystite	0.008	1	6.9
		<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres NKA032	Dioro	Feuille, Racine, Ecorce	Décoction	Orale, Anale	42	Cystite,Py élonéphrite ,Prostatite, autres	0.120	4.2	97.6
Phyllantaceae											
		<i>Antidesma venosum</i> E.Mey. ex Tul. NKA038	Kéri	Feuille, Racine	Décoction	Orale, Anale	8	Pyélonéphrite, autres	0.022	2.6	18.6
	(Dapar <i>et al.</i> , 2020)	<i>Bridelia ferruginea</i> Benth. NKA031	Sagba	Racine	Décoction	Anale	5	Cystite,Py élonéphrite	0.014	2.5	11.6
	Dapar M (2020)	<i>Phyllanthus amarus</i> SchumThonn NKA028	Mille maladies	Plante entière	Décoction, Macération	Orale	4	Cystite, Urétrite, autres	0.011	2	9.3
	(Dapar <i>et al.</i> 2020)	<i>Uapaca togoensis</i> Pax NKA033	Sômon	Feuille, Racine	Décoction, Macération	Orale,Anal e	4	Cystite, autres	0.014	1	9.3
Rubiaceae											
		<i>Sarcocephalus esculentus</i> Afzel. Ex NKA034	Bâti	Feuille, Racine	Décoction, Macération	Orale,Anal e	3	Cystite,Py élonéphrite , autres	0.008	1.5	6.9
Rutaceae											

Annexes

	(Mohamed et al. 2014)	<i>Citrus limon</i> Burn. f. NKA029	Citronnier	Racine	Décoction, Macération	Orale, Anale	10	Cystite,Py élonéphrite ,Prostatite, autres	0.028	2	23.2
Sapindaceae		<i>Citrus sinsensis</i> (L.) NK028	Oranger	Feuille	Décoction	Orale	1	Pyélonéph rite	0.002	1	2.3
Xanthorrhoeaceae		<i>Blighia sapida</i> (K.Koenig) NKA037	Kaa	Feuille	Décoction	Orale	2	Pyélonéph rite	0.005	2	4.6
Zingiberaceae	(Aserne M M et al., 2022)	<i>Aloe vera</i> Linn. NKA036	Aloes	Feuille	Décoction	Orale	3	Cystite, autres	0.008	1.5	6.9
	(Orch et al., 2021)	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe NKA035	Zingembre	Rhizom e	Pétrissage	Orale	2	Cystite	0.005	1	4.6

Tableau XIX : Facteurs de Consensus des Informateurs des différents types d'infections

Catégories de maladies traitées	N _t	N _{ur}	ICF
Cystite	34	194	0.984
Pyélonéphrite	22	146	0.855
Prostatite	4	20	0.842
Urétrite	6	23	0.772

PUBLICATION



Ethnobotanical study of medicinal plants used for the treatment of urinary tract infections in the Haut-Sassandra region (Central-West, Côte d'Ivoire)

Kouamé Abraham N'guessan, Sansan Kambou, N'goran Parfait N'zi, Dého Aristide Gbégbé and Djédoux Maxime Angaman

Correspondence

Kouamé Abraham N'guessan^{1*}, Sansan Kambou¹, N'goran Parfait N'zi¹, Dého Aristide Gbégbé¹ and Djédoux Maxime Angaman¹

¹ Department of Biochemistry-Microbiology, Jean Lorougnon Guédé University, P.O. Box 150 Daloa, Côte d'Ivoire

*Corresponding Author: abrahambeniaz@gmail.com

Ethnobotany Research and Applications 30:25 (2025) - <http://dx.doi.org/10.32859/era.30.25.1-25>

Manuscript received: 23/12/2024 – Revised manuscript received: 24/02/2025 - Published: 27/02/2025

Research

Abstract

Background: In Côte d'Ivoire, urinary tract infections (UTIs) pose a significant public health issue. The rising antibiotic resistance encountered in the treatment of these infections necessitates the search for alternative solutions. This study aims to inventory the medicinal plants used in the treatment of urinary tract infections in the Haut-Sassandra region.

Methods: This is a prospective study where ethnobotanical information was collected using semi-structured interviews and field walks with 349 respondents from October 2022 to January 2023. The study focused on socio-demographic and botanical characteristics.

Results: A total of 43 species belonging to 25 families were documented. The Fabaceae family was dominant (24%). Leaves (37%) and roots (33.8%) were the most preferred parts, as they are believed to contain more secondary metabolites. The most commonly used treatment methods were decoction (71.4%) and oral administration (67.8%). Knowledge of plants was significantly affected by age and ethnic group but not by sex, locality, or education level.

Conclusions: This study cataloged 43 plants and their modes of use in treating urinary tract infections. It helps bridge the information gap on the traditional treatment of urinary tract infections in the Haut-Sassandra region.

Keywords: Bacterial resistance, Fabaceae, Medicinal knowledge, Phytotherapy, prospective study, Public health

Background

Urinary tract infections (UTIs) are among the most prevalent bacterial infections worldwide, affecting various parts of the urinary system in both men and women. Indeed, UTIs are the most frequent infections, with a prevalence of 50 to 60% among adult women (Castillo-Pino & Medina 2019). They are one of the causes of morbidity in the general population and the second most common infectious disease after respiratory infections (Addis *et al.* 2021). In Africa, the prevalence of UTIs is significantly higher in women than in men. For example, in Nigeria, the prevalence of UTIs among women is 42.8%, compared to 10.2% in men (Oladeinde *et al.* 2011). Women are more susceptible due to their anatomical structures, sexual activities, use of certain contraceptive measures, and menopause (Dougnon *et al.* 2020). In Côte d'Ivoire, the prevalence of this infection remains notably high in specific localities, as highlighted by Kamara *et al.* (2017). For instance, in the Haut-Sassandra region, the overall prevalence between 2019 and 2022 was estimated at 16.25% (Gbégbé *et al.*, 2023). These infections are typically managed with antibiotic treatment. However, recent years have seen a notable increase in antibiotic resistance among pathogens responsible for urinary infections (Rakotovao-Ravahatra *et al.* 2017). Globally, antibiotic resistance has now reached alarming levels, particularly with the emergence and spread of new resistance mechanisms, which compromise the ability to treat common infectious diseases (WHO 2021). According to the WHO, if no further action is taken, antimicrobial resistance could kill up to 10 million people per year by 2050. Additionally, the World Bank estimates that antimicrobial resistance could result in economic losses equivalent to 3.8% of the global gross domestic product by 2030, potentially pushing an additional 28 million people into extreme poverty by 2050 (Who 2021). Children up to 12 months old and adults aged 70 and older are more at risk of resistant infections (WHO 2019). In the face of this growing threat, medicinal plants represent a source of new, economically accessible antimicrobial molecules (Sanogo *et al.* 2006). Furthermore, globally, and especially in sub-Saharan Africa, over 80% of the population relies on plants for their medical needs (Jamila, 2018). The African flora is exceptionally rich in medicinal species, many of which are employed to treat urinary tract infections. Notable examples include *Herniaria hirsuta*, *Anastatica hierochuntica*, and *Apium graveolens* (Elhassan *et al.*, 2019). In Côte d'Ivoire, the study of medicinal plants is well-established. For instance, *Cassia occidentalis* is known for its abortifacient, healing, diuretic, febrifuge, laxative, asthma, cataract, jaundice, and kwashiorkor properties (Aké-Assi *et al.*, 1979). Additionally, *Euphorbia hirta* is commonly used to treat urinary tract infections in various regions. However, the role of traditional medicine in the lives of the populations in the Haut-Sassandra region remains underexplored. The people of this region face numerous recurrent diseases, including urinary infections. Due to the high cost of healthcare provided by modern health centers, the population has turned to traditional medicine (Sangaré 2003, Li & Shao 2008, Zihiri 1991). However, the plants used in the treatment of urinary infections are not well documented, highlighting the importance of this study. Therefore, the objective of this study is to inventory the medicinal plants used in the treatment of urinary tract infections in the Haut-Sassandra region.

Materials and Methods

Study area

This study was conducted in the Haut-Sassandra region of west-central Côte d'Ivoire, specifically across four localities: Daloa, Vavoua, Issia, and Gonaté. The Haut-Sassandra region is bordered to the south by the Gôh and Nawa regions, to the west by the Guémon and Tonkpi regions, to the north by the Worodougou and Béré regions, and to the east by the Marahoué region (Koffi-Bikpo and Kra, 2013). It has an area of 17,761 km² (Koffi-Bikpo & Kra 2013) and an estimated population of 1,430,960 inhabitants (INS 2014). The average annual temperature is 26°C, with an average rainfall of about 1,276 mm per year, and it is located at geographical coordinates 7°0' 0"N/6° 34'60"W (Tra-Bi *et al.* 2015). This region comprises six departments, with the Daloa department being bordered to the north by Vavoua, to the south by Issia, to the east by Gonaté, Zuénoula, and Bouaflé, and to the west by Duékoué (Figure 1). The Haut-Sassandra region is the second main cocoa bean production area in Côte d'Ivoire, contributing more than 12% of the national production annually (N'guessan *et al.* 2014).

Ethnobotanical data collection

Between October 2022 and January 2023, a field survey was conducted with herbalists and traditional healers from the four mentioned localities. The study was based on an ethnopharmacological survey using a semi-structured questionnaire (Martin, 2010). Preliminary visits were conducted to establish a rapport with the participants. The interviews were conducted in French or the local language with the assistance of an interpreter when necessary. The questionnaire consisted of two parts: the first focused on the socio-demographic data of the respondents, while the second addressed the medicinal plants used, as well as the types of urinary infections treated. Each herbalist was interviewed individually to ensure the confidentiality of the process. The number of herbalists selected per market was based on this criterion. The markets chosen had at least two herbalists, known for the diversity of their medicinal plants. The surveys were conducted using the medicinal recipe triplet purchasing method (Klotoé *et al.*, 2013). Regarding traditional healers, a list of practitioners in the study area

was obtained from the Ministry of Health. Their selection was based on their local reputation. The study received ethical approval (No. 326-2022 /MESRS/UJLoG /PVURIT/SD/OZE) from the Université Jean Lorougnon Guédé. A total of 349 herbalists and traditional healers from the cities of Daloa, Vavoua, Issia, and Gonaté were interviewed after giving their informed consent. All mentioned plants were collected and identified with the help of botanists from the Université Jean Lorougnon Guédé. Voucher specimens were deposited in the herbarium of the Biology Department of the same university.

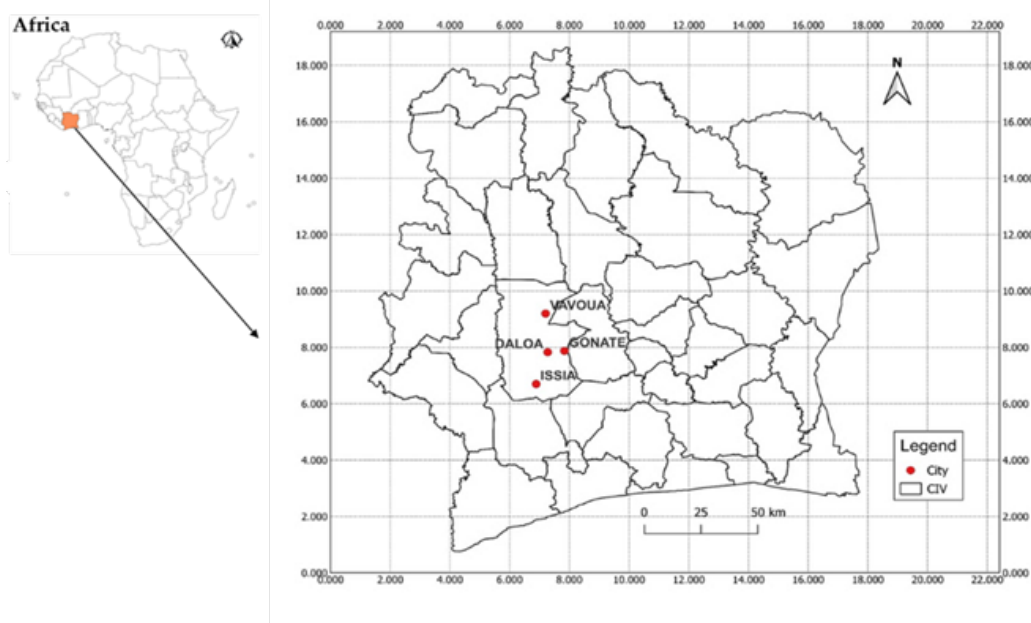


Figure 1. Map showing the location of the study area. CIV: Côte d'Ivoire

Data Analysis

Raw survey data were analyzed using Epi Info software version 7.2.5.0, exported to Excel spreadsheets (Microsoft Office 2021) for further analysis within the R 4.1.2 environment via RStudio. Various R packages such as questionr, gtsummary, ggplot2, and GGally were used to generate contingency tables. Independence tests between variables were conducted using the chi-square test (χ^2), while Pearson's chi-square residuals were calculated to more accurately determine proportions affected by statistically significant differences (Angaman & Boko 2021). A Multiple Correspondence Analysis (MCA) was carried out to identify the socio-demographic factors (locality, gender, ethnic group,) that influence the use of plant species.

Ethnobotanical index Frequency of quotation (FC)

The frequency of quotation thus makes it possible to assess the credibility of the information received and the level of plant knowledge of the population surveyed (Betti 2003). The citation frequency (CF) of a species corresponds to the number of respondents who cited the species.

Relative frequency of citation (RFC)

The relative frequency of citation (RFC) is obtained by dividing the frequency of citation (FC) by the total number of informants in the survey (N=349). The RFC value for medicinal species is based on the percentage of informants citing each species. The RFC value was calculated using the following formula (Tardío & Pardo-de-Santayana 2008): $RFC = FC / N$ with ($0 < RFC < 1$). Species with a highly significant relative frequency of citation are those with a high level of use.

Ethnobotanical use value

The use value of each species or species with use value (UVs) can be calculated according to Albuquerque *et al.* (2006) formula: $UVs = U / N$ where U represents the number of uses in which the species (s) is mentioned and N, the number of informants having mentioned the species (s).

Fidelity Level (FL)

Fidelity Level (FL) is the percentage of informants who mentioned the uses of certain plant species to treat a particular disease in the study area. The FL index is calculated using this formula (Friedman *et al.* 1986): $FL (\%) = N_p / N \times 100$. where N_p is the number of informants who report the use of a plant species to treat a particular disease, and N is the number of informants who use these plants as medicine to treat a given disease.

Informant Consensus Factor (ICF)

This is an index that is often used for medicinal uses of plants. But its use can be extended to other categories of use, which can be subdivided into sub-categories of use. The Informant Consensus Factor (ICF) was derived to seek agreement between informants on the remedies reported for each disease group (Heinrich 2008): $ICF = \frac{TNUQ - TNS}{TNUQ - 1}$. Where TNUQ is the Total Number of Usage Quotes and TNS is the Total number of species. In practice, ICF values close to zero indicate that plants have been randomly selected, or that informants have not shared information about their use. Conversely, ICF values close to 1 suggest the existence of selection criteria or an exchange of information between informants on the use of plant species (Zivkovic *et al.* 2021).

Results**Sociodemographic characteristics of traditional Healers**

The creation of pivot tables provided insights into the respondents (table1). The analysis highlights the knowledge of medicinal plants based on sex, locality, educational level, age, and ethnic group. A significant difference was observed in knowledge based on age (chi-square residual >3) (p-value = 1.663933e-46; X-squared = 220.2407; df :4). It was noted that the proportion of respondents aged between 20 and 30 who did not know medicinal plants was significantly higher than those who did. Specifically, among all the individuals surveyed in this age group, 72.7% did not know the medicinal plants used to treat urinary infections compared to 27.3% who did. Additionally, knowledge based on ethnic group was significant (p-value = 3.597144e-69 ; X-squared = 329.9628 ; df =5). It was revealed that the proportion of Baoulés who knew medicinal plants was significantly higher (85.7%) than those who did not (14.3%). However, this knowledge was not significantly influenced by the gender of the respondents, locality, or educational level (with chi-square residuals between -2 and 2).

Regarding age, these results indicate a knowledge gap between the older and younger generations, as reported in the Tabora region of Tanzania by some authors (Amir & Kacholi 2022) and Kagera (Coll & Kisangau 2007). The present study revealed that herbalists were generally older individuals. This is likely because knowledge of medicinal plants is usually passed down through generations and acquired through extensive experience (Nesrine 2022). Nowadays, many young people focus more on other hobbies and interests, which can lead to a disinterest in traditional medicine. Young people often believe that the income from selling medicinal plants is low, so they prefer to engage in higher-income activities. Consequently, this could lead to a decrease in the transmission of medicinal plant knowledge between generations. The modernization of life encourages younger generations to choose allopathic medicines over natural therapies, which is likely a contributing factor to the loss of knowledge (Sargin 2015). Another study revealed that 77% had acquired knowledge by observing family members (Jaradat *et al.* 2017). The threat of loss of knowledge acquired from generation to generation through transmission between parents and younger generations is not always guaranteed (Anyinam 1995).

These results align with those obtained by other authors. This trend endangers the existence of indigenous knowledge, as it risks being lost after the older generation passes away if not well documented for future generations. This could also lead to the deterioration of traditional allopathic practices (Navaneethan *et al.* 2011). The high level of traditional knowledge among older individuals could be due to the accumulated knowledge from their long years of interaction with their environment (Usman *et al.* 2022). Furthermore, other authors have found in their studies that knowledge of medicinal plants was related to the age of informants. Most adults reported learning about medicinal plants during walks with their parents or grandparents to gather remedies in the forest when they were young. The lack of systematic documentation of medicinal plant knowledge can contribute to the loss of knowledge about medicinal plants, particularly those that are neglected or not prioritized. This situation seems to occur in many regions worldwide (Bussmann & Sharon 2006, Fekadu 2001). Thus, traditional medicine remains the most popular medicine for addressing health issues. Since traditional medical knowledge is transmitted orally through lifestyle, it is important to document and raise awareness of medicinal plant knowledge among younger generations to appreciate their traditional values and to conserve and sustainably use plants as well as maintain the traditional medical knowledge left in their community alive. In Burkina Faso, plant-based medical knowledge is also acquired through lived experiences as users of medicinal plants or by learning from the experiences of others (Skalli *et al.* 2009). Additionally, an ethnobotanical study conducted in eastern Indonesia revealed that 57% of traditional herbalists knew the medicinal plants used to treat urinary infections (Jazy 2017).

Moreover, the high knowledge rate observed among the Baoulés could be explained by the fact that they possess better knowledge of traditional medicine compared to other ethnic groups. Consequently, this knowledge would be transmitted from generation to generation through oral communication in the Haut-Sassandra region. However, elsewhere, interviews with informants revealed that the Hindko (34.12%) and Tanoli (29.41%) ethnic groups had better knowledge of medicinal plants, while the Gujjars and Pushtoons had less knowledge. Other researchers showed in their study in Togo that 39.9% of

traditional herbalists were of the Ewe ethnic group and 33.6% were Ouatchi (Hoekou *et al.* 2016). Elsewhere in Benin, research showed that among the most represented ethnic groups, respondents were Fon (30%), followed by Goun (26.25%) and Yoruba (18.75%) (Funkè *et al.* 2023). These results contrast because the study areas were different. Furthermore, knowledge of traditional medicine did not vary significantly by gender, locality, or education level. This suggests that in the Haut-Sassandra region, herbalists and traditional healers used almost the same plants to treat urinary infections. Men and women had almost equal ethnomedical knowledge. A similar study conducted in the Urambo district of Tanzania by Amir and Kacholi (2022), in Nigeria by Kankara *et al.* (2018), and in Zambia by Chinsembu (2016), revealed that male healers enjoy high trust and dominate the traditional healing sector. Conversely, in many households, Kuria women were the central authority for home-based herbal therapies (Charwi *et al.* 2023). Similar supremacy was also reported among the Bambaras in Mali (Imperato 1981). Moreover, other studies, such as Mkabela and Zabolo (2006), reported women and girls as the primary guardians of indigenous plant knowledge in South Africa. A similar study was conducted by Funkè *et al.* (2023). Indeed, the predominance of women among respondents could be justified by the essential role women play in therapy and nutrition within households as mothers (N'Diaye *et al.* 2003). In Morocco, a study showed that gender, education level, and age are factors that influence the transmission of knowledge about the therapeutic uses of medicinal plants (Elhassan *et al.* 2019). Some researchers found similar results in national ethnobotanical studies (Benkhnigou *et al.* 2014, Tahraoui *et al.* 2007). These results differ from those obtained by these authors.

Regarding localities, plant knowledge (medicinal plants) is homogeneous across the studied region (Haut-Sassandra). Healers in the four localities (Daloa, Vavoua, Issia, and Gonaté) have the same level of knowledge of medicinal plants used to treat UTIs. This could be explained by the fact that healers share common traditional health practices (Herrick 1995). However, Voeks (2007) revealed in his study that traditional knowledge regarding medicinal taxa differed by sex, age, and ethnic origin. These similarities and variations in knowledge are due to ecological (Ladio 2007) and historical (Moerman 1994) factors. Additionally, some authors revealed in their work a negative correlation between the level of education and knowledge of plants (Charwi *et al.* 2023, Girma *et al.* 2022). However, other researchers indicated that knowledge was linked to the level of education. This may be because educated individuals prefer the contemporary healthcare system (Jan *et al.* 2022, Heera *et al.* 2023). Conversely, Funkè *et al.* (2023) revealed in their work that most respondents had a secondary education level (45%). Furthermore, Hélé *et al.* (2014) noted in their study that most respondents had a university level education. Other researchers also observed similar results (Bhatia *et al.* 2014, Jan *et al.* 2021). This contradicts the common belief that selling medicinal plants is a job reserved for poor and illiterate individuals. These results differ here because the study areas were different.

Table 1. Knowledge of medicinal plants according to gender, location, education level and ethnic group

	Knowledge		
	No	Yes	
Women	28.5%	71.5%	Sex
Men	35.5%	64.5%	
Vavoua	25.8%	74.2%	Locality
Issia	22.6%	77.4%	
Gonaté	30.4%	69.6%	
Daloa	33.6%	66.4%	
University	0.0%	100.0%	Study level
Secondary school	30.8%	69.2%	
Primary school	33.3%	66.7%	
Illiterate	30.3%	69.7%	
More than 60	20.0%	80.0%	Age
[51-60]	30.2%	69.8%	
[41-50]	32.2%	67.8%	
[31-40]	26.0%	74.0%	
[20-30]	72.7%	27.3%	
Yacouba	33.3%	66.7%	Ethnicity
Senoufo	35.2%	64.8%	
Malinké	29.1%	70.9%	
Foreigners	41.7%	58.3%	
Bété	23.5%	76.5%	
Baoulé	14.3%	85.7%	
	No	Yes	

Chi2 Residuals

Botanical characteristics

Diversity of medicinal plants used to treat urinary tract infections

As a result of this ethnobotanical survey, 43 plant species were identified, spanning 25 families and 40 genera. This study showed that informants in the Haut-Sassandra region use a wide range of medicinal plants to treat various types of urinary tract infections. The scientific name, vernacular name, part of the plant used, preparation methods, and therapeutic uses of each plant are compiled in Table 2. The most frequently cited plants by respondents were *Securidaca longepedunculata*, *Anthocleista nobilis*, and *Khaya senegalensis*, while other species were less commonly mentioned. The versatility of these plants likely contributes to their widespread use, as they are rich in secondary metabolites that may act against pathogens responsible for urinary tract infections (Lassa et al., 2022). For example, a study in Morocco identified *Herniaria hirsuta* and *Anastatica hierochuntica* as the most cited species for treating these infections (Elhassan et al. 2019). Similarly, other studies have highlighted *Khaya senegalensis* and *Ocimum americanum* (Funkè et al. 2023), *Zea mays* and *Lavandula vera* in Morocco (Hseini et al., 2007), and *Ocimum gratissimum* in another region (Koudokpon et al. 2017). Additionally, *Salvia fruticosa* and *Matricaria chamomilla* have been noted in the treatment of urinary infections (Jaradat et al. 2016). Another study carried out in N'Djamena showed that the main plants used to treat urinary tract infections were *Ziziphus spina-christi* with a rate of 50%, *Cassia obovata* with a rate of 16.67% and *Euphorbia hirta* with a rate of 15% (mahamat et al. 2024). Several of the species mentioned here have been the subject of pharmacological trials against urinary tract infections. This could reinforce their use in the treatment of this pathology. These variations in findings are likely due to differences in study areas and local medicinal practices.

Relative Frequency of Citations (RFC) and Ethnobotanical Use Value (EUV)

Securidaca longepedunculata Fres has the highest RFC and VU values (table 2). It is therefore the plant most widely used by the populations interviewed. This could be explained by the fact that this species is very well known (Aké et al. 2015). The low RFC AND UV values could be explained by the fact that these species are less used in traditional medicine. Informants often mention the best-known and most effective uses of medicinal plants. The high EUV value of each plant indicates its significant importance in the in the traditional practices of the population studied, thus designating it as the most being the most recommended, used and known by the population, which may reflect the recognition of its medicinal properties.

Fidelity Level (FL)

The fidelity level (FL) value is an important way of determining for which condition a particular species is more effective, it may suggest that a specific species is used to treat a particular disease (Ahmad et al. 2018). In the present study, LF values ranged from 2.3% to 97.6% (Table 2). The results show that *Securidaca longepedunculata* Fres has the highest level of fidelity. The first thing that follows from a high FL value is that the plant in question is widely recognized and used within the population studied to treat urinary tract infections. High values also reflect the community's confidence in a particular plant to treat these problems, based on empirical knowledge handed down from generation to generation, allowing it to be considered effective, safe or appropriate. This explains the high FL values for urinary problems, particularly cystitis. This information means that informants in this region tended to use one specific species to treat a given disease rather than several diseases. Plant species with the highest FL values indicate good healing potential against a specific disease mentioned (Asnake et al. 2016). In addition, plants with low LF values should not be abandoned instead of being pointed out to future generations that they could increase the risk of knowledge being phased out (Chaudhary et al. 2006).

Table 2. Ethnobotanical data on all plants recorded for the treatment of urinary tract infections

Family	Voucher specimens references	Scientific names (Vouchers no)	Vernacular name	Part used	Preparation method	Route of administration	Number of citations	Types of urinary infections	Relative frequency of quotations	Use value	Fidelity level (%)
Liliaceae	(Mohamed et al.2014)	<i>Allium sativum</i> L. NKA002	Ail	Bub	Decoction, Kneading	Oral	2	Cystitis	0.005	1	4.6
Anacardiaceae	(Ross 1999)	<i>Mangifera indica</i> L. NKA010	Manguier	Leaf	Decoction	Oral, Anal	1	Cystitis, Others	0.002	1	2.3
Annonaceae	(Emmanuel et al. 2024)	<i>Annona senegalensis</i> Pers. NKA003	Sidjan	Leaf, Root	Decoction	Oral	10	Pyelonephritis	0.028	5	23.2
Apiaceae	(Mohamed et al.2014)	<i>Daucus carota</i> L. NKA001	Carotte	Tuber	Decoction	Oral	1	Cystitis	0.002	1	2.3
Apocynaceae		<i>Secamone myrtifolia</i> Benth. NKA009	Korosingié	Leaf	Infusion	Oral	1	Cystitis, Urethritis	0.002	1	2.3
		<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC. NKA004	Kounankala	Leaf, Root	Decoction	Oral, Anal	2	Cystitis	0.005	2	4.6
Asteraceae		<i>Ageratum conyzoides</i> L. NKA020	N'kokolon	Whole	Decoction	Oral	1	Cystitis	0.002	1	2.3
Bignoniaceae		<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth. NKA005	Blimo	Leaf	Decoction	Oral	2	Cystitis	0.005	1	4.6

Caricaceae	Naive, M.A.K. (2021) (Naive <i>et al.</i> 2021)	<i>Carica papaya</i> L. NKA019	Ofè	Leaf, Root	Decoction	Anal	3	Cystitis, Pyelonephritis, Others	0.008	1.5	6.9
Combretaceae	(Monila <i>et al.</i> 2017)	<i>Terminalia leiocarpa</i> (DC.) Baill NKA007	Krékété	Leaf, Root, Bark	Decoction, Maceration		5	Cystitis, 0.014 Pyelonephritis, Others	2.5	11.6	
		<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr. NKA018	wôlô	Root	Decoction, Infusion	Oral	3	Pyelonephritis, Others	0.008	1.5	6.9
Euphorbiaceae	(Siwe-Noundo <i>et al.</i> 2019)	<i>Alchornea cordifolia</i> Müll. Arg. NKA006	Djéka	Leaf, Root	Decoction, Infusion	Oral, Anal	6	Cystitis, Pyelonephritis, Others	0.017	3	13.9
	Balinado, L.O. (2017) (Balinado and Chan, 2017)	<i>Euphorbia hirta</i> (L) NKA016	Akododo	Whole	Decoction	Oral, Anal	2	Cystitis, Pyelonephritis, Others	0.005	1	4.6
		<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst) NKA008	Tomi	Leaf, Root	Decoction	Oral, Anal	2	Pyelonephritis, Others	0.005	1	4.6
	(Omoregie EH <i>et al.</i> 2013)	<i>Jatropha curcas</i> L. NKA017	Aploplo	Leaf, Root	Decoction	Oral, Anal	2	Cystitis	0.005	2	4.6
Fabaceae		<i>Peiricopsis laxiflora</i> (Benth.) NKA011	Kolokolo	Root	Decoction	Oral	3	Cystitis	0.008	1	6.9

		<i>Glycine max</i> (L) Merr. NKA021	Soja	Seed	Decoction	Oral	2	Prostatitis	0.005	1	4.6
	Eldeen <i>et al.</i> 2015) (Funkè <i>et al.</i> 2023)	<i>Acacia nilotica</i> (L.)Willd.Ex Benth. NKA043	Acacia	Leaf,Root	Decoction, Infusion	Oral, Anal	1	Pyelonephritis, Others	0.002	1	2.3
		<i>Cassia occidentalis</i> Linn. NKA015	Sangozrè	Leaf, Root	Decoction, Infusion	Oral, Anal	1	Cystitis	0.002	1	2.3
		<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) R.Br NKA022	Nèrè	Leaf, Root	Décoction	Oral	7	Cystitis,Pyelonephritis, Urethritis, Others	0.020	2.33	16.2
	(Funkè <i>et al.</i> 2023))	<i>Tetrapleura tetraptera</i> Taub NKA014	4 Cotés	Seed	Decoction	Oral	1	Cystitis, Others	0.002	1	2.3
Loganiaceae		<i>Anthocleista nobilis</i> G.Don. NKA013	Wô	Leaf, Root, Bark	Decoction	Oral,Anal	35	Cystitis, Prostatitis, Others	0.100	8.75	81.3
		<i>Strychnos dinklagei</i> Gilg NKA042	Coulé-Coulé	Leaf, Root	Decoction	Oral	5	Urethritis, Others	0.014	2.5	11.6
Malvaceae		<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R.Br. NKA023	Cola	Leaf	Decoction	Oral	1	Cystitis	0.002	1	2.3
Meliaceae	(Funkè <i>et al.</i> 2023)	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.)A.Juss NKA030	Diala	Leaf, Root, Bark	Decoction, Maceration	Oral, Anal	27	Cystitis,Pyelonephritis	0.077	6.75	62.7
		<i>Khaya grandifoliola</i> C.DC. NKA040	Acajou	Bark	Decoction	Anal	1	Cystitis	0.002	1	2.3

Moraceae		<i>Turraea heterophylla</i> Sm. NKA024	Cure-Dent Gouro	Whole	Decoction	Oral	5	Cystitis, Pyelonephritis, Others	0.014	1.66	11.6
Moringaceae		<i>Ficus mucosa</i> Welw. ex Ficalho NKA041	Goman	Leaf	Decoction	Oral	3	Cystitis, Urethritis, Others	0.008	1.5	6.9
	Lopez Z F (2019) (Lopez and Solis 2019)	<i>Moringa oleifera</i> Lam NKA025	Moringa	Leaf, Root, Bark	Decoction	Oral	3	Cystitis, Urethritis, Others	0.008	1	6.9
Myrtaceae	(Elhassan et al 2019)	<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. NKA039	clou de girofle	Seed	Decoction	Oral	4	Pyelonephritis, Others	0.011	2	9.3
Piperaceae	(Mohamed et al. 2024)	<i>Piper longum</i> L. NKA026	Poivre long	Seed	Decoction	Oral	5	Cystitis	0.014	2.5	11.6
Polygalaceae		<i>Carpolobia lutea</i> D.Don NKA027	Ngbémi	Leaf	Decoction, Infusion	Oral, Anal	3	Cystitis	0.008	1	6.9
		<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres NKA032	Dioro	Leaf, Root, Bark	Decoction	Oral, Anal	42	Cystitis, Pyelonephritis, Prostatitis, Others	0.120	4.2	97.6
Phyllanthaceae		<i>Antidesma venosum</i> E.Mey. ex Tul. NKA038	Kéri	Leaf, Root	Decoction	Oral, Anal	8	Pyelonephritis, Others	0.022	2.6	18.6
	(Phénix et al. 2021)	<i>Bridelia ferruginea</i> Benth. NKA031	Sagba	Root	Decoction	Anal	5	Cystitis, Pyelonephritis	0.014	2.5	11.6

	Dapar M (2020) (Dapar <i>et al.</i> 2020)	<i>Phyllanthus amarus</i> SchumThonn NKA028	Mille maladies	Whole	Decoction, Maceration	Oral	4	Cystitis, Urethritis, Others	0.011	2	9.3
Rubiaceae		<i>Uapaca togoensis</i> Pax NKA033	Sômon	Leaf, Root	Decoction, Maceration	Oral,Anal	4	Cystitis, Others	0.014	1	9.3
		<i>Sarcocephalus esculentus</i> Afzel. Ex NKA034	Bâti	Leaf, Root	Decoction, Maceration	Oral,Anal	3	Cystitis, Pyelonephritis, Others	0.008	1.5	6.9
Rutaceae	(Mohamed <i>et al.</i> 2014)	<i>Citrus limon</i> Burn. f. NKA029	Citronnier	Root	Decoction, Maceration	Oral, Anal	10	Cystitis, Pyelonephritis, Prostatitis, Others	0.028	2	23.2
		<i>Citrus sinsensis</i> (L.) NK028	Oranger	Leaf	Decoction	Oral	1	Pyelonephritis	0.002	1	2.3
Sapindaceae		<i>Blighia sapida</i> (K.Koenig) NKA037	Kaa	Leaf	Decoction	Oral	2	Pyelonephritis	0.005	2	4.6
Xanthorrhoeaceae	(Aserne M M <i>et al.</i> 2022)	<i>Aloe vera</i> Linn. NKA036	Aloes	Leaf	Decoction	Oral	3	Cystitis, Others	0.008	1.5	6.9
Zingiberaceae	Olowa, L. (2015) (Olowa and Demayo 2015)	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe NKA035	Zingembre	Rhizome	Kneading	Oral	2	Cystitis	0.005	1	4.6

Relationships between plants, humans, and their environment

A Multiple Correspondence Analysis (MCA) was conducted to better understand the use of medicinal flora in the Haut-Sassandra region. This method provides a comprehensive graphical representation of the relationships between variables related to the traditional use of indigenous medicinal species and their different modalities. It also identifies associations between species (individuals) and connects groups of species with specific variables and their modalities. Factorial designs in MCA allow, through the simultaneous projection of modalities and individuals, the evaluation of similarities between individuals and the identification of distinct profiles (Palm 2007).

The MCA, applied to analyze the relationships between ethnobotanical indices (RFC, UV, and FL) and factors such as gender, ethnicity, locality, and plants used, reveals that the first factorial plane is formed by axes 1 and 2 (Figure 2). Together, these axes explain 9.8% of the total variance, with the first axis contributing 5% and the second 4.8%.

The horizontal axis (Dim1) primarily differentiates plant species and ethnic categories. For instance, certain plants (*Ks*, *Alc*, *Sl*) are positioned on one side, while others (*Pb*, *Av*) appear on the opposite side. The vertical axis (Dim2) contrasts specific plants with UV and FL indices. Modalities such as UV_2.6 and FL_18.6 are located towards the upper part of the graph, whereas others (*Alc*, *Sénoufo*, *PeI*) are closer to the center. Additionally, two closely positioned and well-represented variables exhibit a positive correlation, while opposing variables indicate a negative correlation. Orthogonality between two variables suggests the absence of linear correlation (Bilodeau & Faye 2009).

In the upper left quadrant, the modalities *Av* (plant), FL_18.6, and UV_2.6 are associated with specific individuals (numbered in red), indicating a higher frequency of use of this plant among them. In the lower left quadrant, *Ks*, FL_62.7, and UV_6.75 appear to be linked to another subset of individuals, likely reflecting a specific preference for this plant. The central area contains modalities such as Daloa, Malinké, Female, and Issia, suggesting that these categories are prevalent but do not necessarily provide a strong discriminatory factor among groups. On the right side, modalities like TII, PI, Sénoufo, and Th form an associated cluster, indicating a potential link between these elements.

The association between Sénoufo and Th suggests that individuals from the Sénoufo ethnic group utilize Th more frequently than other plants. This aligns with previous findings indicating a diverse range of traditional medicinal applications for Th. Despite the growing interest in this plant, it remains a wild-harvested species, emphasizing the need for its domestication to support economic development. Existing pharmacological data (Masunda et al., 2020) highlight its potential as a raw material for the formulation of new medicinal products.

Moreover, the grouping of Malinké, Female, Issia, and Daloa indicates shared characteristics in responses. This phenomenon can be attributed to socio-cultural mixing driven by social mobility, where diverse ethnic groups increasingly exchange traditional knowledge, values, and rituals (Lougbeignon et al., 2015). Consequently, knowledge related to medicinal plant use appears to be evenly distributed across ethnic communities (Ngbolua 2020).

Additionally, the similarity between *Alc* and *PEL* suggests that these plants are used in comparable contexts, possibly due to their availability in the region (Zon et al. 2022) or similar therapeutic properties. The differentiation of FL and UV indices further indicates that the perceived importance of medicinal plants varies significantly. This observation reinforces the idea that each individual holds a distinct perception regarding the utilization and significance of the studied plant species.

Floristic analysis

The analysis of information collected during this ethnobotanical study also enriched the regional floristic data of Haut-Sassandra. A total of forty-three medicinal plants belonging to twenty-cinq families were documented in the four localities studied for the management of urinary infections (Figure 3). The Fabaceae family was dominant, with 24% of medicinal plants documented, followed by Euphorbiaceae and Phyllantaceae (16% each), then Meliaceae (12%) and Combretaceae, Rutaceae and Apocynaceae and Polygalaceae (8% each). Finally, the remaining seventeen families were represented by a single species each (4% each) (Figure 2). The high proportion of Fabaceae could be explained by their significant representation in the flora of Haut-Sassandra due to ecological factors that favor the development and adaptation of many species in this family. Thus, the predominance of Fabaceae in this survey aligns with the assertion that the more common a plant taxon is in an area, the greater its likelihood of popular use. A similar documentary study shows that the Fabaceae family is the most abundant in the East Midnapore district (31 species) and Purba Medinipur of West Bengal (21 species) (Bhakat & Sen 2020). This also indicates that healers use a diversity of medicinal plants to treat UTIs. These results are consistent with those obtained by these authors but differ from those obtained by Erasto et al. (2005) in South Africa and

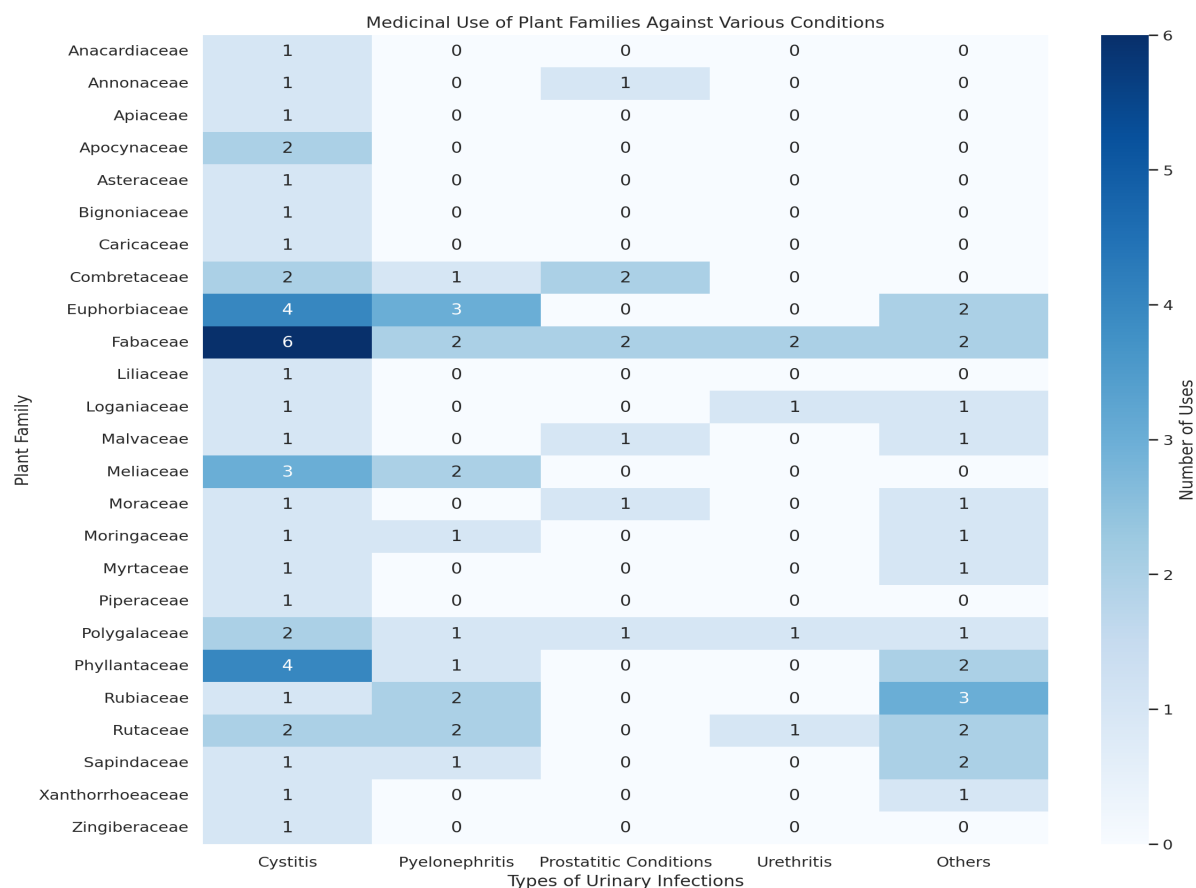


Figure 3. Medicinal use of plant families against various conditions.

Informant Consensus Factor (ICF)

Overall, the results show that the category with the highest level of informant agreement (ICF) was cystitis (0.965). The ICF results showed that diseases common in the Haut-Sassandra region had the highest consensus of agreement among informants (values between 0.772 and 0.984), (Table 3). These high GSI values indicated reasonable informant reliability on the use of plant species (Lin *et al.* 2002). Informant consensus values also indicated that informants shared knowledge of medicinal plants, the most important for treating the diseases most frequently encountered in the study area. And given that this index represents a coefficient of cultural importance for locally known species it is possible to conclude that these results reflect a homogeneity of information between the different people interviewed. High ICF values indicate reasonable reliability of informants and consistency of their knowledge regarding the use of plant species to treat a category of diseases (Orch *et al.* 2021). The low value of the ICF suggests that there is a lower degree of consensus on the use of a certain medicinal plant to treat a particular disease category.

Table 3.

Disease categories treated	TNS	TNUQ	ICF
Cystitis	34	194	0.984
Pyelonephritis	22	146	0.855
Prostatitis	4	20	0.842
Urethritis	6	23	0.772

TNS : Total Number of Species, TNUQ : Total Number of Usage Quotes

Parts used

The survey revealed that leaves are the most commonly cited plant part for treating urinary tract infections, accounting for 37%, followed closely by roots at 33.8%. Other plant organs were less frequently mentioned (Figure 4). These results corroborate those found by Effeo *et al.* (2020), Ladoh-Yemeda *et al.* (2016), Gbekley *et al.* (2015), and Koudouvo *et al.* (2011),

who also found that leaves were the most used plant parts. Other authors noted that most respondents (83%) used leaves (Khalumba *et al.* 2005). Ethnobotanical studies by Lakouéténé *et al.* (2009) and Zerbo *et al.* (2011) showed that leaves were the most commonly used parts in various therapeutic preparations, with respective proportions of 67% and 41%. Sami *et al.* (2020) revealed that leaves and roots were the most cited parts, with proportions of 40% and 32%, respectively.

There might be concerns about the excessive use of medicinal plant leaves, but studies by Poffenberger *et al.* (1992) showed that harvesting 50% of a tree's leaves does not significantly affect its survival. Additionally, Coll and Giday (2003) and Srithi *et al.* (2009) found that leaf harvesting was generally more sustainable for most plants than harvesting underground parts. Thus, the dominance of leaves is mainly due to their accessibility and their role in photosynthesis, which makes them prime sites for the accumulation of active principles (Mukaila *et al.*, 2023). The frequent use of leaves can be attributed to their abundance of various types of metabolites (Ullah *et al.* 2021). Moreover, leaves are produced in large quantities and are easy to collect (Ahmad *et al.*, 2021). Therefore, using leaves is sustainable and safe for plant life from a conservation perspective (Jan *et al.* 2020). The ease of collection, accessibility, and variety of biochemical substances contribute to the use of whole plants in phytotherapy (Hassan *et al.* 2020).

Leaves have been widely used in the preparation of medicinal plants due to the presence of active secondary metabolites (Bano *et al.* 2014, Ghorbani 2005). Leaves are also useful in preparing various herbal products in many communities worldwide (Ahmad *et al.* 2017). Leaves are the most common and preferred components in medical preparations due to their ease of handling and stability (Rodrigues *et al.* 2020). Additionally, leaves are the main photosynthetic organs of plants and are considered natural pharmacies for synthesizing many active principles that are pharmacologically more effective against certain diseases (Passalacqua *et al.* 2007). The use of leaves could be linked to their role as the site of photosynthesis and preferential accumulation sites for active substances (Ragunathan *et al.* 2009). Leaf exploitation is beneficial for plant survival (Sadeghi *et al.* 2014). According to Chamouleau (1979), leaves are the most used because they are the site of photochemical and metabolic reactions and reservoirs of organic matter derived from them. Several previous ethnobotanical studies have shown that seeds and leaves are the most used parts in preparing various herbal remedies (Barkaoui *et al.* 2017, Eddouks *et al.* 2017). However, harvesting plant roots poses a threat to species sustainability (Ragunathan *et al.*, 2009).

The study also revealed that roots are the second most used part for treating urinary tract infections. As in previous studies, roots were frequently used in the second position after leaves (Ragunathan *et al.* 2009, Scherrer *et al.* 2005). Roots are known to be rich in bioactive compounds (Alebie *et al.* 2017). They are preferred after leaves because they are rich in terpenes (Silva *et al.* 2021). Roots serve as storage sites for various secondary metabolites with diverse therapeutic properties due to their underground position, which favors the preservation of active substances from other plant parts (Bashige *et al.* 2020, Dongock *et al.* 2018, Houmenou *et al.* 2017). However, their removal affects the plant's nutrient supply, impacting its vegetative aspect and physiology. Harvesting plant roots or bark can have more detrimental ecological consequences than harvesting leaves (Dongock *et al.* 2018). These results are close to those of N'guessan *et al.* (2009), indicating 51.22% leaf use in their studies. However, these results are very different from those of Yapi (2013) regarding the percentage of roots (10%). Furthermore, bark harvesting often leaves large scars through which plants are later attacked by fungi, birds, and infesting caterpillars. Uprooting, branch cutting, bark harvesting, and felling are dangerous methods for the plant (Ouattara 2006).

Methods of preparation and routes of administration of recipes

The study identified four preparation methods for recipes, with decoction being the most predominant (71.4%), followed by maceration (14.3%), infusion (10.7%), and kneading (3.7%), (figure 5). These recipes are administered orally and anally, with oral administration being predominant (67.8%) compared to anal administration (32.2%). All four preparation methods are administered orally, with decoction being the most predominant (78.4%), followed by maceration (11.8%), infusion (9.8%), and kneading (3.9%). However, for anal administration, three preparation methods were used, with decoction again being the most predominant (66.6%), followed by maceration and infusion (16.6% each).

According to literature, infusion and decoction are the most commonly used methods to prepare medicinal plants. This survey also revealed the same finding. These results are consistent with those obtained in the Elkantara region (Khanfer 2019). This technique allows the extraction of active principles in water (Ladoh-Yemeda 2016). Thus, the population of Haut-Sassandra mainly uses decoction as a preparation method for medicinal recipes to treat urinary tract infections. These results are in agreement with those obtained by Dongock *et al.* (2018), who showed that decoction was the most used method with a rate of 62%. According to Lahsissène *et al.* (2010), the interest in using decoction lies in its ability to increase body temperature. Salhi *et al.* (2010) stated that decoction is the best preparation method to maximize the active ingredients of

medicinal plants, allowing for the collection of the most active principles and mitigating or nullifying the toxic effects of some recipes. The best use of a plant is the one that preserves all its properties while allowing for the extraction and assimilation of active principles (Dextreit 1984). Similarly, ethnobotanical studies conducted in the Blouberg region of South Africa (Mathibela *et al.* 2019), Burkina Faso (Kam *et al.* 2018), and the city of Shiraz in Iran (Bahmani *et al.* 2016) reported decoction as the most dominant technique in preparing remedies for urinary tract infections. This traditional practice is widespread because the local population believes it is suitable for body warming and disinfecting the plant (Koman *et al.* 2019, Ngbolua *et al.* 2016).

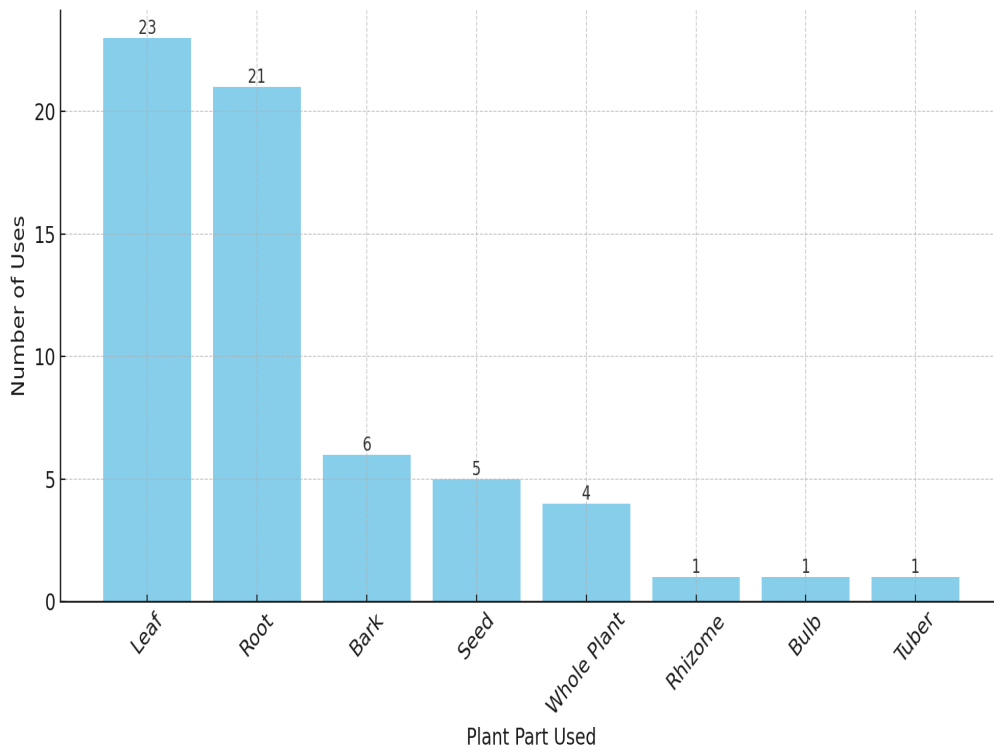


Figure 4. Number of uses by plant part.

Medicinal plants can have adverse effects when used without precaution by patients. Therefore, gentle medicine must be practiced carefully and within well-defined parameters and measures (Benlamdini *et al.* 2014). Water is the best and most widespread solvent for extracting the most active principles (Koman *et al.* 2019).

The routes of administration were mainly oral, as most respondents revealed that oral administration was the most practiced by informants to treat urinary infections. These results are compatible with those obtained in an ethnobotanical study by El Hafian *et al.* (2014) in Morocco. This can be explained partly by the ease of this method and partly by the fact that the disease affects deep organs. To reach these organs, any compound must pass through the digestive system to facilitate its assimilation. These results align with those of N'Guessan *et al.* (2009), who indicated that drinking accounted for 46.98% and Bla *et al.* (2015) 57.69%. They stated that ingesting bio-active principle-containing decoctions via oral administration involves a much faster and more effective metabolic process than other techniques. Traditional healers explained that by drinking the decoction, the probability of neutralizing the parasite is higher, and it would be eliminated through urine. Studies conducted elsewhere by Kam *et al.* (2018), Nisa *et al.* (2021), and Elhassan *et al.* (2019) also reported that oral administration was the only method for administering drugs to treat urinary infections. According to Bi *et al.* (2008), this method helps molecules to be absorbed more effectively. Chakale *et al.* (2021) indicated that the oral route is preferred over topical because it allows rapid and efficient distribution and interaction of drugs with the target site inside the body. Phytotherapy is a reasoned and thoughtful use of medicinal plants, requiring the most effective preparation method to ensure the preservation of all properties while allowing for the extraction and assimilation of active principles (Benlamdini *et al.* 2014, Rhattas *et al.* 2016). This study highlights the common knowledge of plant species used to treat urinary tract infections.

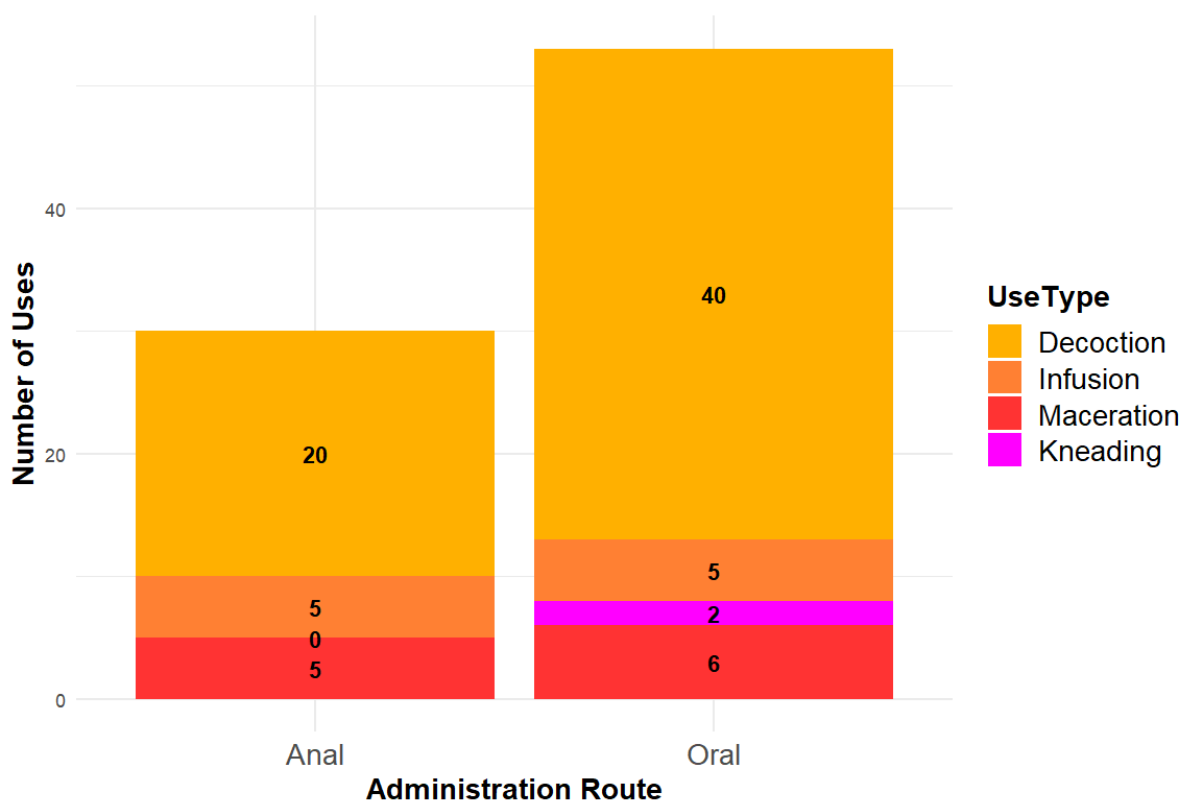


Figure 5. Number of uses by administration route and preparation method.

Conclusion

The study conducted in the four localities of the Haut-Sassandra region identified forty-three species. Some species and families were more frequently cited than others, as were the plant parts used. Most of the recipes from these plant species were prepared using leaves. The most commonly adopted preparation method was decoction, et almost all products were administered orally. The diversity of recipes and plant parts used, along with the various preparation and administration methods, indicate that traditional healers in these regions have extensive knowledge of plants used to treat urinary infections. The results obtained provide a database for future research related to phytochemistry and pharmacobiology. For better valorization and conservation of this medicinal heritage, effective collaborations should be established between traditional health practitioners and scientific actors.

Declarations

List of abbreviations: MP - Medicinal Plants; UTI - Urinary Tract Infections; p.c - percentage

Ethics approval and consent to participate: All informants involved provided their prior informed consent before the interviews.

Consent for publication: Oral consent from respondents and local authorities was obtained

Availability of data and materials: Voucher specimens have been deposited in the herbarium of the Biology Department, Jean Lorougnon Guédé University, Daloa, Côte d'Ivoire. The rest of the details are available within this article.

Competing interests: The authors declare no competing interests.

Funding: No funding was received for this research

Author contributions: DMA and KNA conceptualized and designed the overall strategy of the study. KNA conducted fieldwork and collected plant materials for identification. KNA, SK, NPN, DAG and DMA processed, interpreted the surveyed data, drafted the manuscript, and All authors read, reviewed, and approved the final manuscript for publication consideration.

Acknowledgements

The authors thank the authorities for permitting this study in their administrative areas. Gratitude is also extended to the enthusiastic informants who participated and shared their knowledge. Special thanks to the anonymous reviewers for their thorough review and valuable suggestions for this work.

Literature cited

- Addis T, Mekonnen Y, Ayenew Z, Fentaw S, Biazin H. 2021. Bacterial uropathogens and burden of antimicrobial resistance pattern in urine specimens referred to Ethiopian Public Health Institute. PLOS ONE 16(11): 1-14.
- Ahmad K, Ahmad M, Weckerle CS. 2021. Ethnobotanical studies of the eastern plains of Takht-e-Sulaiman hills. Pakistan Journal of Botany 45(S1):197-205.
- Ahmad M, Khan MP, Mukhtar A, Zafar M, Sultana S, Jahan S. 2016. Ethnopharmacological survey on medicinal plants used in herbal drinks among the traditional communities of Pakistan. Journal of Ethnopharmacology 184 :154-186.
- Aké-Assi E. 2015. Plantes à potentialité décorative de la flore du sud de la Côte d'Ivoire : études taxinomiques, ethnobotanique et essai de domestication de *Thunbergia atacorensis* (Acanthaceae), une espèce nouvellement introduite. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Spécialité Ethnobotanique, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique.
- Aké A, Adjanohoun E. 1979. Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Centre National de Floristique, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- Alebie G, Urga B, Worku A. 2017. Systematic review on traditional medicinal plants used for the treatment of malaria in Ethiopia: Trends and perspectives. Malaria Journal 16(307):1-13.
- Anyinam C. 1995. Écologie et ethnomédecine : exploration des liens entre la crise environnementale actuelle et les pratiques médicales autochtones. Social Science & Medecine 40 : 321-329.
- Arsene MJ, Podoprigrora, Viktorovna, Goriainov V, Sergei, Fadi H Yashina N, yacheslavovna Y, Zhigunova A, Vladimirovna, Vasilyeva E, Aleksandrovna, Senyagin A, Nikolayevich, Nadezhda S. 2022. Analyse phytochimique, activités antibactériennes et antibiofilm de l'extrait aqueux d'*Aloe vera* contre certaines bactéries Gram-négatives résistantes impliquées dans les infections des voies ur University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia inaires. Fermentation 8: 1-17.
- Asnake S, Teklehaymanot T, Hymete A, Erko B, Giday M. 2016. Survey of medicinal plants used to treat malaria by Sidama People of Boricha District, Sidama Zone, South Region of Ethiopia. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 1: 1-9.
- Bahmani M, Baharvand-Ahmadi B, Tajeddini P, Rafieian-Kopaei M, Naghdi N. 2016. Identification of medicinal plants for the treatment of kidney and urinary stones. Journal of Renal Injury Prevention 5: 129-133.
- Bakrou, Emmanuel O, Doro, Koudoro, Yaya A, Bogninou, Sophie R G. 2024. Criblage phytochimique et évaluation des activités antiradicalaires et antimicrobiennes des feuilles d'*Annona senegalensis* et de *Detarium microcarpum* utilisées au Bénin pour traiter les infections urinaires.
- Balinado L, Chan M. 2017. An ethnomedicinal study of plants and traditional health care practices in District 7, Cavite, Philippines. In International Conference on Chemical, Agricultural, Biological and Medical Sciences : 131-141.
- Bano A, Ahmad M, Hadda TB, Saboor A, Sultana S, Zafar M, Khan MP, Arshad M, Ashraf MA. 2014. Quantitative ethnomedicinal study of plants used in the skardu valley athigh altitude of Karakoram-Himalayan range, Pakistan. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 10(1): 1-8.
- Barkaoui M, Katiri A, Boubaker H, Msanda F. 2017. Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes in Chtouka Ait Baha and Tiznit (Western Anti-Atlas), Morocco. Journal of ethnopharmacology 198: 338-350.
- Bashige CV, Alombong AG, Kamwimba MA, Bakari AS, Okusa NP. 2020. Ethnobotanical study of medicinal plants used in the treatment of sexual dysfunctions in traditional medicine in Kampemba Lubumbashi, DR Congo. World Journal of Advanced Research and Reviews 7(3): 16-28.

- Benkhignie O, Zidane L, Fadli MH, Elyacoubi A, Rochdi, Douira. 2010. Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Botanica Barcinonensia* 53: 191-216.
- Benlamdini N, Elhafian M, Rochdi A, Zidane L. 2014. Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haute Moulouya, Maroc. *Journal of Applied Biosciences* 78: 6771-6787.
- Betti J L. 2003. Plantes utilisées pour soigner le paludisme dans la réserve de Dja au Cameroun. *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines* 17: 121-130.
- Bhatia H, Sharma YP, Manhas RK, Kumar K. 2014. Ethnomedicinal plants used by the villagers of district Udhampur, JK, India. *Journal of ethnopharmacology* 151: 1005-1018.
- Bla K, Trébissou J, Bidié A, ASSI Y, Zirihi G, Djaman A. 2015. Étude ethnopharmacologique des plantes antipaludiques utilisées chez les Baoulé- N'Gban de Toumodi dans le Centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 85: 7775-7783.
- Bi F, Irie M, N'Gaman K, Mahou C. 2008. Study of some therapeutic plants used to treat arterial hypertension and diabetes: Two emergent diseases in Côte d'Ivoire. *Sciences Nature* 5: 39-48.
- Bilodeau M, Lafaye M P. 2009. A-dependence statistics for mutual and serial independence of categorical variables. *Journal of Statistical Planning and Inference* 139(7): 2407-2419.
- Chamouleau A. 1979. Les usages externes de la phytothérapie. Ed. Maloine SA, Paris.
- Chakale MV, Mwanza M, Aremu AO. 2021. Ethnoveterinary knowledge and biological evaluation of plants used for mitigating cattle diseases: A critical insight into the trends and patterns in South Africa. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 1-19.
- Charwi MZ, Mogha NG, Muluwa JK, Bostoen K. 2023. Indigenous knowledge and use of medicinal plants among the Kuria communities in the Tarime and Serengeti Districts of Mara Region, Tanzania. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 29(3): 288-307.
- Chaudhary N I, Schnapp A, Park J E. 2006. Pharmacologic differentiation of inflammation and fibrosis in the rat bleomycin model. *American journal of respiratory and critical care medicine* 173(7): 769-776.
- Chinsemu KC. 2016. Ethnobotanical study of medicinal flora utilised by traditional healers in the management of sexually transmitted infections in Sesheke District, Western Province, Zambia. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26: 268-274.
- Dapar MLG, Demayo CG, Meve U, Liede-Schuman S, Alejandro GJD. 2020. Molecular confirmation, constituents and cytotoxicity evaluation of two medicinal Piper species used by the Manobo tribe of Agusan del Sur, Philippines. *Phytochemistry Letters* 36: 24-31.
- Dextreit R. 1984. La cure végétale, Toutes les plantes pour se guérir, Vivre en harmonie, 3ème Ed, Moulins, France.
- Dongock D, Bonyo A, Mapongmestem P, Bayegone E. 2018. Etude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Science* 12: 203-216.
- Dougnon V, Assogba P, Koudokpon H, Ayena C, Vissoh S, Akpaka G, Klotoe JR, Baba-Moussa L, Bankole H, Koudouvo K, *et al.* 2020. Treatment of urinary tract infections with medicinal plants: Monographs of some plant's species revealed by traditherapists. *Infectious Diseases and Herbal Medicine* 1: 16-29.
- Eddouks M, Ajebli M, Hebi M. 2017. Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in Daraa-Tafilalet region (Province of Errachidia), Morocco. *Journal of ethnopharmacology* 198: 1-16.
- Effoe S, Gbekley EH, Mélila M, Aban A, Tchacondo T, Osseyi E, Karou DS, Kokou K. 2020. Étude ethnobotanique des plantes alimentaires utilisées en médecine traditionnelle dans la région Maritime du Togo. *International Journal Biology. Chem. Sciences* 14: 2837-2853.
- El hafian M, Benlamdini N, Elyacoubi H, Zidane L, Rochdi A. 2014. Étude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales utilisées au niveau de la préfecture d'Agadir-Ida-Outanane. Maroc. *Journal of Applied Biosciences* 80: 1-16.
- Elhassan I, Fouad M, Khalil C. 2019. Ethnobotanical survey of medicinal plants used in treatment of kidney stones in Tarfaya province (Morocco). *International Journal of Innovation and Applied Studies* 26: 711-719.

- Erasto P, Adebola PO, Grierson DS, Afolayan AJ. 2005. An ethnobotanical study of plants used for the treatment of diabetes in the Eastern Cape Province, South Africa. *African Journal of Biotechnology* 4: 1458-1460.
- Etuk E, Bello SO, Isezuo SA, Mohammed B. 2010. Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus in the north western region of Nigeria. *Asian Journal of Experimental Biological Science* 1: 55-59.
- Gbégbé D A, N'zi N P, Monthaut S, Allé A P, Angaman D M. 2023. Prévalence et écologie microbienne des infections des voies urinaires au CHR de Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* 192: 1-12.
- Gbekley HE, Karou SD, Gnoula C, Agbodeka K, Anani K, Tchacondo T, Agbonon A, Batawila K, Simpore J. 2015. Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région Maritime du Togo. *Pan African Medical Journal* 20: 1-16.
- Ghorbani A. 2005. Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran:(Part1): General results. *Journal of Ethnopharmacology* 102: 58-68.
- Giday M, AsfawZ, Elmqvist T, Woldu Z. 2003. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the Zay people in Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology* 85: 1-20.
- Girma Z, Abdela G, Awas T. 2022. Ethnobotanical study of medicinal plant species in Nensebo District, south-eastern Ethiopia. *Ethnobotany Research and Applications* 24: 1-25.
- Fekadu F. 2001. *Ethiopian Traditional Medicine: Common Medicinal Plants in Perspective*. Sioux City, Iowa, USA.
- Friedman J, Yaniv Z., Dafni A, Palewitch D. 1986. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *Journal of ethnopharmacology* 16(3): 275-287.
- Funkè F A, Gautier R, Machioud M S, Durand D, Rachidatou K, Farid B, Brice D, 3 Nicodème W C, Lamine B, Haziz S. 2023. Insight the Medicinal Plants Used to Treat Urinary Tract Infections in Benin. *Asian Journal Biological of Sciences* 16: 438-445.
- Heeran, Akhtar N, Khalid S, Jan HA, Gul S, Ali A. 2023. Ethnoveterinary study of the medicinal plants of Khar, Dheri, Julagram, Tari, and Totakan Villages of Tehsil Batkhela, Malakand, Northern Pakistan. *Ethnobotany Research and Applications* 25: 1-19.
- Heinrich M. 2008. Ethnopharmacy and natural product research-Multidisciplinary opportunities for research in the metabolomic age. *Phytochemistry letters* 1(1): 1-5.
- Hele B, Metowogo K, Mouzou A P, Tossou R, Ahouou J. 2014. Ethnobotanical investigation into plants used in the traditional treatment of muscle contusions in Togo. *Revery. Ivoir Sciences. Technology* 24: 112-130.
- Hseini S, Kahouadji A. 2007. Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat Maroc occidental. *Lazaroa* 28: 79-92.
- Herrick JW. 1995. *Iroquois Medical Botany*. Syracuse University Press, New York.
- Hoekou YP, Tchacondo T, Karou SD, Koudouvo K, Atakpama W, Pissang P, Gbogbo AK, Woegan AY, Batawila K, Akpagana K. 2016. Ethnobotanical Study of Latex Plants in the Maritime Region of Togo. *Pharmacognosy Research* 8: 128-134.
- Houmenou V, Adjatin A, Tossou MG, Yedomonhan H, Dansi A, Gbenou J, Akoegninou A. 2017. Etude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité féminine dans les départements de l'Ouémé et du plateau au Sud Bénin. *International Journal Biology Chemical Sciences* 11: 1851-1871.
- Hutchings A, Scott AH, Lewis G, Cunningham A. 1996. *Zulu Medicinal Plants An Inventory* University of Natal Press, Pietermaritzburg, South Africa 12(4): 112-121.
- Ian C, Nothando M, Sandy V. 2021. A Review of Plant-Based Therapies for the Treatment of Urinary Tract Infections in Traditional Southern African Medicine. *Evidence-Based Complementary et alternative Medicine* 2021: 1-20.
- Imperato PJ. 1981. The role of women in traditional healing among the Bambara of Mali. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 106: 1-7.

INS. 2014. Données socio-démographiques et économiques des localités. Institut National de la Statistique : Résultats définitifs par localité : Région du Haut-Sassandra. Recensement général de la population et de l'habitat.

Jamila H S. 2018. Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés acyles de ces molécules par voie enzymatique. Thèse de Doctorat, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Lorraine (France).

Hammad J, Abidin SZU, Bhatti MZ, Ahmad L, Alghamdi AK, Alkreathy HM. 2022. Medicinal Plants and Related Ethnomedicinal Knowledge in the Communities of Khadukhel Tehsil, Buner District, Pakistan. Sustainability 14(20): 1-37.

Jan HA, Ahmad L, Bussmann RW, Jan S, Wali S, Haq SM, Romman M. 2021. Medicinal plants used for veterinary diseases by the local inhabitants of the Teshil Tangi, District Charsadda, Pakistan. Indian Journal of Traditional Knowledge 20(4): 990-1001.

Jaradat N, Ayeshe O, Anderson C. 2016. Ethnopharmacological Survey about Medicinal Plants Utilized by Herbalists and Traditional Practitioner Healers for Treatments of Diarrhea in the West Bank/ Palestine. Journal of Ethnopharmacology 17: 1-19.

Jazy, M.A. 2017. Enquête Ethnobotanique Auprès Des Tradipraticiens De Santé Des Régions De Niamey Et Tillabéri Au Niger. European Scientific Journal 13 : 276-304.

Albuquerque UP, Lucena RFP, Monteiro JM, Florentino ATN. 2006. Evaluating two quantitative ethnobotanical techniques. Ethnobotany Research Applications 4 : 51-60.

Kacholi DS, Amir HM. 2022. Ethnobotanical survey of medicinal plants used by traditional healers in managing gonorrhoea and syphilis in Urambo District, Tabora Region, Tanzania. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants 28: 179-192.

Kam SE, Meda RN-T, Kabre Z, Koama BK, Ouoba HY, Yameogo V, Zon DM, Zongo E, Ouedraogo GA. 2018. Ethnobotanical survey of plants used by traditional healers for treatment of urinary infections in Hauts-Bassins Areas of Burkina Faso. International Journal of Science and Research 9 : 1113-1118.

Kamara I, Packo S C, Yao N A, N'dathz C, Gbadi D, Tadibé D O, Bognini S, Kouassi K G, Sanogo I, Edoh V 2017. Profil des infections urinaires bactériennes chez les drépanocytaires au service d'Hématologie du CHU de Treichville Abidjan, Côte d'Ivoire. Série D 3(2): 41-44.

Kankara SS, Isah AB, Bello A, Ahmed A, Lawal U. 2018. Medicinal plants used for the management of hepatic ailments in Katsina State, Nigeria. Journal of Medicinal Plants Research 12: 375-386.

Khalumba ML, Mbugua PK, Kungu JB. 2005. Uses and conservation of some highland species of the genus *Sansevieria* Thunb. in Kenya. African Crop Science Conference Proceedings 7: 527-532.

Khenfer S. 2019. Etude ethnobotanique de quelques plantes médicinales spontanées dans la région d'EL Kantara et l'activité antibactérienne de : *Thymus hirtus* sp *algeriensis*. Mémoire de master. Université Mohamed Khider de Biskra.

Klotoé JR, Dougnon TV, Koudouvo K, Atègbo JM, Loko F, Akoègninou A, Aklikokou K, Dramane K, Gbeassor M. 2013. Ethnopharmacological survey on antihemorrhagic medicinal plants in South of Benin. European Journal of Medicinal Plants 3: 40-51.

Koffi-bikpo C, Kra K. 2013. La région du haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement 2: 95-103.

Koman SR, Kpan WB, Yao K, Ouattara D. 2019. Plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'infertilité féminine dans le département de Dabakala (Côte d'Ivoire) 42(1): 7086-7099.

Koudokpon H, Dougnon T, Bankolé H, Fah L, Hounmanou Y, Baba-Moussa L, Loko F. 2017. Enquête Ethnobotanique sur les Plantes Utilisées dans le Traitement des Infections au Sud-Bénin. Health Sciences. Diseases 18: 1-9.

Koudouvo K, Karou DS, Kokou K, Essien K, Aklikokou K, Glitho IA, Simpore, J, Sanogo R, De Souza C, Gbeassor M. 2011. An ethnobotanical study of antimalarial plants in Togo Maritime Region. Journal of Ethnopharmacology 134(1): 183-190.

Kisangau DP, Lyaruu HV, Hosea KM, Joseph CC. 2007. Use of traditional medicines in the management of HIV/AIDS opportunistic infections in Tanzania: a case in the Bukoba rural district. Journal of Ethnobiology & Ethnomedicine 3: 1-8.

- Ladio A, Lozada M, Weigandt M. 2007. Comparison of traditional wild plant knowledge between aboriginal communities inhabiting arid and forest environments in Patagonia, Argentina. *Journal Arid Environ* 69: 695-715.
- Ladoh-Yemeda C.F, Vandi T, Dibong D, Mpondo E.D, Wansi *et al.* 2016. Ethnobotanical study of medicinal plants sold in the markets of the City of Douala, Cameroon. *Journal. Applications. Biosciences* 99: 9450-9466.
- Lakouéténé D, Ndolngar G, Berké B, Moyen J, Kosh K, Zinga I, Silla S, Millogo R, Vincendeau P, Syssa-Magalé J, Nacoulma-Ouedraogo O, Laganier R, Badoc A, Chèze C. 2009. Enquête ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du paludisme à Bangui. *Bulletin de la Société Pharmaceutique de Bordeaux* 148: 123-38.
- Lahsissène H, Kouadji A, Tijane M, Hseini S. 2010. Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaer Maroc Occidental- Lejeunia. *Journal of Forestry Faculty* 186 :1-30.
- Lin J, Puckree T, Mvelase T P. 2002. Anti-diarrhoeal evaluation of some medicinal plants used by Zulu traditional healers. *Journal of Ethnopharmacology* 79(1): 53-56.
- Lougbegnon OT, Nassi KM, Gbesso GHF. 2015. Ethno-botanique quantitative de l'usage de *Chrysophyllum albidum* G. Don par les populations locales au Bénin. *Journal Application Bioscience* 95: 9028-9038.
- Mahamat A, Djibrine S, Alio H, Tadjadine A, IssaE, Adam I, Arada A, Abouna B, Bum E. 2024. Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées pour le traitement des infections urinaires à N'Djamena (Tchad). *American Journal of Plant Sciences* 15(1) : 46-55.
- Masunda AT, Inkoto LC, Masengo CA, Bolisomi BS, Kanza B, Legbiye EK, Ngbolua KN, Mpiana PT. 2020. Traditional uses, Physical properties, Phytochemistry and Bioactivity of *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae): A Mini-review. *Discovery Phytomedicine* 7: 19-26.
- Mathibela MK, Potgieter MJ, Tshikalange TE. 2019. Medicinal plants used to manage sexually transmitted infections by Bapedi traditional health practitioners in the Blouberg area, South Africa. *South African Journal of Botany* 122: 385-390.
- Martin GJ. 2010. *Ethnobotany a methods manual* Routledge London Sterling, VA.
- Medina M, Castillo-PE. 2019. An introduction to the epidemiology and burden of urinary tract infections. *Therapeutic Advances in Urology* 11: 1-5.
- Moerman D E. 1994. North American food and drug plants In N. Etkin (Ed.) *Eating on the Wild Side the Pharmacologic. Ecologic and Social Implications of Using Noncultigens*. University of Arizona Press, Tucson.
- Mohamed G, Lahcen Z, Allal D. 2014. La phytothérapie et les infections urinaires (La pyélonéphrite et la cystite) au Sahara Marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal & Plant Sciences* 20(3) : 1-23.
- Mukaila YO, Oladipo OT, Arogundade OO, Ajao AA-N. 2023. Traditional knowledge of medicinal plants used in Ile-Ife, Southwestern Nigeria. *Asian Journal of Ethnobiology* 5 : 71-83.
- Nacoulama B. 2012. Dynamique et stratégie de conservation de la végétation et de la phytodiversité du complexe écologique du parc National du W du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou.
- Naive MAK, Binag SD, Alejandro GJD. 2021. Plantes aux bienfaits : Plantes ethnomédicinales utilisées par la tribu Talaandig à Portulin, Pangantucan, Bukidnon, Philippines. *Journal indien des savoirs traditionnels* 20 (3) : 754-766.
- Navaneethan P, Nautiyal S, Kalaivani T, Rajasekaran C. 2011. Cross-cultural ethnobotany and conservation of medicinal and aromatic plants in the Nilgiris, Western Ghats: A case study. *Medicinal Plants-International Journal of Phytomedicines and Related Industries* 3(1): 27- 45.
- N'Diaye M, Kéita FB, Martin P. 2003. Main harvested fruits consumed and marketed in Guinea. *Fruits* 58: 99-116.
- Ngbolua KN. 2020. *Ethnobotanique quantitative : Approches méthodologiques pour l'évaluation et la valorisation du savoir endogène en régions tropicales*. Éditions Universitaires Européennes, Riga : Latvia.
- Nesrine B, Rajaa R, Sakina N. 2022. Ethnobotanical study and inventory of medicinal plants used in the treatment of dermatological diseases in the town of Ain Temouchent. *Journal. Applications. Biosciences* 170: 17704-17719.

- Ngbolua KN, Mihigo SO, Liyongo CI, Ashande MC, Tshibangu DST, Zoawe BG, Baholy R, Fatiany PR, Mpiana PT. 2016. Ethnobotanical survey of plant species used in traditional medicine in Kinshasa city (Democratic Republic of the Congo). *Tropical Plant Research* 3: 413-427.
- N'Guessan A, N'Guessan K, Kouassi K, Kouamé N, N'Guessan P. 2014. Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 83: 1-6.
- N'Guessan K., Tra B, Koné M. 2009. Étude ethnopharmacologique des plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte d'Ivoire). *Ethnopharmacologia* 44: 42-50.
- Oladeinde B, MSc, MSc, Aims A, Omoregie R, MPhil, MPhil, Fiml F, Olley M, MSc, Anunibe J. 2011. Urinary tract infection in a rural community of Nigeria. *North American Journal of Medical Sciences* 3: 75-77.
- Olowa L, Demayo C G. 2015. Ethnobotanical Uses of Medicinal Plants among the Muslim Maranaos in Iligan City, Mindanao, Philippines. *Advances in Environmental Biology* 9(27) : 204-215.
- Orch H, Chaachouay N, Douiri E, Faiz N, Zidane L, Douira A. 2021. Use of medicinal plants in dermato-cosmetology: An ethnobotanical study among the population of Izaréne. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences* 14 (3): 323-340.
- Ouattara D. 2006. Contribution à l'inventaire des plantes médicinales significatives utilisées dans la région de Divo (sud forestier de la Côte-d'Ivoire) et à la diagnose du poivrier de Guinée : *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae). Thèse de doctorat de l'université de Cocody-Abidjan (Côte-d'Ivoire).
- Omorieg, EH, Folashade KO. 2013. Activité antimicrobienne à large spectre d'extraits de *Jatropha curcas*. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences* 3 (4) : 83-87.
- OMS. 2021. Résistance aux antibiotiques. Principaux faits. En ligne sur www.who.int/fr/news-room/factsheets/detail/antibiotic-resistance.
- OMS. 2019. Résistance aux antimicrobiens. Bureau régional du pacifique occidental, Soixante-dixième session Manille (Philippines).
- Palm R. 2007. L'analyse des correspondances multiples : principes et application. *Notes de Statistique et d'Informatique*.
- Passalacqua NG, Guarrera PM, De Fine G. 2007. Contribution to the knowledge of the folk plant medicine in Calabria region (Southern Italy). *Fitoterapia* 78: 52-68.
- Poffenberger M, Gean B, Khare A, Campbell J. 1992. Field method manuel, Volume II. Community forest economy and use patterns: Participatory Rural Appraisal (P.R.A.) Methods in south Gujarat, India. Society for promotion of Wasteland development, New Dehli (Inde) 2: 16-57.
- Ragunathan M, Solomon M. 2009. The study of spiritual remedies in orthodox rural churches and traditional medicinal practice in Gondar Zuria district. *Northwestern Ethiopia Pharmacognosy J*, 1:178–183. 40. Rashid A, Swati MF, Sher H, Al-Yemeni MN: Phytoecological valuation with detail floristic appraisal of the vegetation around Malam Jabba, Swat, Pakistan. *Asian Pacific Journal Tropic Biomed* 1: 461-467.
- Ragunathan M, Abay S.M. 2009. Ethnomedicinal survey of folk drugs used in Bahirdar Zuria District, Northwestern Ethiopia. *Indian Journal Traditional Knowledge* 8: 281-284.
- Rhattas R, douira, Zidane I. 2016. Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane (Rif occidental du Maroc). *Journal of Applied Biosciences* 97: 9187-9211.
- Rodrigues E, Cassas F, Conde BE, DaCruz C, Barretto EH, DosSantos G, Figueira GM, Passero LF, DosSantos MA, Gomes MA. 2020. Participatory ethnobotany and conservation: a methodological case study conducted with quilombola communities in Brazil's Atlantic Forest. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 16: 1-12.
- Sadeghi Z, Kuhestani K, Abdollahi V, Mahmood A. 2014. Ethnopharmacological studies of indigenous medicinal plants of Saravan region, Baluchistan, Iran. *Journal Ethnopharmacol* 153: 111-118.
- Shahadat, Hossan. 2010. Additional use of medicinal plants in Bangladesh to treat urinary tract infections and sexually transmitted diseases.

- Salhi S, Fadli M, Zidane L, Douira A. 2010. Études floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra Hviid, (Maroc). *Lazaroa*, 31: 133-146.
- Sami E.K, Roland N.M, Zachari K, Benjamin K. K, Hermann Y.O, Victorien Y, Drissa M Z, Eliasse Z, Georges A.O. 2020. Ethnobotanical Survey of Plants used by Traditional Healers for Treatment of Urinary Infections in Hauts-Bassins Areas of Burkina Faso. *International Journal of Science and Research* 9: 1113-1118.
- Sanogo R, Diallo D, Diarra S, Ekoumou C, Bougoudogo F. 2006. Activité antibactérienne et antalgique de deux recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et la cystite au Mali. *Médecine Africaine Noire* 21(1): 18-24.
- Sargin SA. 2015. Ethnobotanical survey of medicinal plants in Bozyazı district of Mersin, Turkey. *Journal of Ethnopharmacology* 173: 105-126.
- Scherrer AM, Motti R, Weckerle CS. 2005. Traditional plant use in the areas of Monte Vesoleand Ascea, Cilento National Park (Campania, Southern Italy). *Journal Ethnopharm* 97(1): 129-143.
- Sen U, Bhakat R. 2020. Assessment of psammophytic medicinal plant diversity used among the rural communities in coastal East Midnapore, West Bengal, India. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 26: 219-247.
- Shao W, Li G. 2008. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials comparing stapled haemorrhoidopexy with conventional haemorrhoidectomy. *The British Journal of Surgery* 95: 147-160.
- Skalli S, Hassikou R, Arahou M. 2019. An ethnobotanical survey of medicinal plants used for diabetes treatment in Rabat, Morocco.
- Srithi K, Balslev H, Wangpakattanawong P, Srisanga P, Trisonthi C. 2009. Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northern Thailand. *Journal of Ethnopharmacology* 123: 335-34.
- Silva JJ, Campanharo SC, Paschoal JA. 2021. Ethnoveterinary for food-producing animals and related food safety issues: A comprehensive overview about terpenes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20: 48-90.
- Siwe N X, Krause, RWM, Van Vuuren SF, Antoh T N, Olivier D.K., 2014. Activité antibactérienne des racines, des tiges et des feuilles d'*Alchornea cordifolia*. *Journal Ethnopharmacol.* 151: 1023-1027.
- Zirihi G, N'guessan K, Etien D, Grellier P. 2010. Ethnopharmacological study of plants used to treat malaria, in traditional medicine, by Bete Populations of Issia (Côte d'Ivoire). *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 2: 216-227.
- Tahraoui A, El-Hilaly, JZ, Israili, Lyoussi B. 2007. Ethnopharmacological survey of plants used in the traditional treatment of hypertension and diabetes in south-eastern Morocco (Errachidia province). *Journal of ethnopharmacology* 110: 105-117.
- Tardío J, Pardo S M. 2008. Cultural importance indices: A comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany* 62(1): 24-39.
- Tra-Bi F, Brou Y, Mahé G. 2015. Analyse par télédétection des conditions bioclimatiques de végétation dans la zone de contact forêt-savane de Côte d'Ivoire : cas du « V » Baoulé. XXVIII Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège.
- Tsobou R, Mapongmetsem PM, Van D P. 2016. Medicinal plants used for treating reproductive health care problems in cameroon, central africa. *Economic botany* 70 (2): 145-159.
- Usman KA, Egigu MC, Mahalingam JS. 2022. Ethnobotanical study on traditional medicinal plants used by Oromo ethnic people of Goro district, Bale zone of Oromia region, Ethiopia. *Ethnobotany Research and Applications* 24: 1-21.
- Voeks R.A .2007. Are women reservoirs of traditional plant knowledge Gender, ethnobotany and globalization in northeast Brazil. *Singap. Journal Tropic Geography* 28: 7-20.
- Yapi A, Kassi N, Fofié N, Zirihi G. 2015. Etude ethnobotanique des Asteraceae médicinales vendues sur les marchés du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Science* 9: 2633-2647.
- Zon AO, Tiétiambou FRS, Kabré B, Kouassi KE, Ouédraogo A. 2022. Assessment of the conservation status of *Borassus akeassii* Bayt., Ouédr. & Guinko in Western Burkina Faso through local communities perceptions and the species stands structure. *Global Ecology and Conservation* 39:1-22.

Zerbo P, Millogo R, Nacoulma O, Van D. 2011. Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso : cas des Sanan. Bois et forêts des tropiques 307: 41-53.

ŽIVKOVIĆ, Jelena, ILIĆ, Milan, ZDUNIĆ, Gordana. 2021. Traditional use of medicinal plants in Jablanica district (South-Eastern Serbia): Ethnobotanical survey and comparison with scientific data. Genetic Resources and Crop Evolution 68(4) : 1655-1674.

Zobolo AM, Mkabela QN. 2006. Traditional knowledge transfer of activities practised by Zulu women to manage medicinal and food plant gardens. African Journal of Range & Forage Science 23: 77-80.

Résumé

Les infections urinaires constituent un lourd fardeau de santé publique, avec une fréquence estimée à 150 millions de cas par an dans le monde. En Côte d'Ivoire, malgré l'application des antibiotiques le taux de résistances bactériennes reste élevé. Face cette croissance inquiétante, il devient urgent d'explorer des alternatives thérapeutiques issues des plantes médicinales. Cette étude vise à contribuer à l'éradication des IU d'origine bactérienne dues aux souches multirésistantes par l'exploitation du potentiel thérapeutique de *Anthocleista nobilis*. L'enquête ethnobotanique a permis de documenter 43 espèces appartenant à 25 familles. La famille des Fabacées était dominante (24%). Les feuilles (37%) et les racines (33,8%) étaient les parties les plus préférées. Les méthodes de traitement les plus utilisées étaient la décoction (72,3 %) et l'administration orale (63,8 %). La connaissance des plantes était significativement affectée par l'âge et le groupe ethnique, mais pas par le sexe, la localité ou le niveau d'éducation. Les analyses microbiologiques ont révélé une forte résistance, notamment chez *E. coli* (100 % aux bêta-lactamines et fluoroquinolones), et chez *Staphylococcus* (résistance jusqu'à 100 %). Le gène de résistance *mecA* a été détecté dans 46 % des souches de *Staphylococcus*. Concernant l'activité antibactérienne de *Anthocleista nobilis*, en milieu solide, l'extrait aqueux a été plus efficace sur quatre souches avec la plus grande zone d'inhibition (21,73 mm). En milieu liquide l'extrait acétone 70% a eu plus d'effet bactéricide sur quatre germes de *Staphylococcus* (CMB/CMI=2). L'analyse qualitative a révélé la présence de polyphénols, flavonoïdes, leucoanthocyanes, anthocyanes, tanins totaux et condensés. Le dosage des métabolites secondaires a montré des teneurs importantes de polyphénols, de flavonoïdes et de tanins dans l'extrait éthanolique 70%. En termes d'activité antioxydante, l'extrait aqueux a montré une bonne activité contre l'ABTS, tandis que l'extrait éthanolique a montré la meilleure activité antioxydante contre le DPPH. En somme, les résultats de cette étude confirment scientifiquement l'usage traditionnel de cette plante et soulignent son intérêt thérapeutique face à des isolats bactériens multirésistants.

Mots clés : connaissance traditionnelle, résistance antimicrobienne, *Anthocleista nobilis*, infection urinaire, phytothérapie, Haut-Sassandra

Abstract

Urinary tract infections represent a major public health burden, with an estimated 150 million cases per year worldwide. In Côte d'Ivoire, despite the use of antibiotics, bacterial resistance rates remain high. Faced with this worrying increase, there is an urgent need to explore therapeutic alternatives derived from medicinal plants. This study aims to contribute to the eradication of bacterial urinary tract infections (UTIs) caused by multidrug-resistant strains through the exploration of the therapeutic potential of *A. nobilis*. The ethnobotanical survey revealed 43 species belonging to 25 families. The Fabaceae family was dominant (24%). Leaves (37%) and roots (33.8%) were the most preferred parts. The most commonly used treatment methods were decoction (71.4%) and oral administration (67.8%). Knowledge of plants was significantly affected by age and ethnic group, but not by gender, locality or level of education. Microbiological analyses revealed high levels of resistance, notably in *E. coli* (100% to beta-lactam and fluoroquinolones), and in *Staphylococcus* (resistance up to 100%). The *mecA* resistance gene was detected in 46% of *Staphylococcus* strains. Concerning the antibacterial activity of *A. nobilis*, in solid medium, the aqueous extract was more effective on four strains with the largest zone of inhibition (21.73 mm). On liquid media, the 70% acetone extract was more bactericidal on four *Staphylococcus* germs (BMC/MIC=2). Qualitative analysis revealed the presence of polyphenols, flavonoids, leucoanthocyanins, anthocyanins, total and condensed tannins. Secondary metabolite assays showed high levels of polyphenols, flavonoids and tannins in the 70% ethanolic extract. In terms of antioxidant activity, the aqueous extract showed good activity against ABTS, while the ethanolic extract showed the best antioxidant activity against DPPH. All in all, the results of this study scientifically confirm the traditional use of this plant and underline its therapeutic interest in the face of multi-resistant bacterial isolates.

Key words: traditional knowledge, antimicrobial resistance, *Anthocleista nobilis*, urinary tract infection, phytotherapy, Haut-Sassandra