UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Etude comparative de la phytochimie de l'espèce psorospermum febrifugum spach (umukubagwa) récoltée dans cinq régions naturelles du Burundi

NDAGIWENAYO, Donatien; Sous la direction de : Dr. Jérémie NGEZAHAYO (Directeur) Msc. Alexis NGENDAHIMANA (Co-directeur)

2024
UB, Faculté des Sciences
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/947

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

ETUDE COMPARATIVE DE LA PHYTOCHIMIE DE L'ESPECE *Psorospermum febrifugum* SPACH (UMUKUBAGWA) RECOLTEE DANS CINQ REGIONS NATURELLES DU BURUNDI

Donatien NDAGIWENAYO

Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de Master en Sciences Chimiques
Spécialité : Contrôle et Analyses Chimiques

Sous la direction de : Dr. Jérémie NGEZAHAYO (Directeur)
Msc. Alexis NGENDAHIMANA (Co-directeur)

Bujumbura, Mai 2024

MEMBRES DU JURY

Président : Prof. Libérata NIZIGIYIMANA

Secrétaire : Msc. Japhet NZOYISUBIZIKI

Directeur : Dr. Jérémie NGEZAHAYO

Co-directeur : Msc. Alexis NGENDAHIMANA

Membre : Prof. Vestine NTAKARUTIMANA

DEDICACE

A ma chère épouse Divine AKIMANA

A mes parents pour m'avoir montré le chemin de l'école et avoir supporté les lourdes charges scolaires ;

A mes frères et sœurs pour leur encouragement ;

REMERCIEMENTS

Mes sentiments de gratitude s'adressent à toute personne qui a contribué moralement ou matériellement durant toutes mes études.

Je tiens également à remercier très vivement Dr. Jérémie NGEZAHAYO et Msc. Alexis NGENDAHIMANA respectivement Directeur et co-Directeur de ce mémoire pour leurs efforts dans l'encadrement de ce travail.

J'aimerais également exprimer ma vive reconnaissance aux président et membres du jury qui, avec bienveillance, ont accepté de siéger et d'évaluer ce travail malgré la surcharge de leurs calendriers.

Je ne peux pas clore sans remercier l'Université du BURUNDI, plus spécialement le Département de Chimie de m'avoir accueilli dans son laboratoire de chimie pour mes activités de recherche et de stages.

Donatien NDAGIWENAYO

RESUME

Le Burundi possède une gamme de plantes médicinales mais qui restent non exploitées à cause du manque d'informations sur ces dernières étant donné que leurs monographies ne sont inscrites nulle part. Le *P. febrifugum* Spach est l'une des plantes médicinales présentes au Burundi mais qui ne connait aucune étude phytochimique alors qu'elle est trop utilisée en médecine traditionnelle burundaise. Les métabolites secondaires entrent dans la phytochimie d'une plante et ces derniers sont influencés par certains facteurs dont le sol, la région, l'altitude, les précipitations, l'humidité, etc. d'où la nécessite d'une étude comparative. Notre étude a contribué à la synthèse des monographies pouvant servir à l'élaboration de la pharmacopée burundaise. La macération sous agitation avec le méthanol pendant 24 h est la méthode d'extraction utilisée durant ce travail.

Le criblage phytochimique et les profils chromatographiques dans le visible et sous lampe UV à 254 nm et 365 nm montrent que la phytochimie de *P. febrifugum* n'est pas la même dans cinq régions naturelles du Burundi. Les écorces et les feuilles de différents échantillons ont montré la présence des métabolites secondaires recherchés à des degrés divers.

Le profil chromatographique sur couche mince des extraits méthanoliques a montré qu'il y a deux composés pour différents échantillons des cinq régions naturelles qui ont des Rf variant de 0,72 à 0,80 et 0,94 à 0,98 pour les écorces alors que pour les feuilles, nous avons un composé qui a des Rf variant de 0,97 à 0,98.

Mots clés: Etude comparative, phytochimie, *Psorospermum febrifugum*, Burundi

SUMMARY

Burundi has a range of medicinal plants, but they remain unexploited due to the lack of information on them, as their monographs are not recorded anywhere. *P. febrifugum* Spach is one of the medicinal plants present in Burundi, but for which no phytochemical studies have been carried out, even though it is widely used in traditional Burundian medicine. Secondary metabolites form part of a plant's phytochemistry, and these in turn are influenced by factors such as soil, region, altitude, rainfall, humidity, etc., hence the need for a comparative study. Our study has contributed to the synthesis of monographs that can be used to develop the Burundian pharmacopoeia. Stirred maceration with methanol for 24 h is the extraction method used in this work.

Phytochemical screening and chromatographic profiles in the visible and under UV lamp at 254 nm and 365 nm show that the phytochemistry of *P. febrifugum* is not the same in five natural regions of Burundi. Barks and leaves from different samples showed the presence of the secondary metabolites of interest to different degrees.

The thin-layer chromatographic profile of the methanolic extracts showed that there are two compounds for different samples from five natural regions with Rf ranging from 0.72 to 0.80 and 0.94 to 0.98 respectively for bark, while for leaves we have one compound with Rf ranging from 0.97 to 0.98.

Key words: Comparative study, phytochemistry, *Psorospermum febrifugum*, Burundi

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACE ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
SUMMARY ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ..... **vii**
LISTE DES FIGURES ..... **viii**
LISTE DES ABREVIATIONS ..... **x**
AVANT- PROPOS ..... **xi**
INTRODUCTION GENERALE **1**
1. Objectif général 2
2. Objectifs spécifiques 2
CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'ESPECE *Psorospermum febrifugum* **3**
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES **9**
II.1 Matériel 9
II.2. Echantillonnage et traitement des échantillons 9
II.3. Etxraction 12
II.4. Criblage phytochimique des extraits 14
II.5. Analyse des extraits par chromatographie sur couche mince 15
CHAPITRE III. PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION 16
III.1. Perte en eau des échantillons 16
III.2. Rendements d'extraction 17
III.3. Criblage phytochimique 19
III.4. Empreintes chromatographiques des échantillons de *P. febrifugum* 20
CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 25
IV.1. Conclusion 25
IV.2. Perspectives 26
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 27
ANNEXES 30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Les pathologies traitées par le *P. febrifugum* en médecine traditionnelle..... 5

Tableau 2: Résultats du criblage phytochimique des extraits des écorces et des feuilles de *P.febrifugum*..... 19

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de répartition de P. febrifugum Spach en Afrique 3
Figure 2. Structures de trois composés isolés de la plante 6
Figure 3 : Structure des molécules isolées de l'espèce P. febrifugum par chromatographie sur couche mince et chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) 7
Figure 4 : Structure des molécules isolées de l'espèce P. febrifugum par spectrométrie de masse haute résolution (HRMS) et chromatographie sur couche mince 8
Figure 5 : Structure de base d'un xanthone cytotoxique isolé du P. febrifugum et déterminé par RMN 8
Figure 6: Photos de l'espèce P. febrifugum prises dans cinq régions naturelles du Burundi par rapport à la référence 9
Figure 7 : Carte des sites d'échantillonnage de différentes régions au Burundi 11
Figure 8 : Montage de macération sous agitation pendant 24h 12
Figure 9: Montage de l'évaporation du solvant extracteur sur évaporateur rotatif sous pression réduite à 40°C 13
Figure 10: Les différents extraits obtenus après concentration 13
Figure 11 : Résumé schématique des différentes activités réalisées pour obtenir les extraits secs 14
Figure 12 : Courbe de perte en eau des écorces de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi. 16
Figure 13 : Courbe de perte en eau des feuilles de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi. 16
Figure 14: Rendement d'extraction pour les écorces de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi. 17
Figure 15: Rendement d'extraction pour les feuilles de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi. 18
Figure 16 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et des feuilles de l'espèce de Bugesera avec le système n-hexane-chloroforme-méthanol (50 :30 :20) 20
Figure 17: Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de Buyogoma avec le système n-hexane-chloroforme-méthanol (50 :30 :20)..... 21

Figure 18 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de Mirwa avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20) 21
Figure 19: Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de Bututsi avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20) 22
Figure 20 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de l'Imbo avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20) 23
Figure 22 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des feuilles de l'espèce de cinq régions naturelles du Burundi avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20) 24

LISTE DES ABREVIATIONS

CRUPHAMET : Centre de Recherche Universitaire sur la Pharmacopée et Médecine Traditionnelle

HRMS : High Resolution Mass Spectrometry

MNHN : Musée National d'Histoire Naturelle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Rf : Rapport Frontal

RMN : Résonance Magnétique Nucléaire

AVANT- PROPOS

Ce travail est réalisé dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir le Diplôme de Master en Sciences Chimiques ; spécialité : Contrôle et Analyses Chimiques.

Il a pour objectif : «Etude comparative de la phytochimie de l'espèce *Psorospermum febrifugum* Spach (umukubagwa) récoltée dans cinq régions naturelles du Burundi».

Le choix du sujet a été guidé par le fait que l'espèce *P. febrifugum* Spach est beaucoup utilisée en médecine traditionnelle au Burundi alors que sa phytochimie n'a pas encore été connue, en plus parce que l'espèce d'une région peut procurer l'effet thérapeutique différent à cette même espèce mais de la région différente.

Ce travail s'inscrit donc dans la contribution à la recherche et synthèse des monographies des espèces végétales du Burundi afin d'élaboration de la pharmacopée burundaise.

Ce travail a permis de connaitre que la phytochimie de *P. febrifugum* connait certaines différences et synthétiser certains aspects de sa monographie.

INTRODUCTION GENERALE

Les plantes médicinales ont toujours joué un rôle dans le traitement des maladies du fait de leurs composés chimiques pouvant avoir d'importantes propriétés curatives ou préventives (Mohamed et al., 2014). Le recours aux substances naturelles reste actuellement l'une des alternatives prometteuses étant donné que ces dernières restent une source de composés (les métabolites secondaires) pouvant présenter des activités directes ou indirectes contre les maladies (Lango-Yaya et al., 2020). Les dites activités pourraient certainement aider à résoudre les problèmes actuels de résistance aux médicaments (Tsiry et al., 2015).

Dans cette logique, l'OMS soutient les initiatives visant l'usage des médicaments à base des plantes médicinales à tel enseigne qu'elle collabore avec les pays pour garantir un développement sûr et efficace de la médecine traditionnelle en Afrique en fournissant des ressources financières et un soutien technique (WHO, 2020).

Ainsi, l'intérêt pour les médicaments à base de plantes se manifeste fortement et est en évolution croissante surtout en Afrique (Mboneye et al., 2023) et en particulier au Burundi comme l'indique une enquête ethnobotanique menée récemment sur les plantes médicinales utilisées par les tradipraticiens et herboristes de la ville de Bujumbura contre les infections (Ngezahayo et al.,2015).

Cependant, les médicaments traditionnels peuvent avoir des effets indésirables comme toxicité, interactions avec les médicaments classiques, difficulté de préciser la dose (Ouoba et al., 2022, Bobo-Dioulasso, 2013). Une meilleure utilisation de ces médicaments à base de plantes devrait être édictée dans la pharmacopée sous forme de monographies (The International Pharmacopoeia, 2022) qui stipulent les modalités relatives aux principes actifs, sur les conditions de préparation des extraits, la dose prescriptible, les effets indésirables possibles et surtout les indications précises de chaque plante à visée thérapeutique (Babulka, 2007). Une bonne identification des plantes constitue la base de données des recettes végétales ; ce sont des monographies. Ces dernières serviront à la prise de connaissance sur les espèces végétales et éclairer les générations futures sur l'usage des plantes médicinales pour se soigner.

Les monographies constituant la pharmacopée aident à l'usage rationnel des médicaments mais aussi guident les tradipraticiens dans leurs activités. La pharmacopée burundaise étant élaborée, aidera l'organe en charge de la réglementation pharmaceutique à approuver les médicaments conformément aux normes internationales, qui préconisent un protocole de recherche et des tests, ainsi que des essais cliniques à chaque produit (WHO, 2020). La pharmacopée traditionnelle

burundaise servira de l'outil de collaboration entre la médecine traditionnelle et la médecine moderne qui n'est pas encore effective (WHO Burundi, 2021).

Comme la latitude et l'altitude influent sur la quantité des métabolites secondaires (Martz et al., 2009), ces derniers pourraient varier aussi en fonction de facteurs intrinsèques et extrinsèques tels les facteurs génétiques et environnementaux que sont le lieu de récolte, l'âge ou la partie de la plante récoltée, la période, le séchage, le stockage (Ouedraogo et al., 2021; Al Naser, 2018). Il paraitrait que si une personne consomme une tasse de préparation à base de la plante médicinale *P. febrifugum* de la région du Sud (Imbo) ne consommera pas nécessairement la même concentration en métabolites secondaires responsables de l'activité pharmacologique de la même plante mais de la région du Nord (Bugesera).

Parmi les plantes médicinales utilisées dans la sous-région (EAC) contre différentes pathologies figure le *Psorospermum febrifugum* Spach (Nagawa et al., 2015).

Au Burundi, la présence de cette espèce a été confirmée (Nzigidahera et al., 2020 ; Hakizimana et al., 2010) ; mais, à notre connaissance, aucune étude phytochimique n'a encore été faite sur cette plante alors qu'elle est beaucoup utilisée (Tamokou et al., 2013 ; Nambooze, 2019 ; Abongwa et al., 2021).

Le présent travail a pour but d'étudier les aspects comparatifs de la phytochimie de *P. febrifugum* de cinq régions naturelles pour justifier son utilisation avec efficacité en médecine traditionnelle au Burundi, ce qui pourra contribuer à la synthèse des monographies qui pourront servir à l'élaboration de la pharmacopée burundaise.

1. Objectif général

L'objectif global de ce travail est de mener une étude comparative sur la phytochimie de l'espèce *P. febrifugum* Spach (umukubagwa) du Burundi pour contribuer à la synthèse des monographies servant à l'élaboration de la pharmacopée burundaise.

2. Objectifs spécifiques

- Faire une extraction des métabolites secondaires pour chaque échantillon de plante ;
- Faire un criblage phytochimique des extraits obtenus ;
- Etablir le profil chromatographique sur couche mince de chaque échantillon

CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'ESPECE *Psorospermum febrifugum*

Comme déjà signalé dans la motivation du choix du sujet, l'espèce n'a connu aucune étude phytochimique au Burundi. Pour bien mener ce travail, il est nécessaire de consulter la littérature afin de rassembler toutes les informations relatives au *P. febrifugum* afin de synthétiser les monographies qui pourraient être utiles dans l'élaboration de la pharmacopée burundaise. Ce chapitre concerne la revue de la littérature de cette plante et met un accent particulier sur les données phytochimiques déjà publiées.

L'espèce fait partie du genre *Psorospermum* Baker. Ce dernier comprend 55 espèces, dont la plupart sont représentées par des arbustes ou de petits arbres poussant typiquement dans les régions tropicales d'Amérique du Sud, d'Afrique et de Madagascar (Bagayogo, 2020)

1. Classification de la plante (MNHN, 2012)

Famille : Hypericaceae
Genre : Psorospermum
Espèce : febrifugum
Nom : *Psorospermum febrifugum* Spach

a. Habitat et répartition géographique

P. febrifugum est une plante de savane des sols arides et rocailleux, sa localisation en Afrique (Angola, Madagascar, Bénin, Burundi, Uganda, Guinée, Tanzanie, RD Congo) est illustrée par la figure 1 ci-dessous.

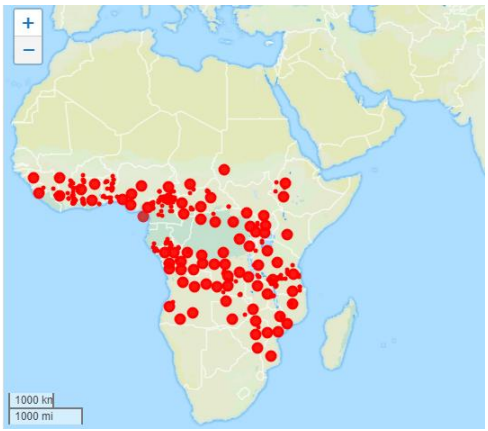


Figure 1. Carte de répartition de P. febrifugum Spach en Afrique (African Plant Database, consulté le 10 Avril 2024)

b. Description botanique

Le *P.febrifugum* est un arbuste à petit arbre pouvant atteindre 6 m de haut, souvent plus petit et suffrutex, il s'agit d'une plante dont la sève versée est rouge (Troupin, 1978).

c. Nom vernaculaire

Umukubagwa (Burundi)

d. Synonymes hétérotopiques

P*sorospermum febrifugum* var. albida Oliv. (1868)

Psorospermum albidum (Oliv.) Engl. (1893)

Psorospermum baumannii Engl. (1919)

*Psorospermum campestr*e Engl. (1893)

Psorospermum chariense A. Chev. (1913)

Psorospermum ferrugineum Hook. f. (1849)

Psorospermum floribundum Hutch. & Dalziel (1927)

Psorospermum microphyllum A. Chev. (1920)

Psorospermum salicifolium Engl. (1893)

Psorospermum stuhlmannii Engl. (1895)

Psorospermum angustifolium Spirlet (1959)

Psorospermum corymbosellum Spirlet (1959)

Psorospermum corymbosum Spirlet (1959)

Psorospermum ellipticum Spirlet (1959)

Psorospermum gillardinii Spirlet (1959)

Psorospermum kaniamae Spirlet (1959)

Psorospermum kisantuense Spirlet (1959)

Psorospermum leopoldvilleanum Spirlet (1959)

Psorospermum macrophyllum Spirlet (1959)

Psorospermum magniflorum Spirlet (1959)

*Psorospermum mahagiens*e Spirlet (1959)

Psorospermum mossoense Spirlet (1959)

Psorospermum nigrum Spirlet (1959)

Psorospermum orbiculare Spirlet (1959)

Psorospermum ovatum Spirlet (1959)

Psorospermum pectinatum Spirlet (1959)

Psorospermum pubescens Spirlet (1959)

Psorospermum rotundatifolium Spirlet (1959)

Psorospermum staneranum Spirlet (1959)

*Psorospermum discolo*r Spirlet (1959)

*Psorospermum lanceolatu*m Spirlet (1959)

Psorospermum niloticum Kotschy ex Schweinf. & Asch. (1867)

Source: African Plant Database(consulté le 10 Avril 2024)

e. Utilisations médicinales

Le tableau 1 montre les utilisations médicinales de *P. febrifugum*

Tableau 1. Les pathologies traitées par le *P. febrifugum* en médecine traditionnelle

Utilisations médicales et pathologies traitées par le *P. febrifugum* en médecine traditionnelle	Références
Malaria, épilepsie, la diarrhée, la fièvre, gale et eczéma, antidote pour les poisons et purgatif	Nagawa et al., 2015; Ngezahayo et al., 2015 ; Tamokou et al., 2013
Lèpre, l'insomnie, l'anxiété, cytotoxiques	Asogwa et al., 2019
Anti-leishmaniose (antiparasitaire)	Wasser, 2018
Antimicrobien	Nambooze, 2019
Antifongique, antibactérienne, pesticide, antiulcéreux	Nagawa et al., 2015
Régulation de la pression osmotique et antianémique	Agbogba et al., 2019

f. Données phytochimiques de la plante

Plusieurs composés ont été identifiés et/ou isolés de l'espèce *P. febrifugum* par différentes méthodes. La figure 2 reprend les structures de trois composés déjà isolés de la plante.

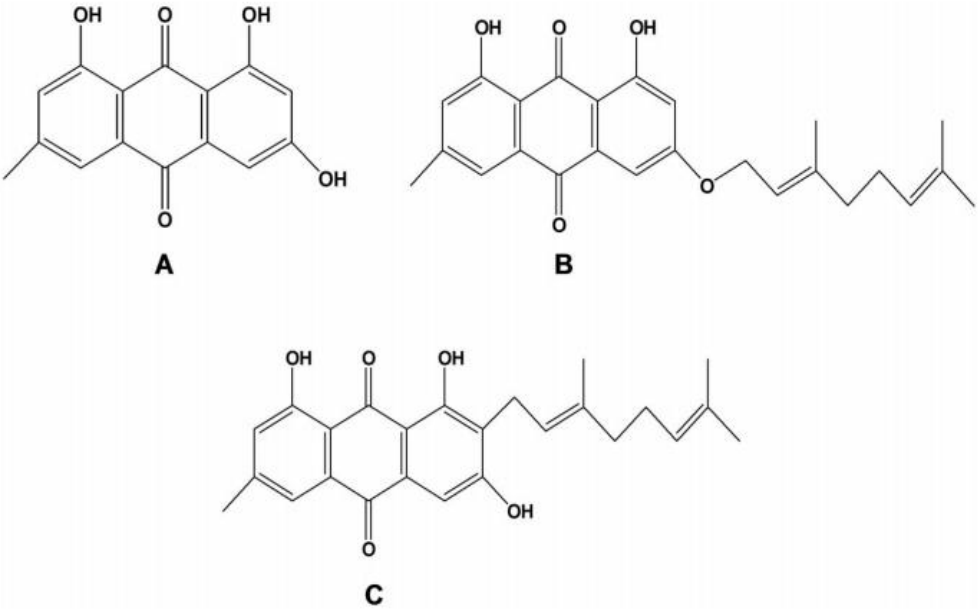


Figure 2. Structures de trois composés isolés de la plante (Tamokou et al., 2013)

A: Emodin B: 3-geranyloxyemodin, C: 2-geranylemodin

Les composés volatils identifiés dans les extraits du *P.febrifugum* sont: β-Caryophyllene, caryophyllene oxide, α-Pinène ,Caryophyllene, cubebene, limonène, β-myrcene, ocimene, acide Palmitique, stigmastérol, cymene, β-Cedrene, α-terpinéol, Carvacrol, D-Limonène , β-pinène, α-Tocophérol (Nagawa et al., 2015).

D'autres composés isolés de *P. febrifugum* sont: phénols, flavonoïdes, tannins, alcaloïdes, saponosides, glycosides, stéroïdes, terpenoïdes (Chinweze et al., 2020).

Par chromatographie sur couche mince, chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, les molécules de la figure 3 ont été aussi isolées de l'espèce.

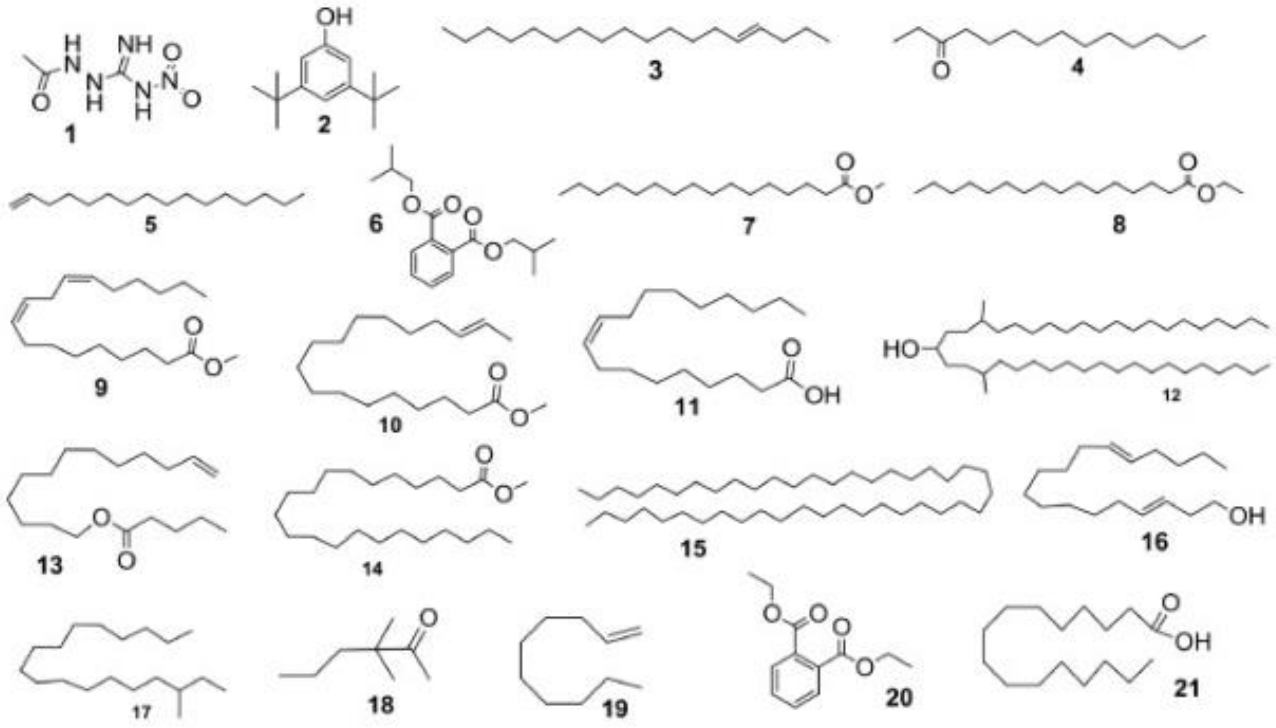


Figure 3 : Structure des molécules isolées de l'espèce P. febrifugum par chromatographie sur couche mince et chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) (Asogwa et al., 2019)

1.1-acetamido-2-nitro-guanidine ; 2. Phenol, 3, 5-bis (1, 1-dimethylethyl); 3. 5-Octadecene; 4. 3-Tetradecanone; 5. 1-Hexadecene; 6. 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis (2- methylpropyl) ester; 7. Hexadecanoic acid, methyl ester; 8. Hexadecanoic acid, ethyl ester (palmitic acid); 9. 9, 12-Octadecadienoic acid ; (z,z)-methyl ester (linoleic); 10. 16-Octadecenoic acid, methyl ester; 11. 9-Octadecenoic acid (z) (oleic acid); 12. Octadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester; 13. Pentanoic acid, 10-undecenyl ester; 14. Docosanoic acid, methyl ester; 15. Tetratetracotane; 16. Z,E-3, 13-Octadecadien-1-ol; 17. 3-methyloctadecane; 18. 3,3-Dimethyl-2-hexanone; 19. Dec-1-ene; 20. 1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester; 21. Eicosanoic acid.

D'autres molécules sont isolées de *P. febrifugum* (Gallé, 2015)

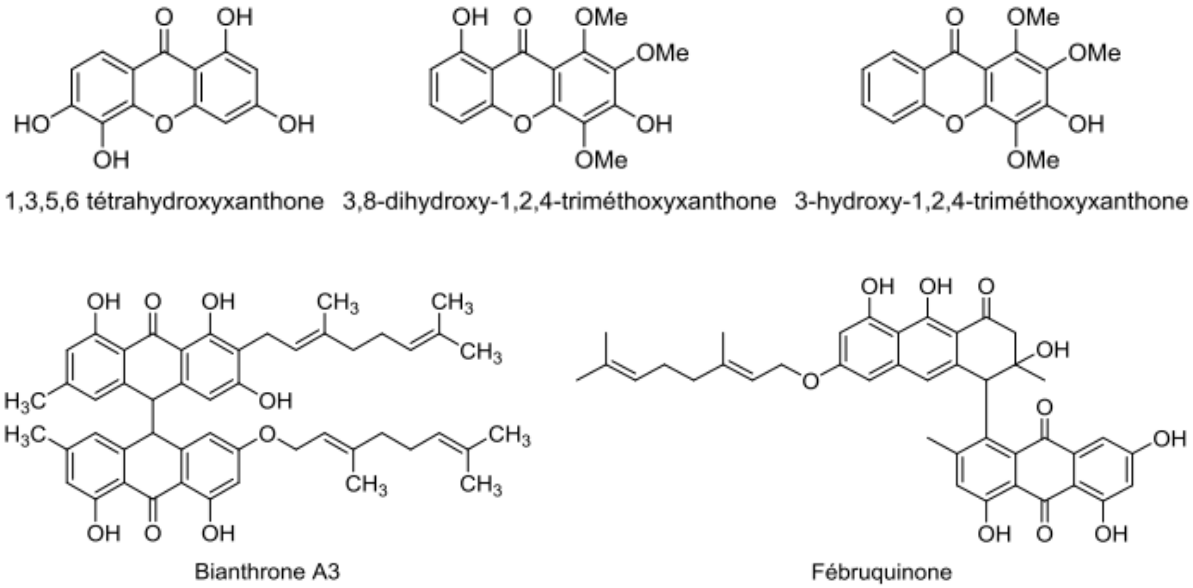


Figure 4 : Structure des molécules isolées de l'espèce P. febrifugum par spectrométrie de masse haute résolution (HRMS) et chromatographie sur couche mince

Par Spectre de résonnance magnétique nucléaire (RMN), on a déterminé la structure de base du xanthone cytotoxique (Abou-Shoer et al., 1988)

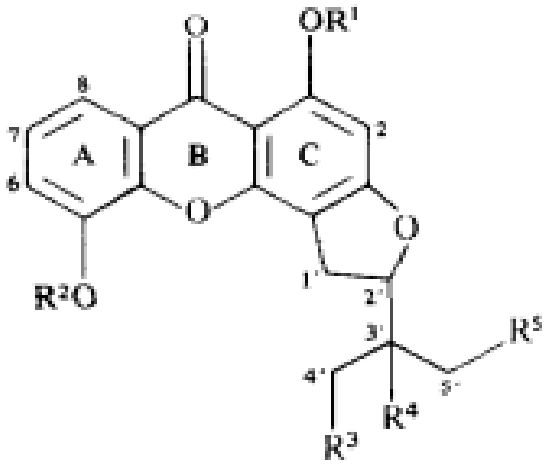


Figure 5 : Structure de base d'un* xanthone cytotoxique isolé *du P. febrifugum et déterminé par RMN

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1 Matériel

Le matériel est composé **:**

- ✓ Du matériel végétal (espèce de *P. febrifugum*) récolté dans cinq différentes régions du Burundi
- ✓ Des solvants : méthanol, n-hexane et chloroforme
- ✓ Du matériel instrumental : lampe UV-visible, balance analytique, évaporateur rotatif, étuve
- ✓ Du matériel pour la CCM : plaque et cuves chromatographiques, tubes capillaires

II.2. Echantillonnage et traitement des échantillons

La figure 6 montre des photos des échantillons de *P. febrifugum* prises sur les lieux de récolte dans cinq régions naturelles du Burundi ainsi que le schéma de *P. febrifugum* de référence réalisée par Troupin en 1978.

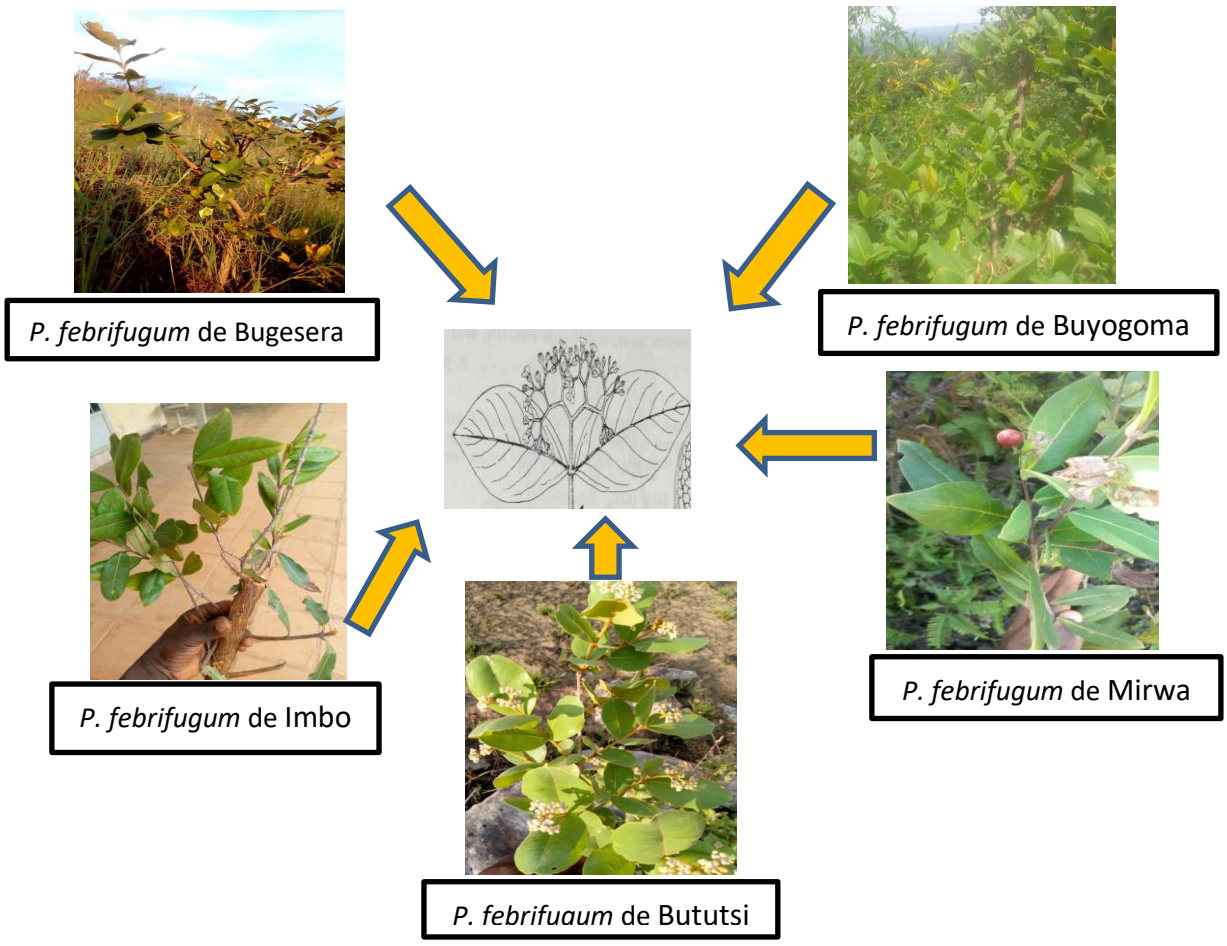


Figure 6: Photos de l'espèce P. febrifugum prises dans cinq régions naturelles du Burundi par rapport à la référence (Georges Troupin, 1978) (voir d'autres photos en annexes)

Après consultation des herbiers de l'espèce du Département de Biologie (Université du Burundi), l'espèce récoltée dans différentes régions du Burundi est conforme au *P. febrifugum* étudié par d'autres chercheurs. Le matériel végétal utilisé était constitué par les parties aériennes (écorces et feuilles). Il a été récolté au mois de juin 2023 dans cinq régions naturelles du Burundi (Bugesera, Buyogoma, Mirwa, Bututsi, Imbo) comme le montre la figure 7, en effectuant des visites sur le lieu et sur base des informations fournies par les anciens de la localité.

Les coordonnées géographiques des lieux de récolte des échantillons ont été prises à l'aide d'un GPS de marque GARMIN 65s comme suit :

- Bugesera : colline Mutara, commune Kirundo, province Kirundo (Altitude :1432m, latitude : 2°35´49.587´´S, longitude :30°4´5.612´´E)
- Buyogoma : colline Rwamvura, commune Kigamba, province Cankuzo (altitude :1594m, latitude :3°03´33.494´´S, longitude :30°29´53.708´´E)
- Mirwa : colline Mugimbu, commune Murwi, province Cibitoke (altitude :1384m, latitude :2°57´34´´S, longitude :29°16´30´´E)
- Bututsi : colline Rwamabuye, commune Rutovu, province Bururi (altitude :1972m, latitude :3°53´10.579´´S, longitude :29°50´45´´E)
- Imbo : colline Rwaniro, commune Burambi, province Rumonge (Altitude :1199m, latitude :3°48´39.023´´S, longitude :29°22´46.729´´E)

La figure 7 illustre les points de récolte des échantillons dans les régions naturelles concernées.

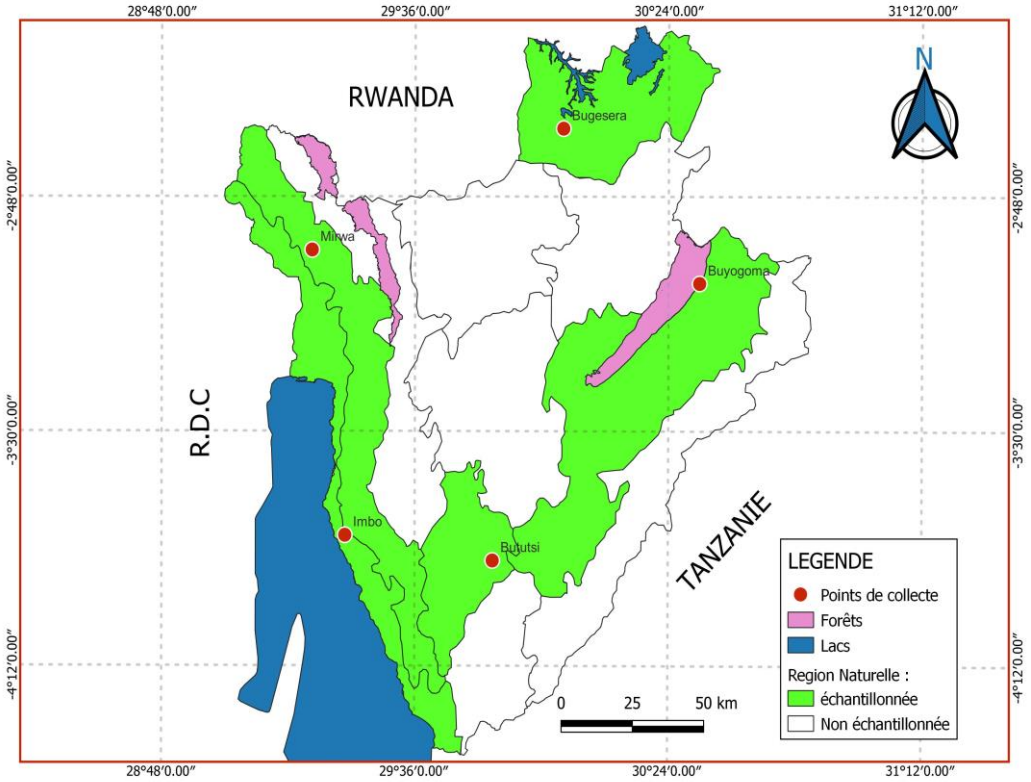


Figure 7 : Carte des sites d'échantillonnage de différentes régions au Burundi

Après la récolte, les échantillons ont été séchés dans un endroit aéré (sur étagères de l'ex-Centre de Recherche Universitaire sur la Pharmacopée et Médecine Traditionnelle (CRUPHAMET) de l'Université du Burundi), à la température ambiante et à l'abri du soleil. La perte en eau a été mesurée sur chaque échantillon tous les trois jours jusqu'à ce qu'il soit sec.

La perte en eau de différents échantillons a été mesurée tous les 3 jours pendant 24 jours ; elle a été réalisée sur la prise de l'échantillon représentatif de chaque échantillon.

Pour les écorces de la plante, la perte en eau a été déterminée à partir des masses suivantes :

- 5,753 g pour la région de Bugesera
- 19,192 g pour la région de Buyogoma
- 16,511 g pour la région de Mirwa
- 10,871 g pour la région de Bututsi
- 26,444 g pour la région de l'Imbo

Quant aux feuilles, la détermination de la perte en eau a été réalisée à partir des masses suivantes :

- 20,099 g pour la région de Bugesera
- 20,725 g pour la région de Buyogoma
- 20,177 g pour la région de Mirwa
- 13,626 g pour la région de Bututsi
- 25,535 g pour la région de l'Imbo

Après séchage, la matière sèche a été broyée dans un mortier et tamisée (tamis de 1 mm) pour avoir une poudre fine qui a servi pour les analyses réalisées au laboratoire de Chimie Analytique de la Faculté des Sciences de l'Université du Burundi.

II.3. Etxraction

Une macération de 50 g de poudre de feuilles et de 50 g de poudre d'écorces de *P. febrifugum* de chaque échantillon a été réalisée pendant 24 h sous agitation constante (Figure 8). La macération a été réalisée avec le méthanol comme solvant plus polaire, dans des ballons rodés et fermés avec des bouchons en verre. Après macération, la filtration sous vide a été réalisée pour avoir le maximum du filtrat pour chaque échantillon. L'extraction a été faite une seule fois par échantillon et avec 200 ml, 300 ml de solvant extracteur respectivement pour la poudre de feuilles et d'écorces.



Figure 8 : Montage de macération sous agitation pendant 24h



Figure 9: Montage de l'évaporation du solvant extracteur sur évaporateur rotatif sous pression réduite à 40°C

Dix filtrats ont été obtenus et concentrés sur évaporateur rotatif pour avoir les extraits secs. Au total, dix extraits secs dont cinq (E1, E2, E3, E4 et E5) pour les écorces et cinq (F1, F2, F3, F4 et F5) pour les feuilles avec E (Ecorces) et F (Feuilles) sont obtenus après évaporation sous pression réduite à 40°C. Les masses de ces extraits secs ont servi de base pour le calcul du rendement d'extraction. En effet, les rendements d'extraction ont été calculés suivant la formule ci-dessous :

$$R = \frac{Me}{ME}\ x\ 100$$

Où R = Rendement d'extraction ; Me = Masse de l'extrait sec obtenu ; ME = Masse de la poudre de l'échantillon utilisée



Figure 10: Les différents extraits obtenus après concentration

Toutes les opérations précédentes qui ont été réalisées sur les échantillons (depuis la récolte jusqu'à l'obtention des extraits) sont résumées par la figure 11.



Figure 11 : Résumé schématique des différentes activités réalisées pour obtenir les extraits secs

II.4. Criblage phytochimique des extraits

Ce sont les extraits secs obtenus précédemment qui ont été utilisés lors du criblage phytochimique. Cette opération a été réalisée en utilisant la méthode d'Evans (2009) :

- ✓ les saponines ont été caractérisées par la mesure de la hauteur de mousse qui persiste pendant 30 minutes.
- ✓ les flavonoïdes ont été caractérisés par l'apparition d'une coloration rose-orange après ajout de deux copeaux de Mg à l'analyte dans la solution d'alcool chlorhydrique (mélange de 10 ml d'éthanol à 96°, 10 ml d'eau distillée et de 10 ml d'acide chlorhydrique concentré).
- ✓ les tannins sont mis en évidence par la réaction du $FeCl_3$ donnant une coloration bleu-noire et confirmés par la gélatine salée qui forme un précipité blanc.
- ✓ les terpènes sont caractérisés par la coloration mauve qui tourne au vert après traitement avec 1ml d'anhydride acétique sur le verre de montre.
- ✓ les stérols caractérisés par la coloration violette qui vire au bleu puis vert après traitement avec H_2SO_4 concentré.

- ✓ les phénols sont caractérisés par la réaction du $FeCl_3$ donnant une coloration bleu-noire.
- ✓ les glucosides sont caractérisés par la formation d'un précipité rouge-brique après chauffage et traitement avec la liqueur de Fehling.

II.5. Analyse des extraits par chromatographie sur couche mince

La séparation par chromatographie sur couche mince avec comme système d'éluant (phase mobile) n-hexane/chloroforme/méthanol (50-30-20) a été utilisée pour compléter le criblage phytochimique. La phase stationnaire était constituée d'une plaque chromatographique en aluminium sur lequel est fixée la silice. Le dépôt des échantillons sur la plaque chromatographique a été fait par les tubes capillaires. Après élution, la plaque est levée de la cuve chromatographique, laissée le solvant s'évaporer. Les photos du chromatogramme sont prises dans le visible et sous la lampe UV (à 254 nm et à 365 nm) selon le modèle de V. Rickl (Wagner et al., 1996) à l'aide d'un téléphone de marque iPhone.

Les différents chromatogrammes d'extraits méthanoliques de *P. febrifugum* de cinq régions naturelles ont été réalisés pour pouvoir distinguer les composés présents dans les écorces et les feuilles pour chaque échantillon mais aussi pour voir la différence phytochimique de l'espèce de la région naturelle par rapport à celle de l'autre.

CHAPITRE III. PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Perte en eau des échantillons

Les figures 12 et 13 montrent respectivement les pertes en eau des écorces et des feuilles de l'espèce *P. febrifugum* récoltées dans cinq régions naturelles du Burundi.

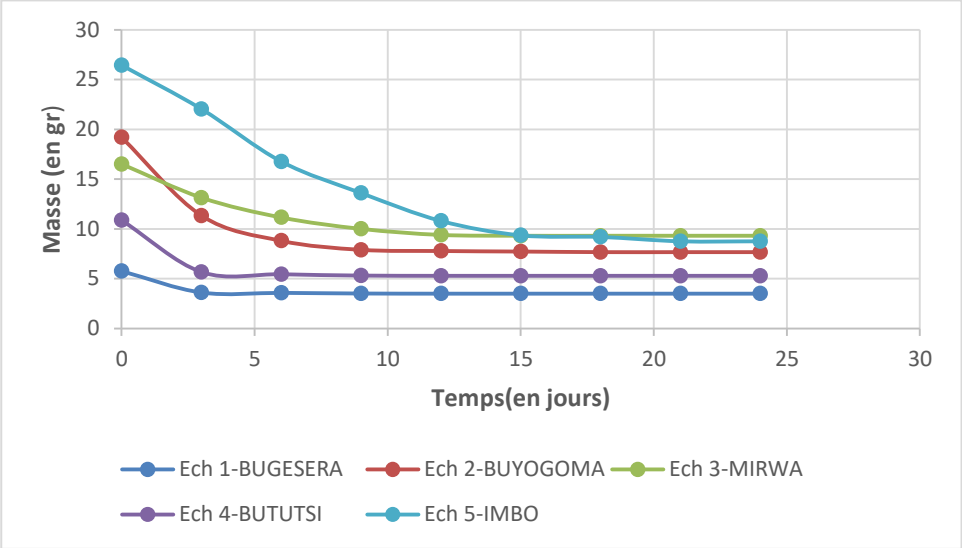


Figure 12 : Courbe de perte en eau des écorces de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi.

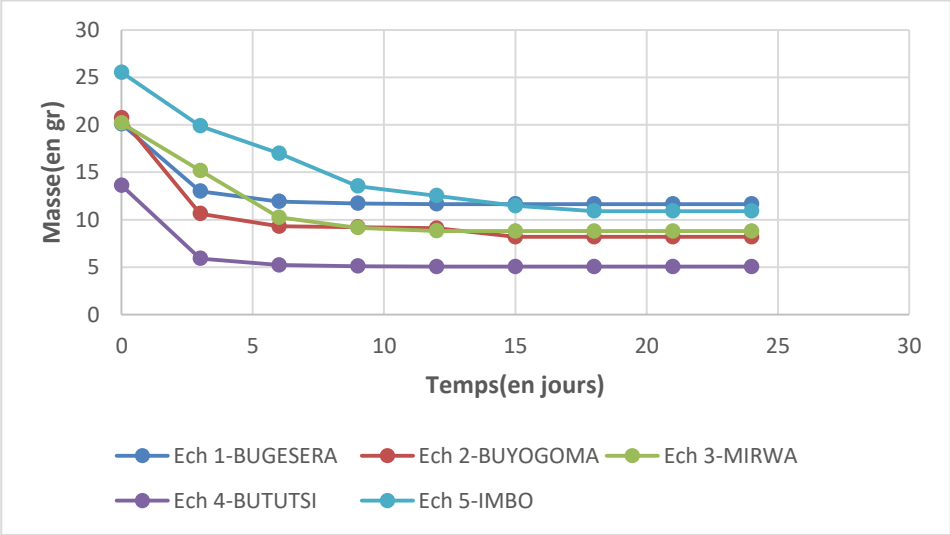


Figure 13 : Courbe de perte en eau des feuilles de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi.

Les résultats montrent que 3/5 des écorces des échantillons (soit 60%) ont perdu l'eau en 18 jours avec un échantillon qui a perdu l'eau en 21 jours et un autre qui en a perdu en 15 jours alors que 3/5 des feuilles des échantillons (soit 60%) ont perdu l'eau en 15 jours dont un échantillon ayant perdu l'eau en 21 jours ; un autre 1/5 ayant perdu l'eau en 12 jours.

Nous remarquons aussi que les écorces perdent de l'eau pendant une longue période par rapport aux feuilles ; cela est dû au fait que les écorces auraient une consistance qui fait qu'elles retiennent plus d'eau que les feuilles.

III.2. Rendements d'extraction

Les figures 13 et 14 montrent respectivement les rendements d'extraction pour les écorces et les feuilles de l'espèce *P. febrifugum* de cinq régions naturelles du Burundi.

Pour les écorces, les masses d'extraits secs obtenus par le méthanol à partir de 50 g de poudre sont les suivantes :

- 1,621 g soit 3,242 % pour l'échantillon de Bugesera
- 3,000 g soit 6,00 % pour l'échantillon de Buyogoma
- 2,300 g soit 4,60 pour l'échantillon de Mirwa
- 1,786 g soit 3,57 % pour l'échantillon de Bututsi
- 1,930 g soit 3,86 % pour l'échantillon de l'Imbo

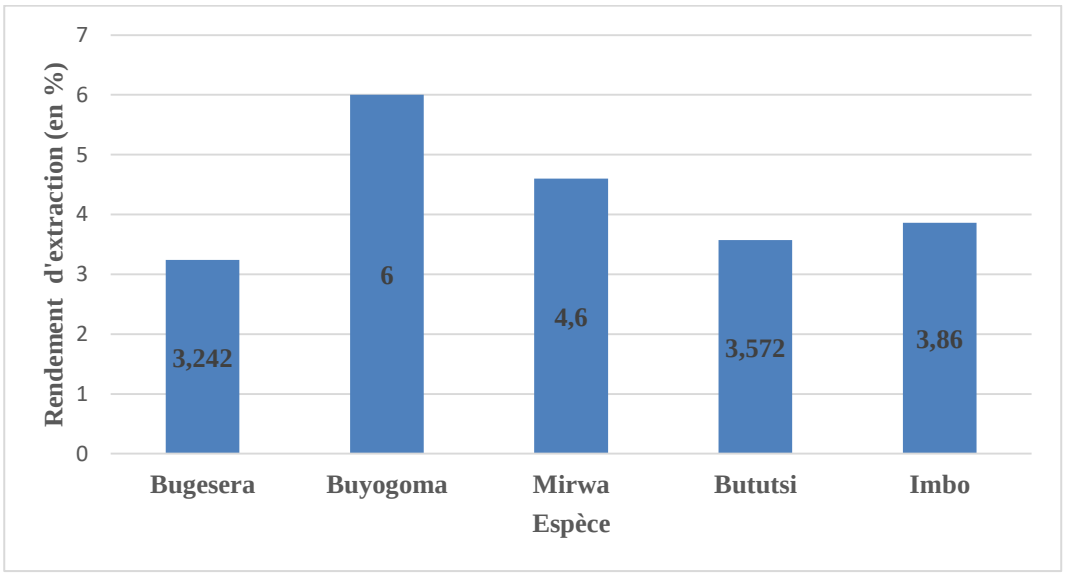


Figure 14: Rendement d'extraction pour les écorces de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi.

Pour les feuilles, les masses d'extraits secs au méthanol à partir de 50 g de poudre sont les suivantes :

- 1,231 g soit 2,462 % pour l'échantillon de Bugesera
- 0,996 g soit 1,992 % pour l'échantillon de Buyogoma
- 1,096 g soit 2,192 % pour l'échantillon de Mirwa
- 0,298 g soit 0,596 % pour l'échantillon de Bututsi
- 1,006 g soit 2,012 % pour l'échantillon de l'Imbo

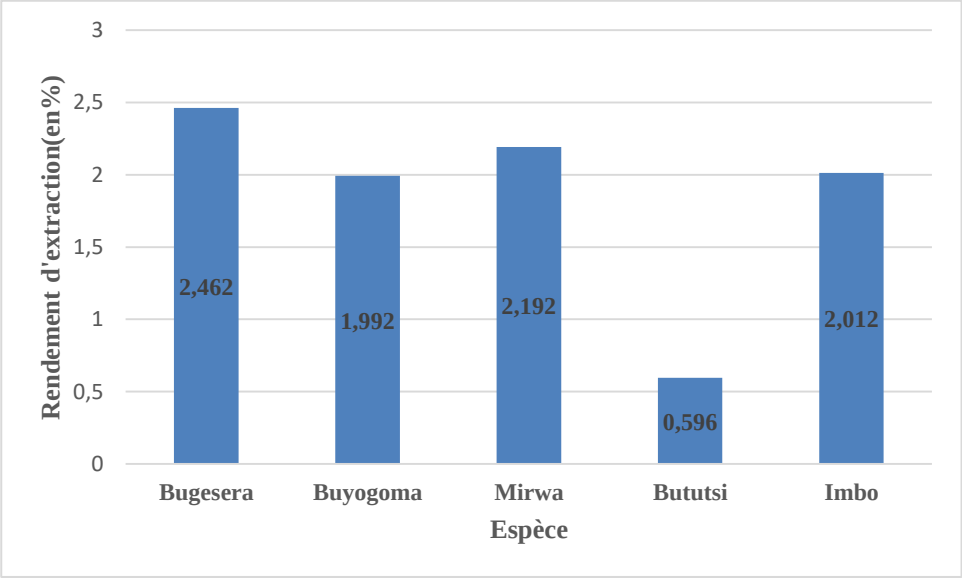


Figure 15: Rendement d'extraction pour les feuilles de P. febrifugum de cinq régions naturelles du Burundi.

Les résultats montrent que l'espèce de Buyogoma a eu un bon rendement (6%) suivie de celle de Mirwa (4,6%), Imbo (3,86%), Bututsi (3,572%) et Bugesera (3,242%) pour les écorces alors que l'espèce de Bugesera a présenté un rendement d'extraction de 2,462%, Mirwa 2,192%, Imbo 2,012%, Buyogoma 1,992% et celle de Bututsi 0,596% pour les feuilles

Les écorces ont un rendement d'extraction élevé par rapport aux feuilles. La raison serait que les écorces contiendraient plus de composés polaires extractibles par le méthanol par rapport aux feuilles.

III.3. Criblage phytochimique

Les résultats du criblage phytochimique des extraits des écorces et ceux des feuilles, sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2: Résultats du criblage phytochimique des extraits des écorces et des feuilles de *P.febrifugum*

		Classes de métabolites						
Région	**Partie de plante**	**Phénols**	**Stérols**	**Glucosides**	**Flavonoïdes**	**Tanins**	**Saponines (hauteur de mousse)**	**Terpènes**
Bugesera	Ecorces	+++	+	++	+++	-	+(0,1cm)	++
	Feuilles	+++	+	++	+	+++	+++(0,9cm)	++
Buyogoma	Ecorces	+++	++	++	+++	-	-	++
	Feuilles	+++	+	++	+	+++	++(0,4cm)	++
Mirwa	Ecorces	+++	++	++	++	++	+(0,2cm)	++
	Feuilles	+++	+	+	+	++	+++(0,6cm)	++
Bututsi	Ecorces	+++	++	++	+++	++	+(0,09cm)	++
	Feuilles	+++	+	+++	+	+	++(0,4cm)	++
Imbo	Ecorces	+++	+++	+++	+++	-	+(0,1cm)	+++
	Feuilles	+++	+	+	+	+++	++(0,5cm)	++
Légende : + : présence en faible intensité ; ++ : présence en intensité importante ; +++ : présence en forte intensité ; - : absence de coloration caractéristique								

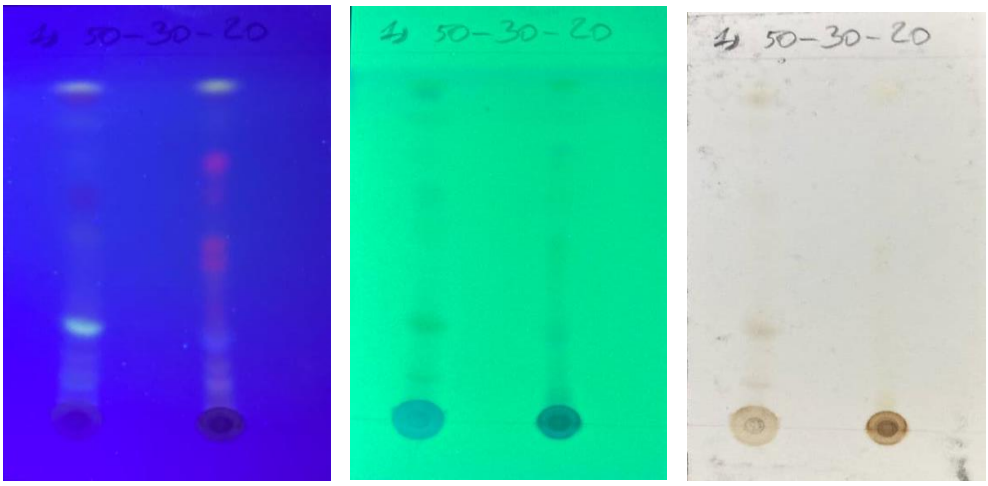
A partir des résultats du criblage phytochimique, on peut remarquer ce qui suit :

- Les différents échantillons de l'espèce sont riches en phénols et en terpènes pour les feuilles et pour les écorces.
- Les écorces des espèces de Imbo, Buyogoma, Bugesera ont montré l'absence de tannins alors les feuilles de ces dernières en ont montré en grande quantité.
- Les écorces de l'espèce de l'Imbo ont montré la présence en quantité importante de terpènes par rapport aux autres espèces.
- Les feuilles de l'espèce de Bugesera ont montré la présence de saponines avec une hauteur de mousse élevée (0,9 cm) par rapport aux autres suivie de celle de Mirwa (0,6 cm), Imbo (0,5 cm), Buyogoma et Bututsi (0,4cm).

- Les écorces et feuilles de l'espèce de Mirwa et Bututsi ont montré la présence de tous les métabolites secondaires choisis pour l'étude à des degrés divers ; ce qui coïncide avec les études d'autres chercheurs (Chinweze et al., 2020, Matthew E. et al., 2022, Elaigwu M.et al., 2020).

III.4. Empreintes chromatographiques des échantillons de *P. febrifugum*

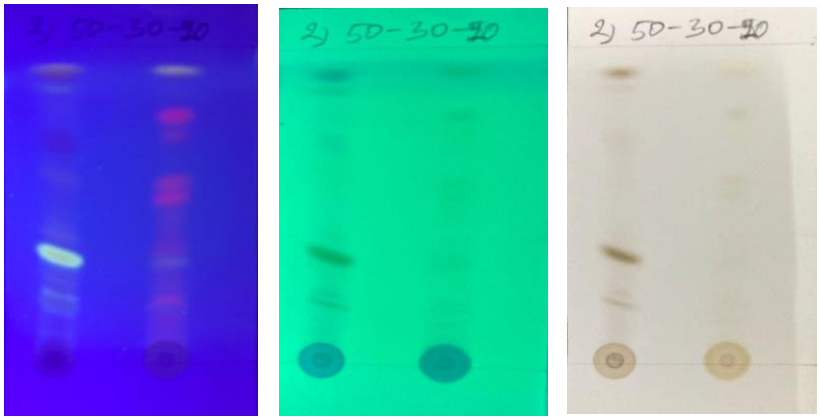
Tous les chromatogrammes des cinq échantillons de l'espèce *P. febrifugum* ont été réalisés dans les mêmes conditions : CCM analytique sur gel de silice G60 F254, couche de 0,25 mm dans le système n-hexane-chloroforme-méthanol (5 :3 :2). Trois prises de photos ont été effectuées en présence de la lumière visible et ultra-violette (254 nm et 365 nm) pour bien visualiser les composés qui absorbent à une telle longueur d'onde au détriment d'une autre. Les figures 16-22 donnent un résumé de la composition chimique de chaque échantillon analysé. Sur chacune des figures 16-20, deux extraits méthanoliques d'échantillon d'écorces et de feuilles de chaque région naturelle ont été déposés sur une plaque, l'extrait d'écorces à gauche et l'extrait des feuilles à droite. Quant aux figures 21-22, tous les extraits méthanoliques des cinq échantillons sont présentés sur une même plaque chromatographique pour faciliter la comparaison des profils phytochimiques de leurs écorces (figure 20) et feuilles (figure 21).



16.a. A 365 nm 16.b. A 254 nm 16.c. Dans le visible

Figure 16 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et des feuilles de l'espèce de Bugesera avec le système n-hexane-chloroforme-méthanol (50 :30 :20)

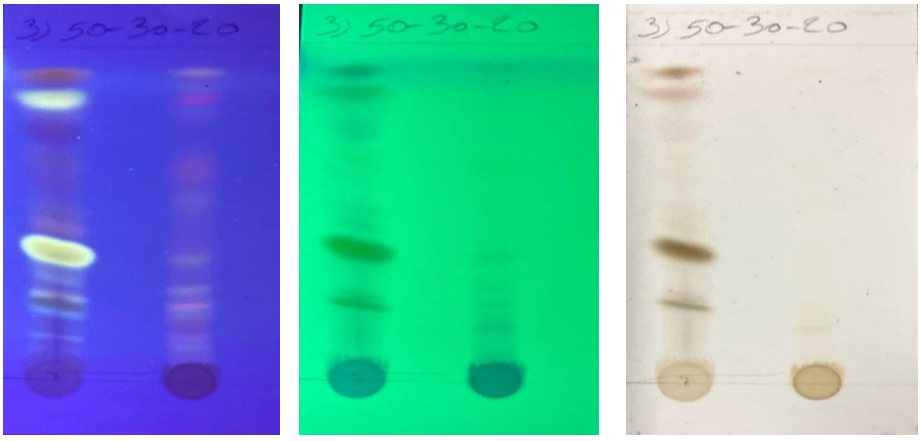
Le chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'espèce de Bugesera à 365 nm a montré qu'il y a un composé commun dont le Rf 0.88 (en blanc cassé), les écorces en plus du composé commun renferment d'autres composés chimiques (en blanc et en mauve) dont les Rf 0,28 et 0,66. Les feuilles présentent aussi des composés dont les Rf sont 0,25 (bleu), 0,53 et 0,75 (en rose) qui les différencient des écorces.



17.a. A 365nm 17.b. A 254nm 17.c. Dans le visible

Figure 17: Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de Buyogoma avec le système n-hexane-chloroforme-méthanol (50 :30 :20)

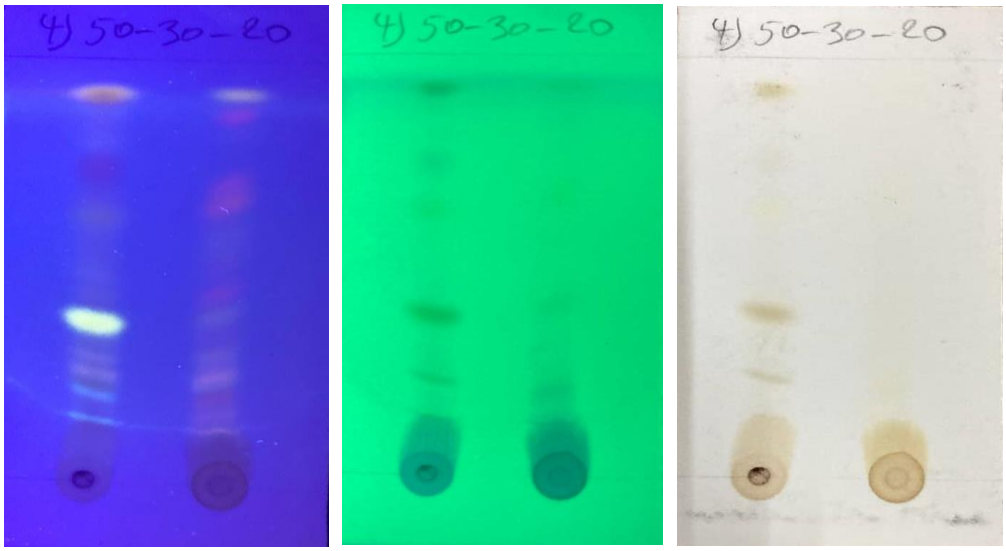
Le chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'espèce de Buyogoma a montré qu'il y a un composé présent uniquement dans les écorces (en blanc dont le Rf est 0.36) et un autre composé (mauve Rf 0,91), les feuilles contiennent aussi différents composés en rose (Rf 0,91 ; 0.8 ; 0.58 ; 0.55) qui sont absents dans les écorces.



18.a. A 365 nm 18.b. A 254 nm 18.c. Dans le visible

Figure 18 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de Mirwa avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20)

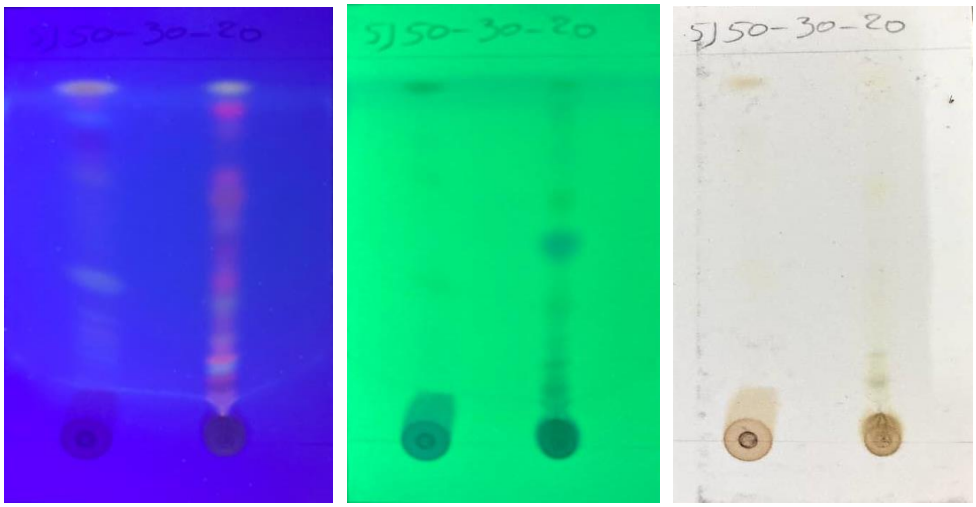
Le chromatogramme de l'extrait méthanoïque des écorces et feuilles de l'espèce de Mirwa à 365 nm a montré qu'il y a des composés (en blanc et blanc cassé Rf 0,41 et 0,88), un composé violet (Rf 0,93) présent dans les écorces alors que les feuilles possèdent des composés dont les Rf sont 0,18 et 0,91 et une série de composés fluorescents qui absorbent à cette longueur d'onde.



19.a. A 365nm 19.b. A 254nm 19.c. Dans le visible

Figure 19: Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de Bututsi avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20)

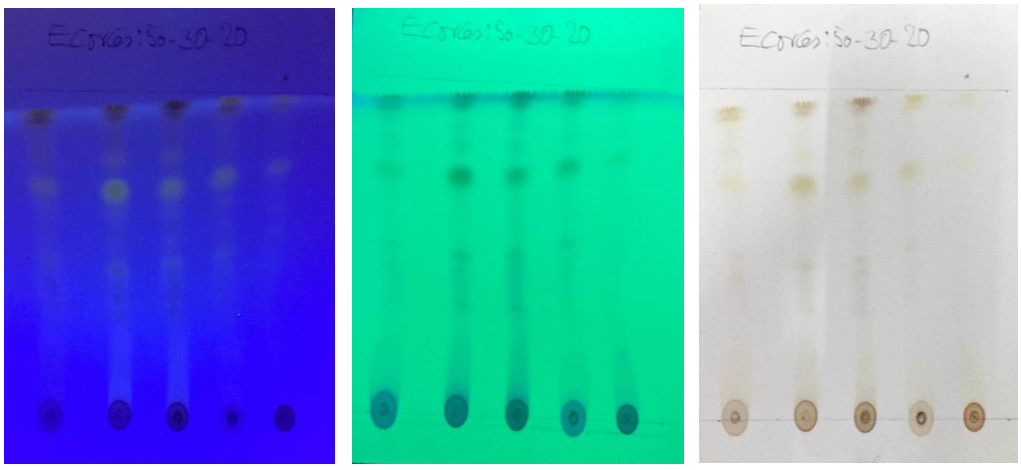
L'observation sur le chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de *P.febrifugum* de Bututsi à 365 et à 254 nm a montré qu'il y a un composé commun pour les écorces et les feuilles en violet (Rf 0,93), les écorces possèdent aussi un composé bien marqué (en blanc) mais qui est absent dans des feuilles dont le Rf 0,41. Les feuilles possèdent d'autres composés dont les Rf 0,83 (en rose), 0,65 (en rose aussi), 0,41 (en bleu) qui les différencient des écorces.



20.a. A 365 nm | 20.b. A 254 nm | 20.c. Dans le visible

Figure 20 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces et feuilles de l'échantillon de l'Imbo avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20)

Le chromatogramme observé à 365 nm a montré que les feuilles regorgent d'une série de composés dont les Rf 0,93 (en jaune), 0,9 ; 0,68 ; 0,6 ; 0,25 (en rose) ; 0,16 (en bleu). Les écorces ont un composé propre dont le Rf 0,93 (en violet) qui n'est pas présent chez les feuilles et une autre série de composés fluorescents.



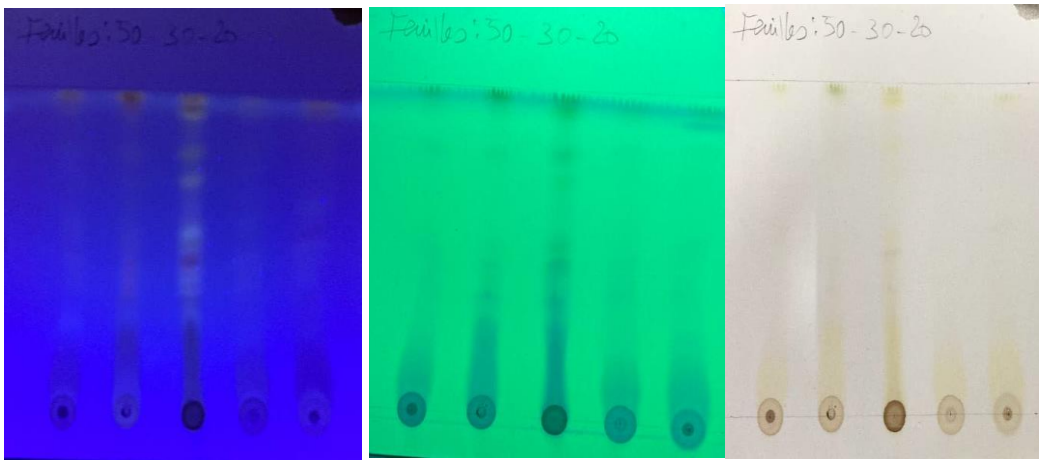
Bug Buy Mir But Imb | **Bug Buy Mir But Imb** | **Bug Buy Mir But Imb**

21.a. A 365 nm | 21.b. A 254 nm | 21.c. Dans le visible

Où **Bug** : Echantillon de Bugesera, **Buy** : Echantillon de Buyogoma, **Mir** : Echantillon de Mirwa, **But** : Echantillon de Bututsi, **Imb** : Echantillon de l'Imbo

Figure 21 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des écorces de l'espèce de cinq régions naturelles du Burundi avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20)

L'observation sur le chromatogramme des extraits méthanoliques des écorces de l'espèce de cinq régions naturelles à 254 nm et 365 nm a montré qu'il y a deux composés pour toutes les espèces qui ont des Rf proches (0,72 et 0,94 pour l'échantillon de Bugesera ; 0,72 et 0,95 pour l'échantillon de Buyogoma ; 0,74 et 0,97 pour l'échantillon de Mirwa ; 0,78 et 0,97 pour l'échantillon Bututsi ; 0,8 et 0,98 pour l'échantillon de Imbo)



Bug Buy Mir But Imb **Bug Buy Mir But Imb** **Bug Buy Mir But Imb**

22.a. A 365 nm 22. b. A 254 nm 22.c. Dans le visible

Où **Bug** : Echantillon de Bugesera, **Buy** : Echantillon de Buyogoma, **Mir** : Echantillon de Mirwa, **But** : Echantillon de Bututsi, **Imb** : Echantillon de l'Imbo

Figure 22 : Chromatogramme de l'extrait méthanolique des feuilles de l'espèce de cinq régions naturelles du Burundi avec le système n-Hexane-Chloroforme-Méthanol (50 :30 :20)

Comme le montre les chromatogrammes (figure 22), les feuilles de l'espèce *P.febrifugum* récoltées dans les cinq régions naturelles contiennent des composés communs qui ont des Rf très proches (0,98 pour les échantillons Bugesera, Buyogoma et Mirwa et 0,97 pour les échantillons Bututsi et Imbo. Probablement que c'est le même composé qui a le Rf variant de 0,97 à 0,98.

Tous les chromatogrammes sont réalisés suivant le modèle de synthèse des monographies des plantes médicinales et sont conformes aux traits des monographies de la Pharmacopée des plantes de l'Afrique de l'Ouest (Bobo-Dioulasso, 2013).

CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

IV.1. Conclusion

L'étude comparative a permis de déterminer la différence phytochimique de *P. febrifugum* provenant de cinq régions naturelles du Burundi. Les activités réalisées sur différents échantillons concernant les rendements d'extraction, le criblage phytochimique et le profil chromatographique sur couche mince ont permis de déceler cette différence. Pour le rendement d'extraction, même si l'extraction a été faite une seule fois par le méthanol sans pour autant arriver à l'épuisement des composes extractibles ce solvant les résultats montrent que l'espèce de Buyogoma a eu un bon rendement (6%) suivie de celle de Mirwa (4,6%), Imbo (3,86%), Bututsi (3,572%) et Bugesera (3,242%) pour les écorces alors que pour les feuilles l'espèce de Bugesera a présenté un rendement d'extraction de 2,462%, Mirwa 2,192%, Imbo 2,012%, Buyogoma 1,992% et celle de Bututsi 0,596%.

Le criblage phytochimique montre que les écorces des échantillons des régions de l'Imbo, Buyogoma et Bugesera connaissent l'absence de tannins alors que les feuilles de ces dernières en montrent en grande quantité ; les écorces de l'espèce de l'Imbo montrent la présence en quantité importante de terpènes par rapport à l'espèce provenant des autres régions. Les feuilles de l'échantillon de Bugesera montrent la présence de saponines avec une hauteur de mousse élevée (0,9 cm). Le profil chromatographique sur couche mince des écorces a montré qu'il y a deux composés pour tous les échantillons qui ont des Rf proches (0,72 et 0,94 pour l'échantillon 1 ; 0,72 et 0,95 pour l'échantillon 2 ; 0,74 et 0,97 pour l'échantillon 3 ; 0,78 et 0,97 pour l'échantillon 4 ; 0,8 et 0,98 pour l'échantillon 5) alors que pour les feuilles, nous avons un composé qui a des Rf très proches (il s'agit probablement d'un même composé qui a le Rf variant de 0,97 à 0,98).

IV.2. Perspectives

Il est souhaitable que les travaux ultérieurs se focalisent sur la connaissance des grands groupes chimiques de composés observés sur les chromatogrammes, de doser et élucider leurs structures chimiques si le matériel et réactifs seront disponibles.

Il est aussi nécessaire que les monographies des recettes médicinales du Burundi soient synthétisées pour mettre en place la pharmacopée burundaise afin de servir de référence pour les futures générations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abongwa, M., Samje, M., Ayimele, G. A., Babiaka, S. B., Bulman, C., Sakanari, J., Koszewski, N. J., Verma, S., Goff, J., Cho-Ngwa, F., Martin, R. J., & Robertson, A. P. (2021). Filaricidal activity of *Daniellia oliveri* and *Psorospermum febrifugum* extracts. Parasites & Vectors, 14(1), 305.

Abou-Shoer M., Boettner, F. E., Chang, C.-J., & Cassady, J. M. (1988). Antitumour and cytotoxic xanthones of *Psorospermum febrifugum*. Phytochemistry, *27*(9), 2795–2800.

Africa PLant Database—*Psorospermum febrifugum* Spach. consulté le 10 Avril 2024

Agbogba F., Sacramento T. I., Tchogou A.P., Medoatinsa E., Kanfon E. R., Atakpa E., Agbangnan Dossa C. P., Loko F., Lalèyè A., Atègbo J-M, Sènou M., & Sèzan A. (2019). The aqueous extract of the root bark of *Psorospermum febrifugum* Spach effectively corrects anaemi*a*. Journal / Journal of Applied Biosciences / Vol. 139 (2019)

Mboneye A., Onchweri, A., Neeza, T., & Odoma, S. (2023). Preliminary Phytochemical Screening and Quantitative Analysis of Methanol Leaf Extract of Erlangea tomentosa (Oliv. & Hiern) S.Moore (Asteraceae). Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry, *7*, 24–32.

Asogwa, F. C., Ibezim, A., Ntie-Kang, F., Asogwa, C. J., & Okoye, C. O. B. (2019). Anti-psoriatic and immunomodulatory evaluation of *Psorospermum febrifugum* spach and its phytochemicals. Scientific African, *7*, e00229.

Babulka, P. (2007). Plantes médicinales du traitement des pathologies rhumatismales: De la médecine traditionnelle à la phytothérapie moderne. Phytothérapie, *5*(3), 137–145.

Bagayogo, M. (2020). Contrôle de qualité botanique des plantes des Médicaments Traditionnels Améliorés du Departement Médecine Traditionnel du Mali. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako.

Bauer, B. (2012). Historical review of medicinal plants' usage. Pharmacognosy Reviews, 6, 1–5.

Benito Soto-Blanco. (2022). Herbal glycosides in healthcare. Herbal Biomolecules in Healthcare Applications (pp.239-282)

Bobo-Dioulasso. (2013). West African Herbal Pharmacopoeia. West African Health Organisation (WAHO). Burkina Faso.

Chinweze, J. N., Abugu, H. O., & Okoye, C. O. B. (2020). Antioxidant Activity of *Psorospermum febrifugum* and *Harungana madagascariensis* (Hypericaceae) Stem Bark Ethanolic Extracts. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. ISSN : 0975-7384

Elaigwu M., Oluma H.O.A., Aguoru C.U., Onekutu A. (2020). Screening and Phytochemical Analysis of some plants extracts against aflatoxin producing fungi in Sesame, Benue State, Nigeria. American Journal of Plant Sciences. ISSN 2158-2750.

Elaigwu M., Ocheigwu H.A.O, & Terrumun A.T-A. (2022). Screening and Analysis of Methanolic Leaf Extract of *Psorospermum febrifugum* (SPACH). Journal of Botanical Research. Volume 4, Issue 2.

Hakizimana D., Masharabu T., Citegetse G., Bizimana D. & Manirambona A. (2010). Zones Importantes de Conservation des Oiseaux au Burundi. Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature, 8e édition

Gallé, J.-B. (2015). Pharmacochimie d'anthranoïdes issus du genre Psorospermum (Hypericaceae): Isolement, activités antiparasitaires et synthèse d'analogues structuraux. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg.

Georges Troupin. (1978). Flore du Rwanda-spermatophytes volume i. musée royal de l'Afrique Centrale - Tervuren-, Belgique annales - série in-8e - sciences économiques - n° 9.

Ngezahayo J., Havyarimana F., Hari L., Caroline S., Pierre D. (2015). Medicinal plants used by Burundian traditional healers for the treatment of microbial diseases. *Journal of Ethnopharmacology*, *173*, 338–351.

Lango-Yaya E., Worowounga X., Mathurin I-M., Namkona A-F., Saravolia M., Rafai D. C., & and Syssa-Magalé J-L. (2020). Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extrais méthanoliques des écorces de racines de Paullinia pinnata et des feuilles de Petaclethra macrophylla. ISSN 1997-5902.

Martz, F., Peltola, R., Fontanay, S., Duval, R. E., Julkunen-Tiitto, R., & Stark, S. (2009). Effect of Latitude and Altitude on the Terpenoid and Soluble Phenolic Composition of Juniper (Juniperus communis) Needles and Evaluation of Their Antibacterial Activity in the Boreal Zone. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(20), 9575–9584.

MNHN. (2012). Specimen—*Psorospermum febrifugum* Spach. Ann. Sci. Nat., Bot., ser.2,5: 163(1836).

Mohamed G., Lahcen Z. et Allal D. (2014). Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète au Sahara marocain (Tan-Tan). Journal of Animal and Plant Sciences (JAPS) -ISSN 2071—7024.

Nagawa, C. B., Böhmdorfer, S., & Rosenau, T. (2015). Chemical composition of volatiles extracted from indigenous tree species of Uganda: Composition of bark extracts from *Psorospermum febrifugum* and *Milicia excelsa*. Holzforschung, *69*(6), 815–821.

Nambooze, J. (2019). Isolation and structural elucidation of antibacterial triterpenoids compounds from stem bark of *Psorospermum Febrifugum* (spach var. Febrifugum). College of Natural Sciences (CoNAS)

Nzigidahera, B., Habiyaremye, F. M., Mbarushimana, D., Masabo, O., de Bisthoven, L. J., & Habonimana, B. (2020). Habitats du Parc national de la Ruvubu. Office burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE), Burundi.

Osama AL NASER. (2018). Effet des conditions environnementales sur les caractéristiques morpho-physiologiques et la teneur en métabolites secondaires chez Inula montana « Une plante de la médecine traditionnelle Provençale ». Thèse de doctorat, École doctorale 536 « Sciences et agrosciences »**.** Montpellier.

Ouedraogo S., Jules Y., Tata K.T., Mathieu N., Bavouma C. S., Diawara H.Z., Yameogo J.B.G., Abdoulaye D., Belemnaba L., Félix B. K., Sylvin O, Rasmané S.(2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15(2)

Ouoba, K., Lehmann, H., Semde, R., & Pabst, J.-Y. (2022). Revue de la littérature sur la pharmacovigilance des médicaments issus des pharmacopées traditionnelles. Partie I: Identification des risques. Annales Pharmaceutiques Françaises, *80*(5), 646–658.

Tsiry R., Quentin L., Duez P. and Mondher E. J. (2015). The formation of biofilms by Pseudomonas aeruginosa: A review of the natural and synthetic compounds interfering with control mechanisms. Biomed Res Int. 2015;759348.

Tamokou, J. de D., Chouna, J. R., Fischer-Fodor, E., Chereches, G., Barbos, O., Damian, G., Benedec, D., Duma, M., Efouet, A. P. N., Wabo, H. K., Kuiate, J. R., Mot, A., & Silaghi-Dumitrescu, R. (2013). Anticancer and Antimicrobial Activities of Some Antioxidant-Rich Cameroonian Medicinal Plants. PLoS ONE, 8(2), e55880.

The International Pharmacopoeia (2022). Eleventh Edition of The International Pharmacopoeia. Consulté le 10 Avril 2024.

Wagner H., Sabine B. (1996). Plant drug analysis, A Thin Layer Chromatography,Atlas.

Wasser, N. (2018). Synthèse et évaluation de l'activité anti-Leishmania d'anthranoïdes issus du genre Psorospermum (Hypericaceae) utilisé en médecine traditionnelle camerounaise [Phdthesis, Université de Strasbourg].

WHO (2020). WHO supports scientifically-proven traditional medicine. **Brazzaville**

WHO (2021). Collaboration entre la médecine traditionnelle et la médecine moderne au Burundi: Une innovation en phase de progrès ! Bureau régional pour l'Afrique.

ANNEXES



Figure a : Echantillon de *P. febrifugum* récolté dans la région naturelle de Mirwa, colline Mugimbu, commune Murwi, province CIBITOKE



Figure b : Echantillon de *P. febrifugum* récolté dans la région naturelle de Buyogoma, colline Rwamvura, commune Kigamba, province CANKUZO



Figure c : Echantillon de *P. febrifugum* récoltée dans la région naturelle de Bugesera, colline Mutara, commune Kirundo, province KIRUNDO



Figure d : Echantillon de *P. febrifugum* récolté dans la région naturelle de Bututsi, colline Rwamabuye, commune Rutovu, province BURURI



Figure e: Echantillon de *P. febrifugum* récoltée dans la région naturelle de l'Imbo, colline Rwaniro, commune Burambi, province RUMONGE