

European Scientific Journal, *ESJ*

February 2025

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

February 2025 edition vol. 21, No. 6

The content of this journal do not necessarily reflect the opinion or position of the European Scientific Institute. Neither the European Scientific Institute nor any person acting on its behalf is responsible for the use of the information contained in this publication.

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

Generativity is a Core Value of the ESJ: A Decade of Growth

Erik Erikson (1902-1994) was one of the great psychologists of the 20th century¹. He explored the nature of personal human identity. Originally named Erik Homberger after his adoptive father, Dr. Theodore Homberger, he re-imagined his identity and re-named himself Erik Erikson (literally Erik son of Erik). Ironically, he rejected his adoptive father's wish to become a physician, never obtained a college degree, pursued independent studies under Anna Freud, and then taught at Harvard Medical School after emigrating from Germany to the United States. Erickson visualized human psychosocial development as eight successive life-cycle challenges. Each challenge was framed as a struggle between two outcomes, one desirable and one undesirable. The first two early development challenges were 'trust' versus 'mistrust' followed by 'autonomy' versus 'shame.' Importantly, he held that we face the challenge of **generativity** versus **stagnation in middle life**. This challenge concerns the desire to give back to society and leave a mark on the world. It is about the transition from acquiring and accumulating to providing and mentoring.

Founded in 2010, the European Scientific Journal is just reaching young adulthood. Nonetheless, **generativity** is one of our core values. As a Journal, we reject stagnation and continue to evolve to meet the needs of our contributors, our reviewers, and the academic community. We seek to innovate to meet the challenges of open-access academic publishing. For us,

¹ Hopkins, J. R. (1995). Erik Homburger Erikson (1902–1994). *American Psychologist*, 50(9), 796-797. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.796>

generativity has a special meaning. We acknowledge an obligation to give back to the academic community, which has supported us over the past decade and made our initial growth possible. As part of our commitment to generativity, we are re-doubling our efforts in several key areas. First, we are committed to keeping our article processing fees as low as possible to make the ESJ affordable to scholars from all countries. Second, we remain committed to fair and agile peer review and are making further changes to shorten the time between submission and publication of worthy contributions. Third, we are looking actively at ways to eliminate the article processing charges for scholars coming from low GDP countries through a system of subsidies. Fourth, we are examining ways to create and strengthen partnerships with various academic institutions that will mutually benefit those institutions and the ESJ. Finally, through our commitment to publishing excellence, we reaffirm our membership in an open-access academic publishing community that actively contributes to the vitality of scholarship worldwide.

Sincerely,

Daniel B. Hier, MD

European Scientific Journal (ESJ) Natural/Life/Medical Sciences

Editor in Chief

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Robert Szucs,
University of Debrecen, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

Mahmoud Sabri Al-Asal,
Jadara University, Irbid-Jordan

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

Majid Said Al Busafi,
Sultan Qaboos University- Sultanate of Oman

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

Muntean Edward Ioan,
University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine (USAMV) Cluj-Napoca,
Romania

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrücken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

Louis Valentin Mballa,
Autonomous University of San Luis Potosi, Mexico

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

Grazia Angeloni,
University "G. d'Annunzio" in Chieti, Italy

Chandrasekhar Putcha,
California State University, Fullerton, CA, USA

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
Shamakhy Astrophysical Observatory of the Ministry of Science and Education of the
Republic of Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

Giuseppe Cataldi,
University of Naples “L’Orientale”, Italy

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeoascoechea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

Tirso Javier Hernandez Gracia,
Autonomous University of Hidalgo State, Mexico

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

David L. la Red Martinez,
Northeastern National University, Argentina

Anastassios Gentzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

Milan Radosevic,
Faculty Of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

Hisham S Ibrahim Al-Shaikhli,
Auckland University of Technology, New Zeland

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

Nouh Ibrahim Saleh Alguzo,
Imam Muhammad Ibn Saud Islamic University, Saudi Arabia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

Maurizio Di Paolo Emilio,
University of L'Aquila, Italy

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

Arun N. Ghosh,
West Texas A&M University, USA

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

Salloom A. Al-Juboori,
Muta'h University, Jordan

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

Claus W. Turtur,
University of Applied Sciences Ostfalia, Germany

Michele Russo,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

Andrea Baranovska,
University of st. Cyrill and Methodius Trnava, Slovakia

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Natalia Sizochenko
Dartmouth College, USA

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliq,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

Claudia M. Dellafiore,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

Monica Monea,
University of Medicine and Pharmacy of Tirgu Mures, Romania

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

Oscar Armando Esparza Del Villar,
University of Juarez City, Mexico

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

Sivanadane Mandjiny,
University of N. Carolina at Pembroke, USA

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

Ayub Nabi Khan,
BGMEA University of Fashion & Technology, Bangladesh

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

Arianna Di Vittorio,
University of Bari "Aldo Moro", Italy

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

Sherin Y. Elmahdy,
Florida A&M University, USA

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katsarska,
Air Force Academy, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

Iane Franceschet de Sousa,
Federal University S. Catarina, Brazil

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

Whei-Mei Jean Shih,
Chang Gung University of Science and Technology, Taiwan

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Holy Family University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Sergio Scicchitano,
Research Center on Labour Economics (INAPP), Italy

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmel Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

Paula E. Faulkner,
North Carolina Agricultural and Technical State University, USA

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

Manuel Gonzalez Perez,
Universidad Popular Autonoma del Estado de Puebla, Mexico

Denis Pompidou Folefack,
Centre Africain de Recherche sur Bananiers et Plantains (CARBAP), Cameroon

Seka Yapi Arsene Thierry,
Ecole Normale Supérieure Abidjan (ENS Ivory Coast)

Dastagiri MB,
ICAR-National Academy of Agricultural Research Management, India

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

Katica Kulavkova,
University of "Ss. Cyril and Methodius", Republic of Macedonia

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

Forchap Ngang Justine,
University Institute of Science and Technology of Central Africa, Cameroon

Toure Krouele,
Ecole Normale Supérieure d'Abidjan, Ivory Coast

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

Leonidas Antonio Cerda Romero,
Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Ecuador

T.M.S.P.K. Thennakoon,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Aderewa Amontcha,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

Khadija Kaid Rassou,
Centre Regional des Metiers de l'Education et de la Formation, Morocco

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

Aaron Victor Reyes Rodriguez,
Autonomous University of Hidalgo State, Mexico

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

Kouame Konan,
Peleforo Gon Coulibaly University of Korhogo, Ivory Coast

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

Toleba Seidou Mamam,
Universite d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehualashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

Lucrezia Maria de Cosmo,
University of Bari "Aldo Moro", Italy

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

Olugbamila Omotayo Ben,
Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

Eveligh Cecilania Prado-Carpio,
Technical University of Machala, Ecuador

Maria Clideana Cabral Maia,
Brazilian Company of Agricultural Research - EMBRAPA, Brazil

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

Valeria Alejandra Santa,
Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

Goran Ilik,
"St. Kliment Ohridski" University, Republic of Macedonia

Amir Mohammad Sohrabian,
International Information Technology University (IITU), Kazakhstan

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

Robert Cobb Jr,
North Carolina Agricultural and Technical State University, USA

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

Iulia-Cristina Muresan,
University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Romania

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

Adou Paul Venance,
University Alassane Ouattara, Cote d'Ivoire

Nkwenka Geoffroy,
Ecole Superieure des Sciences et Techniques (ESSET), Cameroon

Benie Aloh J. M. H.,
Felix Houphouet-Boigny University of Abidjan, Cote d'Ivoire

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

N'guessan Tenguel Sosthene,
Nangui Abrogoua University, Cote d'Ivoire

Ackoundoun-Nguessan Kouame Sharll,
Ecole Normale Superieure (ENS), Cote d'Ivoire

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
Chouaib Doukkali University, Morocco

Gnamien Konan Bah Modeste,
Jean Lorougnon Guede University, Cote d'Ivoire

Sufi Amin,
International Islamic University, Islambad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Asli Cazorla Milla,
Universidad Internacional de Valencia, Spain

Valentin Marian Antohi,
University Dunarea de Jos of Galati, Romania

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

N. K. B. Raju,
Sri Venkateswara Veterinary University, India

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Topazart, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

Yasangi Anuradha Iddagoda,
Chartered Institute of Personal Management, Sri Lanka

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

Kahi Oulai Honore,
University of Bouake, Cote d'Ivoire

Ma'moun Ahmad Habiballah,
Al Hussein Bin Talal University, Jordan

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

Franca Daniele,
"G. d'Annunzio" University, Chieti-Pescara, Italy

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

Kazimierz Albin Klosinski,
John Paul II Catholic University of Lublin, Poland

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

Jose Grillo Evangelista,
Egas Moniz Higher Institute of Health Science, Portugal

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

Daniel B. Hier,
Missouri University of Science and Technology, USA

S. Sendil Velan,
Dr. M.G.R. Educational and Research Institute, India

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

Sara I. Abdelsalam,
The British University in Egypt, Egypt

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

H.A. Nishantha Hettiarachchi,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

Kamal Niaz,
Cholistan University of Veterinary & Animal Sciences, Pakistan

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

Amal Talib Al-Sa'ady,
Babylon University, Iraq

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

Mihnea-Alexandru Gaman,
University of Medicine and Pharmacy, Romania

Daniela-Maria Cretu,
Lucian Blaga University of Sibiu, Romania

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

Jonas Kwabla Fiadzawoo,
University for Development Studies (UDS), Ghana

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

Monica Butnariu,
University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine "King Michael I, Romania

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

Francesco D. d'Ovidio,
University of Bari "Aldo Moro", Italy

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

Rajko Odobasa,
University of Osijek, Faculty of Law, Croatia

Jesusa Villanueva-Gutierrez,
University of Tabuk, Tabuk, KSA

Leonardo Jose Mataruna-Dos-Santos,
Canadian University of Dubai, UAE

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morocco

Farid Samir Benavides Vanegas,
Catholic University of Colombia, Colombia

Nedret Kuran Burcoglu,
Emeritus of Bogazici University, Turkey

Julio Costa Pinto,
University of Santiago de Compostela, Spain

Satish Kumar,
Dire Dawa University, Ethiopia

Favio Farinella,
National University of Mar del Plata, Argentina

Jorge Tenorio Fernando,
Paula Souza State Center for Technological Education - FATEC, Brazil

Salwa Alinat,
Open University, Israel

Hamzo Khan Tagar,
College Education Department Government of Sindh, Pakistan

Rasool Bukhsh Mirjat,
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

Samantha Goncalves Mancini Ramos,
Londrina State University, Brazil

Mykola Nesprava,
Dnoproperovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

Awwad Othman Abdelaziz Ahmed,
Taif University, Kingdom of Saudi Arabia

Giacomo Buoncompagni,
University of Florence, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

Luisa Maria Arvide Cambra,
University of Almeria, Spain

Charahabil Mohamed Mahamoud,
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,
Islamic Azad University, Iran

Mohamed Elsayed Elnaggar,
The National Egyptian E-Learning University , Egypt

Said Kammas,
Business & Management High School, Tangier, Morocco

Harouna Issa Amadou,
Abdou Moumouni University of Niger

Achille Magloire Ngah,
Yaounde University II, Cameroun

Gnagne Agness Esoh Jean Eudes Yves,
Universite Nangui Abrogoua, Cote d'Ivoire

Badoussi Marius Eric,
Université Nationale des sciences, Technologies,
Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM) , Benin

Carlos Alberto Batista Dos Santos,
Universidade Do Estado Da Bahia, Brazil

Oumar Bah,
Sup' Management, Mali

Angelica Selene Sterling Zozoaga,
Universidad del Caribe, Mexico

Josephine W. Gitome,
Kenyatta University, Kenya

Keumean Keiba Noel,
Felix Houphouet Boigny University Abidjan, Ivory Coast

Tape Bi Sehi Antoine,
University Peleforo Gon Coulibaly, Ivory Coast

Atsé Calvin Yapi,
Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Desara Dushi,
Vrije Universiteit Brussel, Belgium

Mary Ann Hollingsworth,
University of West Alabama, Liberty University, USA

Aziz Dieng,
University of Portsmouth, UK

Ruth Magdalena Gallegos Torres,
Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico

Alami Hasnaa,
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

Emmanuel Acquah-Sam,
Wisconsin International University College, Ghana

Fabio Pizzutilo,
University of Bari "Aldo Moro", Italy

Hicham Chairi,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Noureddine El Aouad,
University Abdelmalek Essaady, Morocco

Samir Diouny,
Hassan II University, Casablanca, Morocco

Gibet Tani Hicham,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Anoua Adou Serge Judicael,
Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Abderrahim Ayad,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Sara Teidj,
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

Gbadamassi Fousséni,
Université de Parakou, Benin

Bouyahya Adil,
Centre Régional des Métiers d'Education et de Formation, Maroc

Haounati Redouane,
Ibn Zohr Agadir, Morocco

Hicham Es-soufi,
Moulay Ismail University, Morocco

Imad Ait Lhassan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

Givi Makalatia,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Adil Brouri,
Moulay Ismail University, Morocco

Noureddine El Baraka,
Ibn Zohr University, Morocco

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Oussama Mahboub,
Queens University, Kingston, Canada

Markela Muca,
University of Tirana, Albania

Tessougue Moussa Dit Martin,
Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali

Kledi Xhaxhiu,
University of Tirana, Albania

Saleem Iqbal,
University of Balochistan Quetta, Pakistan

Dritan Topi,
University of Tirana, Albania

Dakouri Guissa Desmos Francis,
Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

Adil Youssef Sayeh,
Chouaib Doukkali University, Morocco

Zineb Tribak,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Ngwengeh Brendaline Belo,
University of Biea, Cameroon

El Agy Fatima,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

Julian Kraja,
University of Shkodra "Luigj Gurakuqi", Albania

Nato Durglishvili,
University of Georgia, Georgia

Abdelkrim Salim,
Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria

Omar Kchit,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Isaac Ogundu,
Ignatius Ajuru University of Education, Nigeria

Giuseppe Lanza,
University of Catania, Italy

Monssif Najim,
Ibn Zohr University, Morocco

Luan Bekteshi,
"Barleti" University, Albania

Malika Belkacemi,
Djillali Liabes, University of Sidi Bel Abbes, Algeria

Oudani Hassan,
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

Merita Rumano,
University of Tirana, Albania

Mohamed Chiban,
Ibn Zohr University, Morocco

Tal Pavel,
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

Jawad Laadraoui,
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

El Mourabit Youssef,
Ibn Zohr University, Morocco

Mancer Daya,
University of Science and Technology Houari Boumediene, Algeria

Krzysztof Nesterowicz,
Ludovika-University of Public Service, Hungary

Laamrani El Idrissi Safae,
Ibn Tofail University, Morocco

Suphi Ural,
Cukurova University, Turkey

Emrah Eray Akca,
Istanbul Aydin University, Turkey

Selcuk Poyraz,
Adiyaman University, Turkey

Ocak Gurbuz,
University of Afyon Kocatepe, Turkey

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

Mateen Abbas,
Capital University of Science and Technology, Pakistan

Muhammed Bilgehan Aytac,
Aksaray University, Turkey

Sohail Nadeem,
Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan

Salman Akhtar,
Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan

Afzal Shah,
Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan

Muhammad Tayyab Naseer,
Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan

Asif Sajjad,
Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan

Atif Ali,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Shahzda Adnan,
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

Waqar Ahmed,
Johns Hopkins University, USA

Faizan ur Rehman Qaiser,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Choua Ouchemi,
Université de N'Djaména, Tchad

Syed Tallataf Hussain Shah,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Saeed Ahmed,
University of Management and Technology, Pakistan

Hafiz Muhammad Arshad,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Johana Hajdini,
University "G. d'Annunzio" of Chieti-Pescara, Italy

Mujeeb Ur Rehman,
York St John University, UK

Noshaba Zulfiqar,
University of Wah, Pakistan

Muhammad Imran Shah,
Government College University Faisalabad, Pakistan

Niaz Bahadur Khan,
National University of Sciences and Technology, Islamabad, Pakistan

Titilayo Olotu,
Kent State University, Ohio, USA

Kouakou Paul-Alfred Kouakou,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Côte d'Ivoire

Sajjad Ali,
Karakoram International University, Pakistan

Hiqmet Kamberaj,
International Balkan University, Macedonia

Sanna Ullah,
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

Khawaja Fahad Iqbal,
National University of Sciences and Technology (NUST), Pakistan

Heba Mostafa Mohamed,
Beni Suf University, Egypt

Abdul Basit,
Zhejiang University, China

Karim Iddouch,
International University of Casablanca, Morocco

Jay Jesus Molino,
Universidad Especializada de las Américas (UDELAS), Panama

Imtiaz-ud-Din,
Quaid-e-Azam University Islamabad, Pakistan

Dolantina Hyka,
Mediterranean University of Albania

Yaya Dosso,
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

Essedaoui Aafaf,
Regional Center for Education and Training Professions, Morocco

Silue Pagadjovongo Adama,
Peleforo GON COULIBALY University, Cote d'Ivoire

Soumaya Outellou,
Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques, Morocco

Rafael Antonio Estevez Ramos,
Universidad Autónoma del Estado de México

Mohamed El Mehdi Saidi,
Cadi Ayyad University, Morocco

Ouattara Amidou,
University of San Pedro, Côte d'Ivoire

Murry Siyasiya,
Blantyre International University, Malawi

Benbrahim Mohamed,
Centre Regional des Métiers de l'Éducation et de la Formation d'Inezgane (CRMEF),
Morocco

Emmanuel Gitonga Gicharu,
Mount Kenya University, Kenya

Er-razine Soufiane,
Regional Centre for Education and Training Professions, Morocco

Foldi Kata,
University of Debrecen, Hungary

Elda Xhumari,
University of Tirana, Albania

Daniel Paredes Zempual,
Universidad Estatal de Sonora, Mexico

Jean Francois Regis Sindayihebura,
University of Burundi, Burundi

Luis Enrique Acosta Gonzlez,
University of Holguin, Cuba

Odoziobodo Severus Ifeanyi,
Enugu State University of Science and Technology, Enugu, Nigeria

Maria Elena Jaime de Pablos,
University of Almeria, Spain

Soro Kolotcholoma Issouf
Peleforo Gon Coulibaly University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa
Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro
University of Lome, Togo

Soro Kolotcholoma Issouf
Peleforo GON COULIBALY University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa

Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro

University of Lome, Togo

Kouakou N'dri Laurent

Alassane Ouattara University, Ivory Coast

Jalila Achouaq Aazim

University Mohammed V, Morocco

Georgios Farantos

University of West Attica, Greece

Maria Aránzazu Calzadilla Medina

University of La Laguna, Spain

Tiendrebeogo Neboma Romaric

Nazi Boni University, Burkina Faso

Dionysios Vourtsis

University of West Attica, Greece

Zamir Ahmed

Government Dehli Degree Science College, Pakistan

Akinsola Oluwaseun Kayode

Chrisland University, Nigeria

Rosendo Romero Andrade

Autonomous University of Sinaloa, Mexico

Belamalem Souad

University Ibn Tofail, Morocco

Hoummad Chakib

Cadi Ayyad University, Morocco

Jozsef Zoltan Malik

Budapest Metropolitan University, Hungary

Sahar Abboud Alameh

LIU University, Lebanon

Rozeta Shahinaj

Medical University of Tirana, Albania

Rashidat Ayanbanke Busari
Robert Gordon University, UK

Tornike Merebashvili
Grigol Robakidze University, Georgia

Zena Abu Shakra
American University of Dubai, UAE

Table of Contents:

Examining the Risk of Delirium Among Residents with Diabetes in Long-Term Care Homes Across Ontario.....1

Roberta Heale

Robyn Gorham

Lori Rietze

Laura Hill

A Rare Case of Caecal Desmoid Tumor.....17

Anas Elwassi

Khalid Jamaledine

Ayoub Amor

Kenza Benjelloune

Amal Hajri

Driss Erguibi

Rachid Boufettal

Saad Jai Rifki

Farid Chehab

Maternal Perception of Medicinal Foods in Child Feeding Practices: A Study in Marsabit County, Kenya.....25

Rose Chepkorir

Agatha Christine Onyango

David Masinde

Caroline Patricia Musita

**Design and Implementation of an Experimental Thermoelectric System
From Wood Waste.....41**

Emilienne Laure Ngahane

Meguedong Kelly Maapou

Lontsi Rodine Tchifofo

**Caractérisation géomorphologique, floristique et structurale de la forêt
communautaire d'Aliyamounou à Kankan en Guinée.....57**

Fodé Salifou Soumah

Sâa Momory Kamano

Soumaïla Conde

Youssouf Camara

**Évaluation de l'effet cicatrisant de la gomme de *Saba senegalensis* chez
Rattus norvegicus.....76**

Yao Yves Kouame

Soualio Kamagate

Yeboué Koffi François Kouakou

**Etiologies et facteurs associés au décès chez les patients hospitalisés pour
méningo-encéphalite au service des maladies infectieuses et tropicales du
Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Donka, Guinée.....94**

Mamadou Oury Safiatou Diallo

Ibrahima Bah

Djiki Camara

Fodé Bangaly Sako

Mamadou Saliou Sow

**Prevalence and Correlation of Vitamin B12 and Vitamin D Levels Among
Jordanian Patients.....109**

Eman N. Alfrehat

Essra M. Alnsour

Enas M. Al Hmeisat

Firas Alsoleihat

**Perceptions locales des feux de paturage dans la region
d'Ihorombe.....127**

Silizany Clarisse Mahafety

Cheban Saoly

Norodiny

Félicité Rejo Fienena

**Influence des Doses de Roche Phosphatée et/ou de Superphosphate Triple
sur les Rendements du Riz de Bas-Fonds Affectés par l'Acidité dans le
Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.....143**

Kouassi Pla Adou

Konan-Kan Hippolith Kouadio

Affi Jeanne Bongoua-Devisme

Franck Michaël Lemonou Bahan

Anselme Kan Louis Koko

**Facteurs socioculturels influençant l'utilisation et la gestion des eaux
thermales dans la province du Sud-Kivu, en République Démocratique
du Congo (RDC).....163**

Marc Nyamugabo Ntavuna

Louis Nahimana

Louissette Wimba Kayange

Pascal Nsambu

Prudence Bararunyeretse

Edouard Niyongabo

Examining the Risk of Delirium Among Residents with Diabetes in Long-Term Care Homes Across Ontario

Roberta Heale, NP-PHC, MN, DNP, PhD

Full Professor, Laurentian University, Canada

Robyn Gorham, NP-PHC, MN, EdD

Associate Professor, Laurentian University, Canada

Lori Rietze, RN, MSc, PhD

Associate Professor, Laurentian University, Canada

Laura Hill, NP-Adult, MScN

Sessional Professor, Laurentian University, Canada

NP Health Sciences North, Canada

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p1](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p1)

Submitted: 11 November 2024

Accepted: 11 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Heale R., Gorham R., Rietze L. & Hill L. (2025). *Examining the Risk of Delirium Among Residents with Diabetes in Long-Term Care Homes Across Ontario*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p1>

Abstract

Aim: To examine risk factors for delirium in residents with diabetes in Ontario's LTC homes. **Scope:** Residents in long-term care (LTC) are vulnerable to negative outcomes related to diabetes, including delirium. Understanding factors related to the risk of delirium for residents with diabetes provides the foundation for the mitigation of delirium in this population. **Methods:** A population-based retrospective analysis of the RAI-MDS dataset (2019–2020) was conducted. **Findings:** Diabetes was associated with a statistically significant increased risk of delirium (Odds Ratio: 1.073, CI 1.038–1.109), compounded by polypharmacy. **Conclusions:** Comprehensive delirium mitigation strategies are needed for this vulnerable population. Strategies to mitigate delirium in this population should be implemented.

Keywords: Diabetes, delirium, older person, long-term care, Ontario

Introduction

The management of patients with diabetes presents a multifaceted challenge, with a spectrum of potential complications that can significantly impact both morbidity and mortality rates. Among these complications, delirium emerges as a particularly perilous entity, often overlooked amidst the intricate web of diabetes-related concerns. In vulnerable populations, such as residents of long-term care facilities, the risk of underreporting delirium is pronounced, because of the nuanced presentation that mirrors the symptoms of other conditions such as behaviours of dementia. This paper endeavors to unravel the intricate interplay between diabetes, delirium, and the challenges associated with identifying and addressing this lethal complication within the context of long-term care settings. By exploring these complexities, we aim to enhance clinical understanding and highlight the importance of comprehensive assessment strategies tailored to the unique needs of diabetic patients, particularly in vulnerable populations susceptible to under recognition of delirium.

Delirium is an acute cognitive disturbance in attention and awareness requiring urgent medical attention (Kotfis et al., 2022). Symptoms of hyperactive delirium can include restlessness or agitation, with increased verbalization or physical movements. Hypoactive delirium can present as lethargy, a decreased level of consciousness or not engaging with outside stimuli, at times looking similar to a depressive state. The two subtypes can also exist together, with the patient fluctuating between hyperactive and hypoactive, giving the mixed state delirium (la Cour et al., 2022). Although delirium is reversible, it must be recognized and treated early as it can otherwise lead to permanent deterioration in activities of daily living, frailty, and death (Gagliardi, 2008; Iglseider et al., 2022; Stollings et al., 2021). Delirium is the most common acute cognitive disorder in geriatric patients, which often goes unrecognized and results in hospitalization (Iglseider, et al., 2022). Given the potential outcomes of delirium, it is important to identify predisposing and precipitating risk factors for delirium in older persons to assist healthcare providers in developing strategies to prevent, diagnose, and treat it early. Prevention and early treatment have the potential to greatly reduce adverse events and prevent early death (Inouye et al., 2014; Registered Nurses Association of Ontario, 2016). However, more than a quarter of all LTC residents have diabetes (Osman, 2015), but care in LTC is typically provided by non-regulated care providers who may not accurately assess patients for delirium so many cases may be missed.

Residents of long-term care (LTC) are often frail and vulnerable to sudden health changes that result in delirium. A hallmark sign of delirium is an underlying medical disorder, such as a urinary tract infection (Gagliardi, 2008). Research identifies common patient characteristics and diagnoses that predispose LTC residents to delirium including depression and anxiety (Gagliardi, 2008; Kalish et al., 2014; Registered Nurses Association of Ontario, 2016), polypharmacy (Mordarska & Godziejewska-Zawada, 2017), sleep deprivation (Watson et al., 2012), multimorbidity (Ahmed et al., 2014), psychosocial stressors (van Loveren et al., 2021), and glucose dysregulation or diabetes (Kotfis et al., 2019; van Keulen et al., 2018). Further, Fortini et al. (2014) men with delirium who were institutionalized were more likely to have diabetes. The complexity of diabetes and its multifactorial impact on many body systems points to the need for a closer look at this as a risk factor for delirium.

Delirium and Diabetes

A systematic review of 195 studies demonstrated that the positive association between diabetes and delirium derived from studies of older adults in hospital, after surgery, or an accident such as a hip fracture (Ormseth et al., 2023). Another observational study, conducted in Quebec, established the relationship between diabetes and delirium but included only 273 cases (McCusker et al., 2013).

Several mechanisms have been proposed to explain the relationship between delirium and diabetes. Research suggests that hypoglycemic and hyperglycemic events in individuals with diabetes disrupt glucose metabolism, impair brain function, and increase susceptibility to delirium (Lopes & Pereira, 2018; Punthakee et al., 2018). Additionally, delirium in older adults may be triggered by disruptions in neurotransmitters and cellular metabolism in the brain, with abnormal glucose levels associated with diabetes serving as a contributing factor (Inouye et al., 2014; Kalish et al., 2014; Lopes & Pereira, 2018).

It is also known that hypoglycemia, hyperglycemia, insulin usage, and sensory impairments can cause disorientation, confusion, falls, and injuries that lead to the use of analgesics and predispose patients to delirium (Altomare et al., 2018; Berra et al., 2019; Fong et al., 2015; Inouye et al., 2014; Kalish et al., 2014; Moon & Park, 2018; McCusker et al., 2013). Further, Lopes and Pereira (2018) found that hyperglycemia in the absence of a hyperglycemic hyperosmolar event or diabetic ketoacidosis is a factor for hyperactive delirium in those with type 2 diabetes. Although there is literature associating delirium and diabetes in the elderly, it has not been studied in the context of LTC residents (Ormseth, 2023).

The purpose of this study was to examine risk factors of delirium for residents with diabetes in LTC homes in Ontario. There is potential for these findings to influence policy and practice related to routine care for residents with diabetes in LTC.

Methods

A population-based, retrospective secondary analysis was conducted using the Resident Assessment Instrument-Minimum Data Set (RAI-MDS) 2.0 (2000) assessments from the period of April 1, 2019, to March 31, 2020, for all residents in 623 LTC homes across Ontario, living with or without diabetes. The analysis explored differences between those with and without diabetes, with a focus on the likelihood of delirium and associated factors.

RAI MDS data are collected by the Canadian Institute for Health Information which is authorized under Section 45 of the Ontario Personal Health Information Protection Act (PHIPA) to collect personal health information for analysis or compiling statistical information. CIHI must adhere to rigorous reviews to continue to maintain this authority (CIHI, 2013). This research is a secondary analysis of data received by CIHI that was collected for health improvement research and which was fully de-identified in a rigorous process before its release and required proof of ethics approval, which was received from Laurentian University's Research Ethics Board.

In Canada, LTC homes use the RAI-MDS to collect resident demographic data, and information about residents' strengths, needs, and functional and cognitive status (Centers for Medicare and Medicaid Services, 2005). Trained professionals complete RAI MDS assessments on all residents of LTC homes who have been admitted for at least 14 days, and the assessment is repeated quarterly, annually, and when residents experience a change in health status (Centers for Medicare and Medicaid Services, 2005).

The variables chosen from the RAI MDS that were included in the analysis represent the symptoms of delirium, conditions that may increase the risk of delirium, and whether the condition of delirium was recognized.

They included dementia, delirium, behaviour symptoms of dementia (wandering, verbally abusive behavioural symptoms, physical behavioural symptoms, socially inappropriate/disruptive behavioural symptoms, and resists care), falls, insomnia, mood patterns, and medications.

In previous studies, these variables have been associated as factors of delirium that when seen in combination directly affect the risk, severity, and length of delirium (Fong, et al., 2015; Inouye et al., 2014; Kalish et al., 2014; Moon & Park, 2018; Quinlan et al., 2011).

Since these variables had all been identified as risk factors for delirium and the purpose of the study was to determine their relationship with LTC residents with diabetes and, therefore, the risk of delirium, none were considered redundant, and they were all included in the regression analysis (ArcMap, 2019). The variable ‘psychosis’ was excluded from this review because it is typically categorized as a diagnosis, such as schizophrenia, rather than a symptom. This distinction was made to avoid conflating psychosis with symptoms specific to delirium, ensuring a clear focus on delirium-related factors.

Analysis

The dataset consisted of the RAI MDS assessments for each resident, resulting in 101,175 cases for analysis. Using SPSS (25), variables were coded so that they were all either dichotomous or continuous. A descriptive analysis was conducted to determine frequencies for all the variables. See Table A for the frequency of variables and Table B for the frequency of variables with and without diabetes. A chi-square test for association was conducted to determine whether there was a significant association between the presence of diabetes and the key variable delirium.

A model was developed for univariate binomial logistic regression analysis. The Omnibus Tests of Model Coefficients showed that the model was statistically significant. Hosmer and Lemeshow's analysis demonstrated a good model fit. The Nagelkerke R^2 explained that the variation in the dependent variable based on our model was 10.6%. The percentage accuracy in the classification of the model was 72.2%. Binomial logistic regression analysis was used to determine the associations between those with diabetes and the variables that were risk factors for delirium.

Table A: Frequencies of Variables

Variable	Range	Mean		missing
age	< 20 - 113	86.63 years		0
Variable	Categories	Frequency out of 101,175 cases	%	missing
sex	Male female	33,029 68,185	32.6 67.3	140
Diabetes	No yes	73027 28148	72.18 27.82	0
Delirium	No signs of delirium Signs of delirium	57503 43672	56.84 43.16	0
Dementia	No yes	57109 44066	56.45 43.55	0
Insomnia	not exhibited in 30 days	84678 16497	83.69 16.31	0

	exhibited in past 30 days			
Fall in the Past 30 Days	No	82222	81.27	0
	yes	18953	18.73	
Depressed, Sad or Anxious Mood	No	46035	45.50	0
	yes	55140	54.50	
Change in Mood Status	No	85204	84.22	0
	yes	15971	15.78	
Sad Facial Expression	No	62420	61.70	0
	yes	38755	38.30	
Crying Observed	No	89643	88.61	0
	yes	11532	11.39	
Disruptive Behaviour	No	81597	80.64	0
	yes	19578	19.36	
Resists Care	No	65787	65.02	0
	yes	35388	34.98	
Wandering	No	86303	85.30	0
	yes	14872	14.70	
Wandering Not Easily Altered	No	94973	93.87	0
	yes	6202	6.13	
Verbally Abusive Behaviour	No	84408	83.43	0
	yes	16767	16.57	
Verbally Abusive Behaviour Not Easily Altered	No	94330	93.23	0
	yes	6845	6.77	
Physically Abusive Behaviour	No	89437	88.40	0
	yes	11738	11.60	
Physically Abusive Behaviour Not Easily Altered	No	96350	95.23	0
	yes	4825	4.77	
Use of Analgesics	None	32930	32.55	0
	yes in past week	68245	67.45	
Use of Antipsychotics	None	75360	74.48	0
	yes in past week	25815	25.52	
Use of Antianxiety Medication	None	91515	90.44	0
	yes in past week	9660	9.66	
Use of Hypnotics	None	97593	96.46	0
	yes in past week	3582	3.54	
Use of Antidepressants	none	43342	42.83	0
	yes in past week	57833	57.17	
Use of Diuretics	none	75497	74.62	0
	yes in past week	25678	25.38	

Table B: Frequency of Variables With and Without Diabetes

Variable	With diabetes	No diabetes	missing
Delirium	43,801 (43.3%)	57,312 (56.7%)	0
Dementia	24,044 (23.7%)	77,131 (76.3%)	0
Insomnia	16,848 (16.7%)	84,265 (83.3%)	0
Fall in the past 30 days	18,632 (18.4%)	82,683 (81.6%)	0
Depressed, sad or anxious mood	38,617 (38.2%)	62,496 (61.8%)	0
Change in mood status	16,434 (16.3%)	84,679 (83.7%)	0
Sad facial expression	19,484 (19.3%)	79,691(78.8%)	0
Crying observed	11479 (11.4%)	89,634 (88.6%)	0
Disruptive behaviour	19,345 (19.1%)	81,768 (80.9%)	0
Resists care	35428 (35%)	65,685 (65%)	0
Wandering	13,959 (13.8%)	87,154 (86.2%)	0
Wandering not easily altered	5,890 (5.8%)	95,223 (94.2%)	0
Verbally abusive behaviour	16,664 (16.5%)	84,449 (83.5%)	0
Verbally abusive behaviour not easily altered	6,685 (6.6%)	94,428 (93.4%)	0
Physically abusive behaviour	10,845 (10.7%)	89,480 (88.5%)	0
Physically abusive behaviour not easily altered	4,770 (4.7%)	96,343 (95.3%)	0
Analgesics	69,775 (68.9%)	31,540 (31.1%)	0
Antipsychotics	26,032 (25.7%)	75,283 (74.3%)	0
Anti-anxiety medication	9,871 (9.7%)	91,444 (90.3%)	0
Hypnotics	58,369 (57.6%)	42,946 (42%)	0
Antidepressants	3,610 (3.6%)	97,705 (96.4%)	0
Diuretics	25,885 (25.5%)	75,430 (74.5%)	0

Results

The number of residents in the study with diabetes was 27.8% (n=28,178), which is comparable to Canada’s national rate (Meneilly, 2018). The chi-square test for association demonstrated a statistically significant association between diabetes and delirium, $\chi^{2(1)} = 145.488, p = >0.001$.

For the binomial logistic regression, having diabetes was associated with an increased likelihood of developing delirium in LTC in this population (p = 0.001; Odds 1.073; CI 1.038-1.109). Although the association is significant, this is not a strong association. However, the results should not be dismissed given the potential for missed cases of delirium and subsequent adverse outcomes. Rather, it warrants further investigation.

Diabetic residents were more likely to have polypharmacy of analgesics, antipsychotics, anti-anxiety, hypnotics, and antidepressants (Table C), thereby predisposing these residents to delirium. Residents having diabetes were 1.5 times more likely to have taken analgesics and anti-anxiety medications within seven days before the assessment than residents who did not have diabetes.

Table C: Determination of Variables Associated with Diabetes in LTC Residents
Reference category diabetes: 1 = resident has diabetes

	B	S.E.	Wald	df	p	Odds ratio	95% C.I for Exp(B)	
							Lower	Upper
Dementia	.017	.016	1.199	1	.274	1.101	.987	1.049
Delirium	.070	0.17	17.337	1	.000	1.073	1.038	1.109
Insomnia	-.055	.022	6.496	1	.011	.946	.907	.987
Fall in the Past 30 Days	-.024	.019	1.616	1	.204	.976	.940	1.013
Depressed, Sad or Anxious Mood	.094	.019	23.932	1	.000	1.099	1.058	1.141
Change in Mood Status	.009	.021	.183	1	.669	1.009	.968	1.051
Sad Facial Expression	.007	.019	.123	1	.726	1.007	.970	1.045
Crying Observed	.109	.026	18.076	1	.000	1.115	1.061	1.173
Disruptive Behaviour	-.082	.023	12.733	1	.000	.922	.881	.964

Resists Care	.012	.019	.371	1	.542	1.012	.975	1.050
Wandering	.149	.024	26.470	1	.000	1.160	1.096	1.228
Wandering Not Easily Altered	.066	.042	2.457	1	.117	1.069	.984	1.161
Verbally Abusive Behaviour	-.104	.029	12.714	1	.000	.901	.851	.954
Verbally Abusive Behaviour Not Easily Altered	-.057	.042	1.917	1	.166	.944	.870	1.024
Physically Abusive Behaviour	.027	.034	.607	1	.436	1.027	.960	1.099
Physically Abusive Behaviour Not Easily Altered	-.014	.051	.081	1	.776	.986	.893	1.089
Use of One or More Medications	.145	.002	5682.645	1	.000	1.156	1.151	1.160
Use of Analgesics	.421	.017	635.194	1	.000	1.524	1.475	1.575
Use of Antipsychotics	.046	.018	6.664	1	.000	1.047	1.011	1.084
Use of Antianxiety Medication	.441	.026	278.708	1	.000	1.554	1.476	1.637
Use of Hypnotics	.292	.040	53.250	1	.000	1.339	1.238	1.448
Use of Antidepressants	.201	.016	161.893	1	.000	1.223	1.186	1.262
Use of Diuretics	-.016	.017	.817	1	.366	.985	.952	1.018

Discussion

The findings of this study underscore the critical intersection between diabetes and the risk of delirium in older adults, particularly those residing in LTC facilities. Results also confirm that residents with diabetes were more likely to use analgesics, antipsychotics, hypnotics, antianxiety, and antidepressant medications which further compound their risk for delirium (Friedrich et al., 2022; Leon-Salas et al., 2020). The risk of delirium for residents with diabetes indicates the necessity for judicious use of medications for this group, especially those that impact cognitive function (Gagliardi, 2008).

In our study dementia was not significantly associated with diabetes. However, diabetes was associated with an increased likelihood of some of the behavioural presentations of dementia and delirium namely depressed mood/anxiety, crying, wandering, and mood persistence (Abengana et al., 2017; Gagliardi, 2008). In the absence of a diagnosis of dementia, these symptoms warrant investigation as possible unrecognized hyperactive delirium (Abengana et al., 2017).

Residents with diabetes were significantly less likely to experience insomnia. However, research indicates that poor sleep patterns and inappropriate behaviors are so prevalent among older adults living in LTC homes that they may not appear to be strongly linked to a single factor, such as diabetes (Kim & Yoon, 2020; McCarthy, 2021; Song et al., 2019).

The findings of this study provide useful information for the gold standard diabetes clinical practice guidelines from various countries (American Diabetes Association, 2023; NICE, 2022; Meneilly et al., 2018).

In these guidelines, diabetes care for older adults continues to be predominantly a medical-based approach, focusing on glycemic levels and medications.

Even though the guidelines discuss issues such as polypharmacy, dementia, frailty, and the recommendation for looser glycemic control, none of the practice guidelines describe the importance of assessing for the signs, symptoms, or risk factors of delirium.

Clinicians should also be guided to assess for the cautionary use of medications that are likely to cause delirium.

In summary, guidelines should be revised to include strategies for the assessment of the risk of delirium for those with diabetes in LTC facilities especially for a resident displaying new behavioural signs of “dementia”. Recognition of the risk for delirium with diabetes sets the stage for the mitigation of delirium in this population.

Strengths, Limitations, and Gaps

A strength of this study is the use of the RAI-MDS dataset, which is mandated for use in all LTC homes in Ontario. This minimizes selection bias, as the dataset captures information from a comprehensive population of residents in LTC. The risk of bias was also mitigated through the use of the validated RAI-MDS indicators for delirium and diabetes to ensure consistent classification. In addition, multivariate analyses were conducted to adjust for known confounders, such as age, sex, comorbidities, and polypharmacy, which could otherwise introduce bias into the observed associations. However, since the data are inputted by care providers in LTC, there was also a possibility of reporting bias or data omission.

All the significant variables had low odds ratios. This creates difficulty in applying the results in a clinical setting. However, they provide a foundation for future research. For example, additional variables would have been beneficial to provide a more comprehensive review of the risk of delirium for LTC residents with diabetes. For example, variables that are representative of both the hyperactive and hypoactive types of delirium would have been helpful. Variables such as type of diabetes, range of glycated hemoglobin (A1C) levels, treatment regimen (including new medications), or stage of frailty with diabetes would have enhanced the results. Further defining the risk factors and understanding which specific risks exist may lead to focused strategies and policy development focusing on clinical practice, for prevention in this population (Kalish et al., 2014). For example, with considerable new treatments for diabetes such as Mounjaro, it would be interesting to know if any of these have an impact on delirium in our population so that policy can be developed to guide clinical practice (Chavda et al., 2022).

It should be noted that a state of emergency was declared with respect to the COVID-19 pandemic on March 23, 2020, and that mask guidance was announced on March 26, 2020. However, the dataset did not identify LTC facilities with COVID-19 outbreaks (CIHI, 2022). Therefore, the impact of possible COVID cases on residents on the analysis of the dataset is not known.

Conclusion

This study explored risk factors of delirium for those with diabetes in LTC. We confirmed that those with diabetes have higher risks for delirium. In addition, some behavioural symptoms of dementia were more likely to be seen in residents with diabetes, identifying the need for careful delirium screening. Results also showed that LTC residents with diabetes were more likely to take multiple medications including analgesics and psychotropics. Implications of this study call for judicious use of medications to be warranted with all residents of LTC, but specifically those with diabetes to reduce their risk of delirium.

The information gained from this study can be utilized to guide future research to develop strategies and interventions for the early detection and treatment of delirium in all residents of LTC, especially those who have diabetes.

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: The authors did not obtain any funding for this research.

Declaration for Human Participants: This study was approved by the Research Ethics Board at Laurentian University for research involving human subjects, file number 6020663, which adheres to the principles of the Helsinki Declaration.

References:

1. Abengana, J., Chong, M. S., & Tay, L. (2017). Delirium superimposed on dementia: Phenomenological differences between patients with and without behavioral and psychological symptoms of dementia in a specialized delirium unit. *International Psychogeriatrics*, 29(3), 485-495. doi:10.1017/S1041610216001836
2. Ahmed, S., Leurent, B., & Sampson, E. L. (2014). Risk factors for incident delirium among older people in acute hospital medical units: A systematic review and meta-analysis. *Age and ageing*, 43(3), 326-333.
3. Altomare, F., Kherani, A., Lovshin, J., & Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2018). Retinopathy. *Canadian Journal of Diabetes*, 42, S210-S216. doi:10.1016/j.jcjd.2017.10.027
4. American Diabetes Association. (2023). Older adults: Standards of care. *Diabetes Care*, 46 (Suppl 1). S216–S229. <https://doi.org/10.2337/dc23-S013>
5. Berra, C., De Fazio, F., Azzolini, E., Albini, M., Zangrandi, F., Mirani, M., Garbossa, S., Guardado-Mendoza, R., Condorelli, G. & Folli, F. (2019). Hypoglycemia and hyperglycemia are risk factors for falls in

- the hospital population. *Acta Diabetologica*, 56, 931-938. doi:10.1007/s00592-019-01323-8
6. Canadian Institute for Health Information. (2013). *Privacy policy on the collection, use, disclosure, and retention of personal health information and de-Identified data, 2010*. Retrieved from: https://secure.cihi.ca/free_products/Privacy%20Policy2013_EN_Web.pdf Canadian Institute for Health Information. [CIHI] (October 13, 2022). *Canadian COVID-19 intervention timeline*. Retrieved from: <https://www.cihi.ca/en/canadian-covid-19-intervention-timeline>
 7. Centers for Medicare and Medicaid Services (CMMS). (2005). *Revised long-term care facility resident assessment instrument user's manual, version 2.0*. <https://www.cms.gov/Research-Statistics-Data-and-Systems/Computer-Data-and-Systems/MinimumDataSets20/Downloads/RAI-Manual-Table-of-Contents.pdf>
 8. Chavda, V. P., Ajabiya, J., Teli, D., Bojarska, J., & Apostolopoulos, V. (2022). Tirzepatide, a new era of dual-targeted treatment for diabetes and obesity: A mini-review. *Molecules*, 27(13), 4315. <https://doi.org/10.3390/molecules27134315>
 9. Fong, T. G., Davis, D., Growdon, M.E., Albuquerque, A., & Inouye, S. K. (2015). The interface between delirium and dementia in elderly adults. *The Lancet Neurology*, 14(8), 823-832. doi:10.1016/S1474-4422(15)00101-5
 10. Fortini, A., Morettini, A., Tavernese, G., Facchini, S., Tofani, L., & Pazzi, M. (2014). Delirium in elderly patients hospitalized in internal medicine wards. *Internal and Emergency Medicine*, 9, 435-441. doi:10.1007/s11739-013-0968-0
 11. Friedrich, M. E., Grohmann, R., Rabl, U., Winkler, D., Konstantinidis, A., Engel, R., ... & Kasper, S. (2022). Incidence of drug-induced delirium during treatment with antidepressants or antipsychotics: A drug surveillance report of German-speaking countries between 1993 and 2016. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 25(7), 556-566.
 12. Gagliardi, J. P., (2008). Differentiating among depression, delirium, and dementia in elderly patients. *AMA Journal of Ethics*, 10(6), 383-388. doi:10.1001/virtualmentor.2008.10.6.cpr11-0806
 13. Inouye S. K., Westendorp R. G., & Saczynski J. S. (2014). Delirium in elderly people. *The Lancet*, 383(9920), 911-922. doi:10.1016/S0140-6736(13)60688-1
 14. Iglseeder, B., Frühwald, T., & Jagsch, C. (2022). Delirium in geriatric patients. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 172, 114-12. <https://doi.org/10.1007/s10354-021-00904-z>

15. Kalish, V. B., Gillham, J. E., & Unwin, B. K. (2014). Delirium in older persons: Evaluation and management. *American Family Physician*, 90(3), 150-158. PMID: 25077720
16. Kim, D. E., & Yoon, J. Y. (2020). Factors that influence sleep among residents in long-term care facilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 1889. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061889>
17. Kotfis, K., Szylińska, A., Listewnik, M., Brykczyński, M., Ely, E.W., & Rotter, I. (2019). Diabetes and elevated preoperative HbA1c level as risk factors for postoperative delirium after cardiac surgery: An observational cohort study. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 15, 511-521. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/NDT.S196973>
18. Kotfis, K., van Diem-Zaal, I., Roberson, S. W., Sietnicki, M., van den Boogaard, M., Shehabi, Y., & Wesley Ely, E. (2022). The future of intensive care: Delirium should no longer be an issue. *Critical Care*, 26 (200), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04077-y>
19. Leon-Salas, B., Trujillo-Martin, M. M., Del Castillo, L. P. M., García, J. G., Pérez-Ros, P., Ruiz, F. R., & Serrano-Aguilar, P. (2020). Pharmacologic interventions for prevention of delirium in hospitalized older people: A meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 90, 104171.
20. Lopes, R., & Pereira, B.D. (2018). Delirium and psychotic symptoms associated with hyperglycemia in a patient with poorly controlled type 2 diabetes mellitus. *Innovations in Clinical Neuroscience*, 15(5-6), 30.
21. la Cour, K. N., Andersen-Ranberg, N. C., Weihe, S., Poulsen, L. M., Mortensen, C. B., Kjer, C. K., Collet, M.O., Estrup, S. & Mathiesen, O. (2022). Distribution of delirium motorsubtypes in the intensive care unit: a systematic scoping review. *Critical care*, 26(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-03931-3>
22. McCarthy, C. E. (2021). Sleep disturbance, sleep disorders and comorbidities in the care of the older person. *Medical Sciences*, 9(2), 31. <https://doi.org/10.3390/medsci9020031>
23. McCusker, J., Cole, M. G., Voyer, P., Vu, M., Ciampi, A., Monette, J., Champoux, N., Belzile, E., & Dyachenko, A. (2013). Environmental factors predict the severity of delirium symptoms in long-term care residents with and without delirium. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(4), 502-511. doi:10.1111/jgs.12164
24. Meneilly, G. S. (2018). Diabetes and dementia in the elderly. *Canadian Journal of Diabetes*, 42(6), 579. doi:10.1016/j.jcjd.2018.10.0061

25. Meneilly G. S., Knip, A., Miller, D. B. Sherifali, D., Tessier, D., & Zahedi, A. (2018). Diabetes in older people. *Canadian Journal of Diabetes*, 42, S283-S295. <https://guidelines.diabetes.ca/cpg/chapter37>
26. Minimum data set (MDS)-version 2.0 (2000). *Minimum data set*. <https://www.cms.gov/Medicare/Quality-Initiatives-Patient-Assessment-Instruments/NursingHomeQualityInits/downloads/MDS20MDSAIfOrms.pdf>
27. Moon, K. J., & Park, H. (2018). Outcomes of patients with delirium in long-term care facilities: A prospective cohort study. *Journal of Gerontological Nursing*, 44(9), 41-50. doi:10.3928/00989134-20180808-08
28. Mordarska, K., & Godziejewska-Zawada, M. (2017). Diabetes in the elderly. *Menopause Review/Przegląd Menopauzalny*, 16(2), 38-43. doi:10.5114/pm.2017.68589
29. NICE (2022). *Type 2 diabetes in adults: Management*. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng28/resources/type-2-diabetes-in-adults-management-pdf-1837338615493>
30. Ormseth, C. H., LaHue, S. C., Oldham, M. A., Josephson, S. A., Whitaker, E. & Douglas, V. C. (2023). Predisposing and precipitating factors associated with delirium: A systematic review. *JAMA Network Open*, 6(1), e2249950-e2249950.
31. Osman, O., Sherifali, D., Stolee, P., & Heckman, G. (2015). Diabetes management in long-term care: An exploratory study of the current practices and processes to managing frail elderly persons with type 2 diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, 40, 17-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcjd.2015.10.005>
32. Punthakee, Z., Goldenberg, R., & Katz, P. (2018). Definition, classification and diagnosis of diabetes, prediabetes and metabolic syndrome. *Canadian journal of diabetes*, 42, S10-S15. doi:10.1016/j.jcjd.2017.10.003
33. Quinlan, N., Marcantonio, E.R., Inouye, S.K., Gill, T. M., Kamholz, B., & Rudolph, J.L. (2011). Vulnerability: The crossroads of frailty and delirium. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59, S262-S268. doi:10.1111/j.1532-5415.2011.03674.x
34. Registered Nurses Association of Ontario (2016). *Delirium, dementia, and depression in older adults: Assessment and care (Best Practice Guideline)*. https://rnao.ca/sites/rnao-ca/files/3Ds_BPG_WEB_FINAL.pdf
35. Song, Y., Hoben, M., Weeks, L., Boström, A. M., Goodarzi, Z. S., Squires, J., Doan, H., Wagg, A., Reid, R. C., & Estabrooks, C. (2019). Factors associated with the responsive behaviours of older adults

- living in long-term care homes towards staff: A systematic review protocol. *Bmj Open*, 9(5), e028416. doi:10.1136/bmjopen-2018-028416
36. Stollings, J. L., Kotfis, K., Chanques, G., Pun, B. T., Pandharipande, P. P., & Ely, E. W. (2021). Delirium in critical illness: Clinical manifestations, outcomes, and management. *Intensive care medicine*, 47(10), 1089–1103. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06503-1>
 37. van Keulen, K., Knol, W., Belitser, S. V., Zaal, I. J., van der Linden, P. D., Heerdink, E. R., ... & Slooter, A. J. (2018). Glucose variability during delirium in diabetic and non-diabetic intensive care unit patients: A prospective cohort study. *PLoS One*, 13(11), e0205637.
 38. van Loveren, K., Singla, A., Sinvani, L., Calandrella, C., Perera, T., Brave, M., ... & Li, T. (2021). Increased emergency department hallway length of stay is associated with development of delirium. *Western Journal of Emergency Medicine*, 22(3), 726.
 39. Watson, P.L., Ceriana, P., & Fanfulla, F. (2012). Delirium: Is sleep important? *Best Practice and Research Clinical Anaesthesiology*, 26(3), 355-366. doi:10.1016/j.bpa.2012.08.005

A Rare Case of Caecal Desmoid Tumor

Elwassi Anas
Jamaledine Khalid
Amor Ayoub
Benjelloune Kenza
Hajri Amal
Erguibi Driss
Boufettal Rachid
Jai Rifki Saad
Chehab Farid

Department of Digestive Cancer Surgery and Liver Transplantation, IBN
ROCHD University Hospital of Casablanca, Casablanca, Morocco

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p17](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p17)

Submitted: 29 September 2024

Accepted: 18 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Elwassi A., Jamaledine K., Amor A., Benjelloune K., Hajri A., Erguibi D., Boufettal R., Jai Rifki S. & Chehab F. (2025). *A Rare Case of Caecal Desmoid Tumor*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 17. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p17>

Abstract

Desmoid tumors (DTs) are rare, benign fibroblastic neoplasms with local aggressiveness but no metastatic potential. We report a 16-year-old woman with chronic right lower quadrant pain and an abdominopelvic mass, initially suspected to be a gastrointestinal stromal tumor. Surgical excision confirmed a caecal desmoid tumor. DTs can mimic malignancies, requiring MRI, histopathology, and immunohistochemistry for diagnosis. Treatment varies, with surgery for symptomatic cases and emerging systemic therapies as alternatives. This article aims to raise awareness of these rare tumors in unexpected locations. It highlights the importance of considering DTs in the differential diagnosis of abdominal masses, particularly in young patients, and emphasizes the need for genetic counseling and multidisciplinary management.

Keywords: Desmoid Tumor, Caecal Desmoid Tumor, Caecal Tumor, Right Hemicolectomy, Colorectal Surgery

Introduction

Desmoid tumor (DT) is a benign yet locally aggressive tumor with no metastatic potential. It develops from musculoaponeurotic structures and accounts for 0.03% of all malignancies and less than 3% of all soft tissue tumors (Master et al., 2024). DTs are considered mesenchymal neoplasms with infiltrative behavior, also known as aggressive fibromatosis, deep fibromatosis, or musculoaponeurotic fibromatosis. Despite their non-metastasizing nature, DTs can cause significant morbidity and mortality due to local invasion.

There is no standardized treatment for DTs, and their management requires a multidisciplinary approach. The World Health Organization (WHO) classifies them as "clonal fibroblastic proliferations that arise in deep soft tissues, characterized by infiltrative growth and local recurrence but no metastatic capability" (Ganeshan et al., 2019). Recent therapeutic advancements include systemic treatments, with the FDA approving several new drugs for DT management.

The precise cause of DTs remains unclear. Most cases are sporadic, with 85% exhibiting mutations in the CTNNB1 gene encoding β -catenin (Cassidy et al., 2020). The three key mutations identified are 41A, 45F, and 45, with 45F associated with a higher recurrence risk (Nieuwenhuis et al., 2011). Recurrence-free survival rates differ by mutation: 23% for 45F, 57% for 41A, and 65% for patients without mutations.

Desmoid tumors occur with increased frequency in familial adenomatous polyposis (FAP) due to APC gene mutations. FAP-associated DTs often develop at prior surgical sites, making them a significant morbidity factor post-prophylactic colectomy. Other risk factors include pregnancy, high estrogen states, and abdominal wall trauma (Fiore et al., 2016).

Desmoid tumors are rare, with an incidence of 2 to 4 cases per million and accounting for 0.03% of all neoplasms (Timbergen et al., 2018). They most commonly affect women between 15-60 years, peaking at 30-40 years. Approximately 5-10% of cases are associated with FAP syndrome (Desmoid Tumor Working Group, 2020).

Aim of the Article

We report a rare case of a 16-year-old woman presenting with a symptomatic abdomino-pelvic mass, mimicking a caecal gastrointestinal stromal tumor, which was surgically treated with en bloc excision. The pathology confirmed a caecal desmoid tumor. This article aims to raise awareness of these rare tumors that can arise in unexpected locations.

Case Presentation

A 16-year-old woman with no known comorbidities presented with abdominal pain localized to the right lower quadrant, along with chronic constipation evolving over 8 months. There were no symptoms of intestinal obstruction or gastrointestinal bleeding. She had a normal appetite and no history of weight loss or recent changes in bowel habits. General physical examination was normal. Abdominal examination revealed a 10 cm well-defined mass in the right lower quadrant with limited mobility. Colonoscopy and blood investigations, including carcinoembryonic antigen (CEA) and cancer antigen 125 (CA125), were normal.

On abdominopelvic MRI, there was a 126x117x68 mm midline abdominopelvic mass, with a T1 isosignal, a T2 hypersignal, and heterogeneous enhancement after contrast injection. A provisional diagnosis of a gastrointestinal tumor was made (Figure 1).

The patient was prepared for surgery, and on intraoperative exploration, a 15 cm tumor was found arising from the caecum with invasion of the terminal ileum. The liver, remaining small bowel, large bowel, peritoneum, and ovaries appeared normal. A right hemicolectomy with ileocolic side-to-side anastomosis was performed. Macroscopic examination showed a large encapsulated solid mass measuring 16x12x7 cm (Figure 2).

Histopathology and immunohistochemistry revealed positivity for nuclear β -catenin and negativity for CD117, smooth muscle actin, and S-100. The diagnosis was confirmed as a desmoid tumor.

The postoperative course was uneventful, and the patient was discharged on postoperative day 6 in stable condition. After one year of follow-up, the patient remains well.

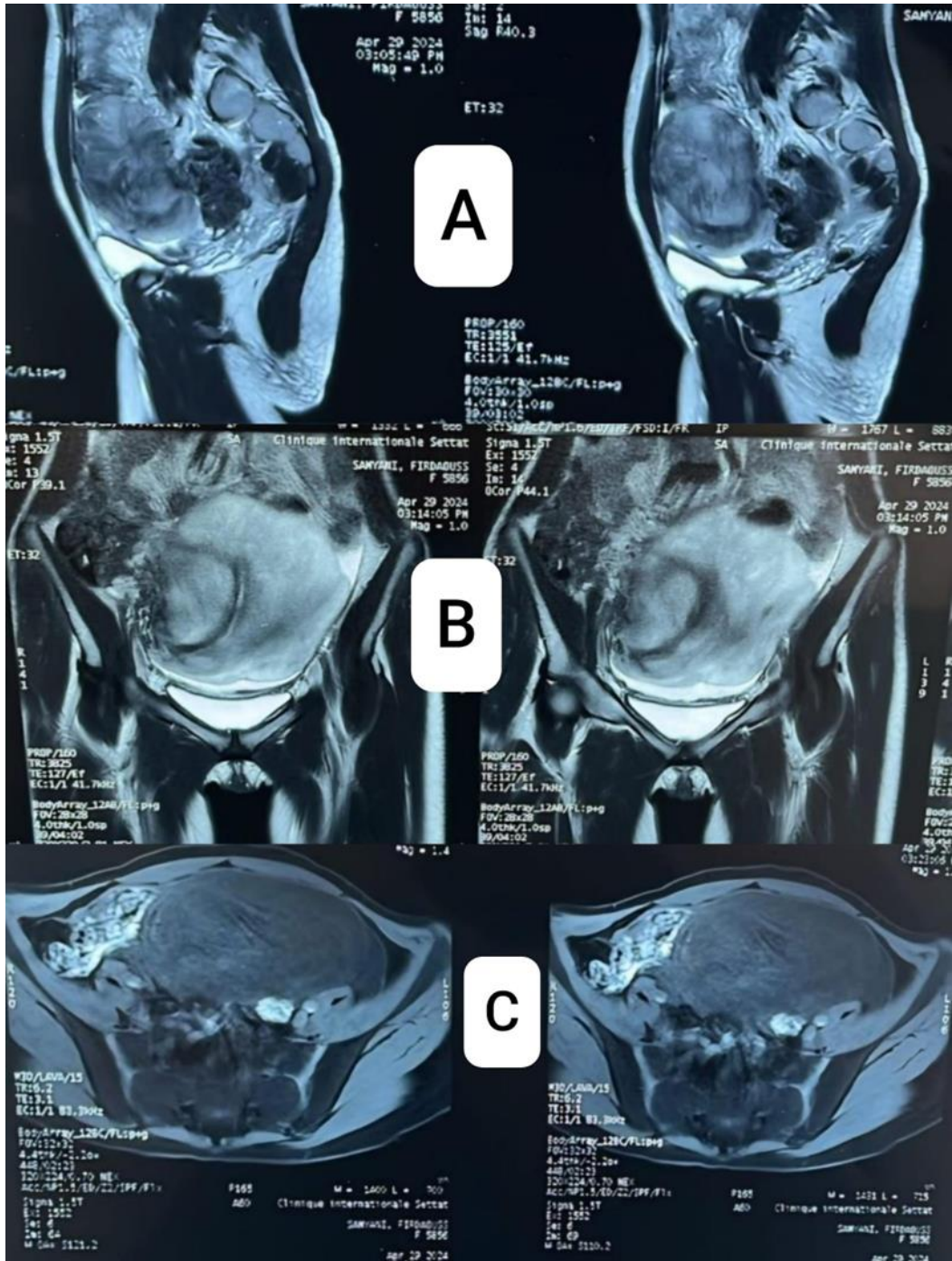


Figure 1: (A) Sagittal MRI image showing a heterogeneous abdominopelvic mass with irregular contours. The tumor is not separable from the caecum. (B) Coronal MRI image showing the tumor invading the small intestine. (C) Axial MRI image showing the caecal tumor with invasion of the small intestine and displacement of ileal loops

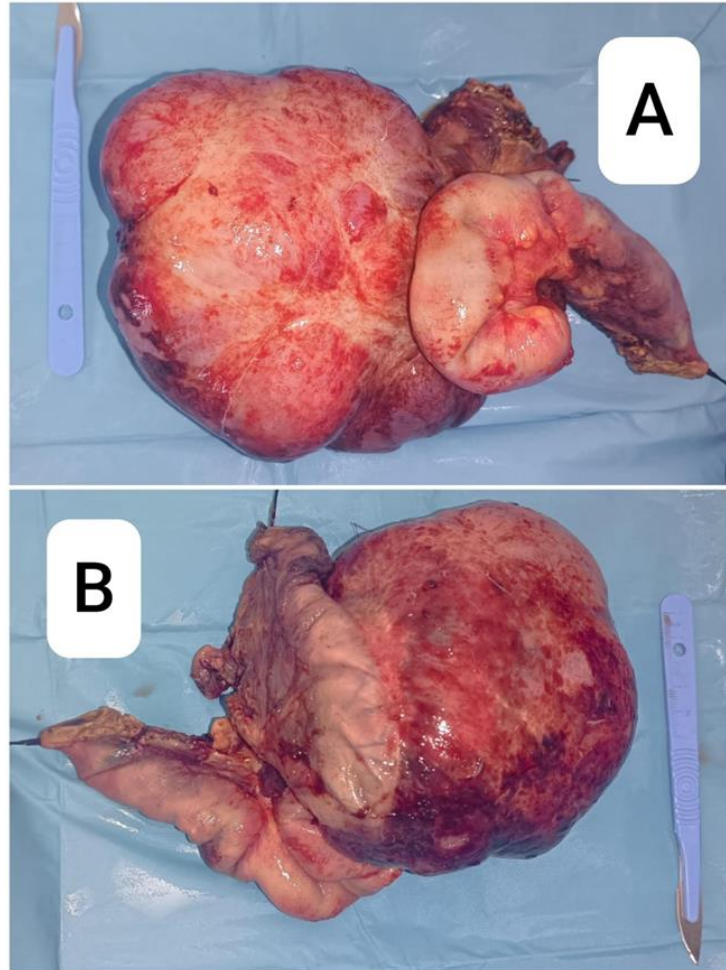


Figure 2: Post-operative specimen (A: Front view, B: Rear view)
Note: The ileocecal appendix was engulfed by the tumor

Discussion

Desmoid tumor (DT) is a rare benign tumor with local aggressiveness. It arises from fibroblasts along fascial planes. DT occurs more frequently in females, especially during or after pregnancy, potentially due to high estrogen states and abdominal trauma (Master et al., 2024). Pregnancy-associated DTs have shown favorable outcomes (Drabbe et al., 2023).

The etiology of DT is unclear; most occur sporadically, with 85% harboring mutations in the CTNNB1 gene, encoding the β -catenin pathway. The three distinct mutations are 41A, 45F, and 45P. Mutation 45F is associated with a high recurrence risk, with a 5-year recurrence-free survival rate of 23% compared to 57% for 41A and 65% for no mutations (Bektas et al., 2023). DT can also occur in familial adenomatous polyposis (FAP), requiring thorough

evaluation with colonoscopy and genetic assessment (Pathology Outlines - Fibromatosis-desmoid, n.d.).

Common locations include the retroperitoneum, mesentery, abdominal wall, chest wall, and cervicofacial region (Master et al., 2024). Intra-abdominal DTs often present with chronic abdominal pain and constipation. Complications typically arise from local compression, and symptoms vary by affected region. Imaging with MRI can suggest the diagnosis, showing tumors with spiculated, expansive, and retractile margins infiltrating surrounding tissues. Signal characteristics vary based on the tumor's activity phase, appearing hyperintense in active tumors and hypointense in chronic, fibrous ones (Ben Haj Amor et al., 2020).

Histology confirms the diagnosis, characterized by spindle cell proliferation resembling myofibroblasts amidst collagenous stroma. Features such as hyperchromasia and atypia are typically absent. On immunohistochemistry, DT stains positive for nuclear β -catenin, vimentin, COX-2, PDGFRB, androgen receptor, and estrogen receptor beta, and negative for desmin, S-100, h-caldesmon, CD34, and c-KIT. Nuclear β -catenin positivity supports DT diagnosis (Pathology Outlines - Fibromatosis-desmoid, n.d.).

There is no standard treatment for DT, though surgery with negative margins is often recommended for symptomatic patients. Radiation is primarily used for cases with positive surgical margins or when surgery is infeasible (Master et al., 2024). Emerging treatments include immunotherapy and hormone therapy, showing promise for the future.

Conclusion

Intra-abdominal desmoid tumors rarely develop from the digestive tract. This case report highlights the possibility of DT presenting in the gastrointestinal tract. Given the diagnostic and treatment challenges of DT, awareness of genetic counseling and screening colonoscopy, particularly in adolescents and young adults, is essential.

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: The authors did not obtain any funding for this research.

Ethical Approval

Ethical approval for this study was waived by the Head of the Department of General Surgery at Hassan II University of Casablanca because it is a retrospective case report that does not involve experimental intervention,

patient randomization, or identifiable personal data. This study was conducted in accordance with the Helsinki Declaration as revised in 2013. As per international or university standards, written ethical approval has been collected and preserved by the authors.

References:

1. Abuji, K., Naik, A., Jain, T., & Dahiya, D. (2021). Caecal desmoid tumour: A rare tumour at an uncommon location and review of literature. *BMJ Case Reports*, 14(6), e239449. <https://doi.org/10.1136/bcr-2020-239449>
2. Bektas, M., Bell, T., Khan, S., Tumminello, B., Fernandez, M. M., Heyes, C., & Oton, A. B. (2023). Desmoid Tumors: A Comprehensive Review. *Advances in Therapy*, 40(9), 3697-3722. <https://doi.org/10.1007/s12325-023-02592-0>
3. Ben Haj Amor, M., Ploton, L., Ceugnart, L., & Taïeb, S. (2020). Imagerie par résonance magnétique des tumeurs desmoïdes: Critères d'évaluations actuels. *Bulletin du Cancer*, 107(3), 359-363. <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2019.11.009>
4. Drabbe, C., van der Graaf, W. T. A., Husson, O., Bonenkamp, J. J., Verhoef, C., & van Houdt, W. J. (2023). Pregnancy-associated desmoid fibromatosis: A Dutch multi-centre retrospective study. *European Journal of Surgical Oncology*, 49(5), 921-927. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2022.11.009>
5. Masson, E. (n.d.). Les tumeurs desmoïdes. EM-Consulte. Consulted September 8, 2024, from <https://www.em-consulte.com/article/140246/les-tumeurs-desmoïdes>
6. Master, S. R., Mangla, A., & Shah, C. (2024). Desmoid Tumor. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459231/>
7. Pathology Outlines - Fibromatosis-desmoid. (n.d.). Consulted September 8, 2024, from <https://www.pathologyoutlines.com/topic/softtissuefibromatosisdeep.html>
8. Cassidy, M. R., Lefkowitz, R. A., Long, N., Qin, L.-X., Kirane, A., Sbaity, E., Hameed, M., Coit, D. G., Brennan, M. F., Singer, S., & Crago, A. M. (2020). Association of MRI T2 Signal Intensity With Desmoid Tumor Progression During Active Observation: A Retrospective Cohort Study. *Annals of Surgery*, 271(4), 748-755. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003073>
9. Desmoid Tumor Working Group. (2020). The management of desmoid tumours : A joint global consensus-based guideline approach for adult and paediatric patients. *European Journal of Cancer (Oxford*,

- England:* 1990), 127, 96-107.
<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.11.013>
10. Fiore, M., MacNeill, A., Gronchi, A., & Colombo, C. (2016). Desmoid-Type Fibromatosis : Evolving Treatment Standards. *Surgical Oncology Clinics of North America*, 25(4), 803-826. <https://doi.org/10.1016/j.soc.2016.05.010>
 11. Ganeshan, D., Amini, B., Nikolaidis, P., Assing, M., & Vikram, R. (2019). Current Update on Desmoid Fibromatosis. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 43(1), 29-38. <https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000000790>
 12. Master, S. R., Mangla, A., & Shah, C. (2024). Desmoid Tumor. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459231/>
 13. Nieuwenhuis, M. H., Casparie, M., Mathus-Vliegen, L. M. H., Dekkers, O. M., Hogendoorn, P. C. W., & Vasen, H. F. A. (2011). A nation-wide study comparing sporadic and familial adenomatous polyposis-related desmoid-type fibromatoses. *International Journal of Cancer*, 129(1), 256-261. <https://doi.org/10.1002/ijc.25664>
 14. Timbergen, M. J. M., van de Poll-Franse, L. V., Grünhagen, D. J., van der Graaf, W. T., Sleijfer, S., Verhoef, C., & Husson, O. (2018). Identification and assessment of health-related quality of life issues in patients with sporadic desmoid-type fibromatosis : A literature review and focus group study. *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*, 27(12), 3097-3111. <https://doi.org/10.1007/s11136-018-1931-3>

Maternal Perception of Medicinal Foods in Child Feeding Practices: A Study in Marsabit County, Kenya

Rose Chepkorir

Dr. Agatha Christine Onyango

Department of Nutrition and Health, Maseno University, Kenya

Dr. David Masinde

Department of Public Health, Maseno University, Kenya

Ms. Caroline Patricia Musita

School of Public Health,

Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenya

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p25](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p25)

Submitted: 19 November 2024

Accepted: 15 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Chepkorir R., Onyango A.C., Masinde D. & Musita C.P. (2025). *Maternal Perception of Medicinal Foods in Child Feeding Practices: A Study in Marsabit County, Kenya*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 25. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p25>

Abstract

Medicinal foods are important for enhancing children's health and preventing common illnesses. However, there is a lack of comprehensive understanding regarding how mothers perceive these foods and their effectiveness in child nutrition. Therefore, this study aimed to determine maternal perception of medicinal foods used in child feeding. This study adopted a cross-sectional study design. A three-stage sampling technique was used to randomly select 278 eligible households with children aged 6–24 months to assess their perception of child feeds with medicinal value. A questionnaire was used to gather quantitative data. Focus Group Discussion and Key Informant Interview guides were used to collect qualitative data. Univariate analysis was used to obtain the frequency distribution of maternal perception of medicinal foods. The results indicated that the common childhood illnesses in the community are diarrhea 63.9%, Pneumonia 55.2%, malnutrition 35.1%, malaria 35.7%, anemia 35.7%, and common cold 24.2%. Findings show that 56% of the respondents offered foods for medicinal purposes to their children during sickness and in good health. Most (75.5%) respondents indicated plants, fruits, and foods were used for medicinal

purposes. The study concludes that maternal perceptions of medicinal foods significantly influence child-feeding practices in Marsabit County, Kenya. Based on the findings, the study recommends that the Marsabit County government conduct scientific research and clinical trials to assess the efficacy and safety of local plants, fruits, and foods used by mothers to treat childhood illnesses and integrate evidence-based findings into community health education. This study had potential limitations. It relied on maternal responses, which could have been affected by recall or social desirability bias; however, engaging communities in discussions on child nutrition can help bridge gaps between perception and scientific evidence, leading to informed decision-making. This initiative should involve collaboration between the local health authorities, research institutions, and traditional knowledge holders.

Keywords: Maternal Perception, Child Feeds, Medicinal foods, Medicinal Value

Introduction

In recent years, the importance of incorporating medicinal foods into children's diets has gained attention, particularly in regions with limited access to formal healthcare (Goldbohm *et al.*, 2016). Some mothers view certain foods as preventive against childhood illnesses, such as diarrhea, respiratory infections, and malnutrition (IPC,2021). However, maternal knowledge and perceptions about the medicinal value of specific foods vary widely. It is mainly influenced by education, socio-economic status, and exposure to modern health information. This variance in perception can lead to varying feeding practices, some of which may benefit the child's health, while others may have limited or harmful effects (USAID,2018).

Complementary foods should be adequate, meaning, they should be given in consistent, amounts, frequency, and variety, to cover the nutritional needs while maintaining breastfeeding for two years and beyond (WHO, 2015). The WHO recommends that infants receive the minimum dietary diversity (MDD) of at least four food groups out of seven to maintain proper growth and development (WHO, 2008). An analysis of 80 national surveys in the LMICs indicated that only one in six children consumed the minimum acceptable diets while 1 in 4 consumed adequately diverse diets (Gatica *et al.*, 2020). In Kenya, only 22% of breastfed children 6-24 months received a minimum acceptable diet (KNBS *et al.*, 2015), while 59% do not consume a sufficiently diversified diet indicating restriction in access to quality diets. A study in Marsabit showed poor infant feeding practices in that less than a quarter of the children (23.9%) were fed on the required MDD (Mutuku *et al.*, 2020).

The period between 6-24 months is vulnerable. It is a time when undernutrition starts in many children, the underlying cause being poor complementary feeding (KNBS et al. 2015). According to the UNICEF conceptual framework (1992), Child feeding practices are considered one of the determinants of malnutrition in under-fives. Inadequate feeding practice is often a greater factor of malnutrition than lack of food (Emily, 2010). Essentially, food consists of nutrient components with one or more functions in the body including provision of nourishment, repair of worn-out cells, generation of new cells and tissues, growth and development, powering of metabolic processes, and protection against invasion by pathogens and illnesses (Chen et al., 2018). Food being portrayed as having the potential to promote health and well-being has brought the transition from the concept of adequate nutrition, that is, a diet that provides nutrients in quantities sufficient to meet body needs to optimal nutrition, that is, a diet that has the potential to improve general well-being and reduce the risk of certain diseases (Ramadan and Ghamdi, 2012).

In the developing world, medicinal plants are used widely in alleviating human suffering, mainly because they are thought to be very effective, readily available, and much cheaper than modern medicines (Popovic et al., 2016). The use of medicinal plants is more prevalent in Africa, where 80% of the population relies on traditional medicine for disease treatment, health improvement, and maintenance (WHO, 2018). Kenya is not an exception, especially among the rural population (Kigen et al., 2013). The Maasai and Samburu communities of Kenya, just like the Maasai of Eastern Serengeti in Tanzania, consume dietary additives obtained from medicinal plants in a variety of their beverages such as tea and soups (Bussmann et al., 2006, Parker et al., 2007). The intake of fermented milk helps reduce the incidence of gastrointestinal infections. In addition, it lowers the levels of milk allergens commonly found in fresh milk due to functional components such as probiotics (Ongeri and Mathara, 2014). Honey as a prebiotic, improves microflora and gut membrane barrier with a consequent decrease in diarrhea (Shariatpanahi, 2018). In addition, pectin and carotenoids in apples and carrots respectively have been proven to be successful in managing diarrhea (Mao et al., 2016, Youssef et al., 2020). Children with diarrhea are deficient in vitamin A. Beta-carotene present in carrots is a precursor of vitamin A, and is efficient in improving diarrhea (Youssef et al., 2020).

Ethno medicine and functional food (FF) contain procedures, knowledge, skills, and activities that are based on the culture and experience of natives and have been transmitted from parents to children over centuries (Esfahani, 2012, Ghannadi, 2011). Some locally available wild foods also have medicinal value to the human body and undergo processing through various methods such as boiling, fermentation, and sun drying by the local

community (Kinyuru et al., 2012). Other studies have shown that some caregivers offer nutritious foods that have medicinal value and are locally available and cheaper than modern medicine to their children to boost or fasten recovery from ailments (Popovic et al., 2016; Merita et al., 2017). These medicinal foods are widely used to treat diseases and to improve and maintain good health (WHO, 2018). In India for instance, mothers offer their children turmeric milk mix daily, at bedtime because they know turmeric is anti-inflammatory and boosts immunity (Ritika et al., 2021). These knowledge and practices have the potential to help children from resource-limited settings grow healthily. It is important, therefore, to ensure mothers have the required knowledge on healthy child-feeding behavior which they can translate into practice to promote child health and nutrition. Hence, this study aimed to determine maternal perception of child feeds with medicinal value in Marsabit County, Kenya.

Methods

A cross-sectional study design was used to collect data. Both quantitative and qualitative approaches were employed. The study population consisted of mothers/ caregivers of children aged 6 to 24 months from a total population of 77,495 caregivers in Marsabit County.

The sample size was determined by the formula used by Fisher et al., 1998:

$$n = \frac{z^2 p(1 - p)}{d^2}$$

Where: n = Sample size

z = Level of confidence interval (usually 1.96 corresponding to 95%)

p = Estimated proportion of mothers on timely introduction of complementary foods (79.2% as reported in a study done in Marsabit County, Mutuku, 2020).

d = Relative desired precision (5.0%)

$$\text{Therefore; } n = \frac{1.96^2 0.792(1-0.792)}{0.05^2}$$

$$n=253$$

To cater to potential non-response subjects, a 10% allowance was added to the minimum sample size of 253 (Bujang, 2021).

Non-response rate = 10% of n

$$= \frac{10}{100} * 253$$

$$= 25$$

Therefore, n = nonresponse rate + n

$$= 25 + 253$$

$$= 278 \text{ participants}$$

Table 1: Sample Size Distribution Table

Sub-county/population	Wards	Villages	Sample size	Percentage
Saku	Sagante/Jaldesa	Lorora	1	0.4
		Manyatta Jillo	1	0.4
Moyale	Sololo	Makutano	16	5.8
		Gimbe	11	4.0
		Hadesa	21	7.6
	Butiye	Heilu	100	36.1
		Iladhu	20	7.2
		Kulapesa	12	4.3
	Obbu	Lemara/Manyatta	2	0.7
		Manyatta Lemora	4	1.4
		Manyatta Lomera	1	0.4
		Manyatta Lorara	1	0.4
North Horr	Dukana	Manyatta lorora	4	1.4
		Sidaimwita	3	1.1
		Thahaleyoy	5	1.8
		Upane	8	2.9
	Maikona	Mayata	1	0.4
		Kalacha	19	6.9
		Boji	13	4.7
Laisamis	Loiyangalani,	Sambamba	13	4.7
		Sidaimuri	11	4.0
	Logologo	Soweto	11	4.0
Total	8	22	278	100.0

Table 1 presents the sample size distribution table indicating the sampled wards, villages and number of households proportionate to study participants.

Data collection tools were pretested in Archers Post which was not included in the study. A total of 10% (27) of data collection tools were used (Perneger et al., 2014). This was done to check on the consistency of the collected data with the expected results and help reframe the questions. Qualitative data from recorded FGDs was transcribed into text by a local translator and later translated into English. Two independent coders reviewed the text files and developed codes based on emerging patterns in the data. Any discrepancies in coding were discussed and resolved through consultation with experienced qualitative researchers. Data analysis was done using SPSS version 25 (IBM Corp, 2017). Descriptive analysis involved calculating means, standard deviations, frequencies, and percentages, while inferential statistics, including correlation and regression analysis, were used to examine the relationship between independent and dependent variables.

Results

Maternal perception of child feeds with medicinal value

The study objective was to determine maternal perception of child feeds with medicinal value in Marsabit County, Kenya. The respondents were requested to indicate their agreement on child feeding with medicinal foods in Marsabit County, Kenya. The results are shown in the subsequent sections.

Common childhood illnesses in the community

Table 2 indicates the common childhood illnesses in the community as reported by the mothers. These include 63.9% diarrhea, 55.2% Pneumonia, 35.1% malnutrition, 35.7% malaria, 35.7% anemia, and 24.2% common cold. Diarrhea is the most common ailment and is the most serious illness recording 56.5% severity. Malnutrition affects 35.1% of children but most of the cases are moderate. Anemia on the other hand is rare among children and equally mild in its severity. A significant relationship ($\chi^2=26.414$, $df=6$, $P=0.010$, $CI=95\%$) was established between common community childhood illness and child feeding practices.

Table 2: Common childhood illnesses in the community

Common community illness	Frequency/percentage N=278	Known cause of the illness	Severity (frequency/percentage)		
			Most severe	Moderate	Mild
Diarrhea	177(63.9%)	Yes, 177(63.9%) No, 101(36.1%)	100(56.5%)	42(23.7%)	35(20%)
Malaria	100(35.7%)	Yes, 100(35.7%) No 178(64.3%)	38(38.3%)	12(12.2%)	49(49.5%)
Pneumonia	153(55.2%)	Yes, 153(55.2%) No, 125(44.8%)	37(24.1%)	43(28.2%)	73(47.7%)
Malnutrition	97(35.1%)	Yes, 97(35.1%) N0. 181(64.9%)	17(17.5%)	61(62.9%)	19(19.6%)
Anemia	99(35.7%)	Yes, 99(35.7%) No, 179(64.3%)	9(9.1%)	13(13.1%)	77(77.8%)
Common cold	67(24.2%)	Yes, 67(24.2%) No, 211(75.8%)	22(32.8%)	18(26.7%)	27(40.5%)

Traditional plants/ fruits /foods used to treat ailments in children

Table 3 shows that 75.5% of the respondents used plants/fruits/foods for medicinal purposes while 24.5% used none. Honey is used to treat the common cold and measles but is more effective (39.4%) for the common cold. Fito is used to ensure the healthy growth of children and treat wounds and infections. However, it's more effective in the healthy development of children (79.2%) and least effective in infection (28.1%) treatment. There was a significant relationship ($\chi^2=7.001$, $df=1$, $P=0.000$, $CI=95\%$) between traditional plants/fruits/foods for treatment of sick children and child feeding practices.

Table 3: Traditional plant/fruit/food used to treat ailments in children

Traditional plant/fruit/food used	Disease treated	Effectiveness		
		1-Very effective	2-Moderate	3-least effective
<i>Honey</i>	Common cold , 33(16.2%)	13(39.4%)	15(45.5%)	5(15.2%)
	Measles 22(10.7%)	5(22.7%)	10(45.5%)	7(31.8%)
<i>Fito</i>	Wound healing 76(37.3%)	60(78.9%)	10(13.2%)	6(7.9%)
	Healthy baby growth 48(23.5%)	38(79.2%)	5(10.4%)	5(10.4%)
	Weight gain for malnourished child 44(21.6%)	14(31.8%)	25(56.8%)	5(11.4%)
	Treats infections 39(19.2%)	9(23.1%)	10(25.6%)	20(51.3%)
<i>Lemon</i>	Common cold 29(14.2%)	3(10.3%)	10(34.5%)	16(55.2%)
<i>Idepe</i>	Malaria 9(4.4%)	1(11.1%)	3(33.3%)	5(55.6%)
	Pneumonia 5(2.5%)	4(80.0%)		1(20.0%)
<i>learoni</i>	Malaria 9(4.4%)	3(33.3%)	4(44.5%)	2(22.2%)
	Stomachache 1(0.5%)	1(100.0%)		
<i>kiloriti</i>	Good health, diarrhea 5(2.5%)	1(20.0%)	2(40.0%)	2(40.0%)
<i>Seketet, Ndavuko mpopongi</i>	Stomachache 3(1.5%)		3(100.0%)	
	Headache and chest pain 5(2.5%)	3(60.0%)	1(20.0%)	1(20.0%)
<i>lordo</i>	Pregnancy, appetizer 4(2.0%)		2(100.0%)	
<i>ngornoo</i>	Malnutrition 9(4.4%)	5(55.6%)	4(44.4%)	
<i>ldedine</i>	Stomach bloating 10(4.9%)	3(30.0%)	3(30.0%)	4(40.0%)
<i>lkiviial</i>	Stomachache 5(2.5%)	1(20.0%)	3(60.0%)	1(20.0%)
<i>Wanga</i>	Mouth sores, 27(3.4%)	13(48.1%)	7(25.9%)	7(25.9%)
	Infections, 35(17.2%)	20(57.2%)	5(14.3%)	10(28.6%)
<i>Iddi crugga</i>	Infections 8(3.9%)	2(25.0%)	4(50.0%)	2(25.0%)
<i>Tangawizi</i>	Cough 7(3.4%)	2(28.6%)	3(42.8%)	2(28.6%)
<i>Ithigaga</i>	Infections 3(1.5%)		1(33.3%)	2(66.7%)

Mothers are quite knowledgeable that the food they offer their children helps them stay healthy and strong apart from the satisfaction of hunger. Given the commonness of diarrhea,63.9%, (Table 2), mothers have come up with some local remedies for its treatment. These include: Moringa leaves, “Teinadhmi”, fenugreek seeds, salt and water mixture, and pumpkin seeds.

Table 4: Major/Common medicinal foods discussed during the nine FGDs

Type of food	Preparation method	Disease
Moringa leaves	Mixed with food	Relieves constipation and boosts immunity
Teinadhani'/ 'Qadhala'	Boiled with milk or leaves crushed and put in drinking water	Stomach discomfort, common cold, body pains (pain after child immunization or chicken pox)
Fenugreek seeds	Boiled with milk or water +Onions, or roasted and grounded	Relieves constipation, stomach discomfort, diarrhea, and common cold.
A mixture of lemon, ginger, garlic, honey, and fenugreek seeds	Boiled	Treat common cold
Salt and water	Boiled	Managing diarrhoea
Cerelac	Mixed with milk	Boosts appetite
Pumpkin seeds	Roasted	Deworming, bloating, stomach discomfort
Rice soup	Boiling rice to a thick paste	Stops vomiting, diarrhea and ease constipation

'Normally if a child is properly fed, the body will be able to fight diseases, for example, the difference between a child who is well fed and one who is not well fed is that the latter might even die because of the common cold while the other one will be able to recover easily after falling ill. The same applies even to adults, without food you will easily get ill compared to a well-fed person'

FGD4.

Maternal Perception of child foods for medicinal purposes

Figure 1 shows that 56% of the respondents offered food for medicinal purposes to their children during sickness and in good health whereas 44% offered food not for medicinal purposes but for satiety reasons. There was no significant relationship ($\chi^2=6.429$, $df=1$, $P=0.073$, $CI=95\%$) between offering foods for medicinal purposes and child-feeding practices.

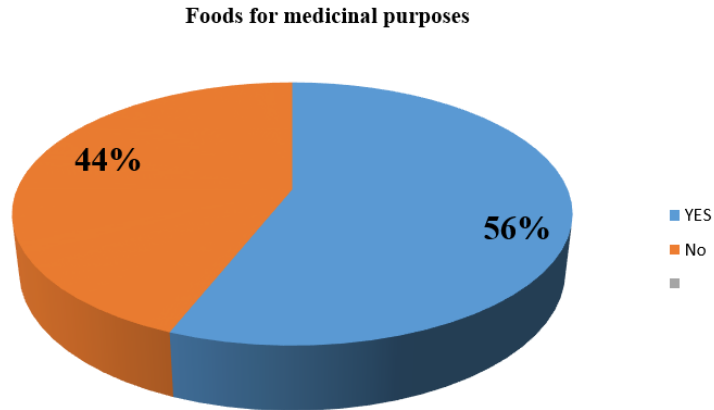


Figure 1: Foods for medicinal purposes

The use of medicinal plants is common here because of inaccessibility to good health services. They are very far away, in Marsabit town.

FGD 9

Some of these traditional plants are very effective in treating some of the illnesses for children, especially diarrhea

K.I. I 1

Correlation Analysis

This research adopted Pearson correlation analysis to determine how the dependent variable (child feeding practices in Marsabit County, Kenya) relates with the independent variable (maternal perception of medicinal foods), (Table 5).

Table 5: Correlation Coefficients

		Child Feeding Practices	Maternal Perception of Medicinal Foods
Child Feeding Practices	Pearson Correlation	1	
	Sig. (2-tailed)		
	N	278	
Maternal Perception of Medicinal Foods	Pearson Correlation	.806**	1
	Sig. (2-tailed)	.002	
	N	278	278

The results also revealed a strong relationship between maternal perception of medicinal foods and child-feeding practices in Marsabit County, Kenya ($r = 0.806$, $p\text{-value} = 0.002$). The relationship was significant since the $p\text{-value}$ of 0.002 was less than 0.05 (significant level). The findings are in line

with the findings of Shariat (2018) who indicated that there is a strong relationship between maternal perception of medicinal foods and child-feeding practices.

Regression Analysis

Multivariate regression analysis was used to assess the relationship between the independent variable (maternal perception of medicinal foods) and the dependent variable (child feeding practices in Marsabit County, Kenya), (Table 6).

Table 6: Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.877 ^a	.769	.768	.10412

a. Predictors: (Constant), maternal perception of medicinal foods

The model summary explained the variation in the dependent variable based on the dependent variables. The r-squared for the relationship between the independent and the dependent variables was 0.769. This implied that 76.9% of the variation in the dependent variable (child feeding practices in Marsabit County, Kenya) could be explained by the independent variable (maternal perception of medicinal foods).

The ANOVA was used to determine whether the model was appropriate for the data. F calculated was 510.14 while the F critical was 2.405. The p-value was 0.002. Since the F-calculated was greater than the F-critical and the p-value 0.002 was less than 0.05, the model was considered a good fit for the data. Therefore, the model can be used to predict the influence of maternal perception of medicinal foods on child-feeding practices in Marsabit County, Kenya. (Table 7)

Table 7: Analysis of Variance

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	102.028	1	25.507	510.14	.002 ^b
	Residual	13.653	276	.0500		
	Total	115.681	277			

a. Dependent Variable: child feeding practices in Marsabit County, Kenya

b. Predictors: (Constant), maternal perception of medicinal foods

The regression model was as follows (Table 8):

$$Y = 0.335 + 0.328X_1 + \varepsilon$$

Table 8: Regression Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	0.335	0.085		3.941	0.000
Maternal Perception of Medicinal Foods	0.328	0.087	0.329	3.770	0.002

The results indicate that maternal perception of medicinal foods is of significance to child-feeding practices in Marsabit County, Kenya ($\beta_1 = 0.328$, $p = 0.002$). This relationship is considered significant, as the p-value (0.002) is below the threshold of 0.05. These findings align with those of Shariat (2018), who reported a strong correlation between maternal perception of medicinal foods and child-feeding practices.

Discussion

Maternal Perception of Child Feeds with Medicinal Value

Maternal perception of a child's feed with medicinal value has a potential impact on the identification, prevention, and treatment of childhood illnesses. This study identified common childhood illnesses, herbs, plants, fruits, and foods commonly used for their treatment and their perceived effectiveness. Findings indicate that some common childhood illnesses in the community included diarrhea, pneumonia, malnutrition, malaria, anemia, and the common cold. Most (75.5%) of the respondents indicated plants/fruits/foods were used for medicinal purposes to treat ailments in children 6 to 24 months. Respondents indicated the following plants/fruits/foods as possessing medicinal value; Honey, fenugreek seeds (*Fito*), Lemon, ginger, garlic, moringa leaves, pumpkin seeds rice soup, and salt among other various herbs which include: *Idepe learoni*, *Kiloriti*, *Seketet*, *Ndavuko*, *Mpopongi*, *Lordo*, *Ngornoo*, *Idedine lkiviial*, *Wanga*, *Iddi crugga*, *Qadhala*, and *Ithigaga*. This is in line with another study where mothers employed home remedies such as the use of herbs and herbal products among other indigenous products such as honey, black soap onions, and pawpaw leaves to self-medicate their under-five children (Okunola et al., 2023). Findings show that mothers perceived honey to be moderately effective in the treatment of the common cold and measles. Honey as a prebiotic improves microflora and gut membrane barrier with a consequent decrease in viral and bacterial infections such as upper respiratory infections and gastroenteritis (Shariat, 2018, Abuelgasim et al 2021).

In this study, mothers used various home remedies and medicinal foods to manage diarrhea in their children. These included a mixture of salt and water, rice soup, roasted fenugreek seeds boiled in milk, and roasted pumpkin seeds. The salt and water mixture resembles an Oral Rehydration Solution, consisting of clean water, salt (potassium and sodium), and sugar (WHO, 2010). Pumpkin seeds are excellent sources of zinc and fiber. Notably, the mothers reported roasting the pumpkin seeds. Roasting is a process that improves zinc bioavailability (Andrej et al., 2011). Oral Rehydration Solution (ORS) and zinc are globally recognized as simple and effective home-based treatments for uncomplicated cases of acute diarrhea (Kianmehr et al., 2016; Abbas et al., 2018). Zinc is an essential micronutrient whose deficiency

threatens children's health and growth (Kiran et al., 2015). A lack of zinc in children can lead to growth retardation and increased susceptibility to illnesses such as diarrhea, pneumonia, and malaria (Vivienne et al., 2012). Mothers also used rice water to manage diarrhea among their children at home. Similarly, another study found rice water highly effective in treating children with acute diarrhea (Kianmehr et al., 2016).

In the developing world, medicinal plants are used widely in alleviating human suffering, mainly because they are thought to be very effective, safe, readily available, and much cheaper than modern medicines (Popovic et al., 2016, Owumi et al., 2016, Okunola et al., 2023). This was discussed in the FGD.

The use of medicinal plants is very common here because of inaccessibility to good health services. They are very far away, in Marsabit town.

FGD 9

Some of these traditional plants are very effective in treating some of the illnesses for children, especially diarrhea

K.I. I 1

Conclusion and Recommendation

The study concludes that maternal perception of medicinal foods in child-feeding practices in Marsabit County, Kenya is significant.

The study recommends that the Marsabit County government conduct scientific research and clinical trials to assess the efficacy and safety of local plants, fruits, and foods used to treat childhood illnesses and integrate evidence-based findings into community health education. This initiative should involve collaboration between health authorities, research institutions, and traditional knowledge holders. By validating the medicinal value of these natural remedies, the authorities can ensure that safe and effective treatments are recommended for childhood illnesses. Based on this a formal framework to integrate validated traditional remedies into primary healthcare services should be established and integrated into existing healthcare services.

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: This research was funded by Navinut Project - Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology.

Ethical Approval: Ethical approval for this study was obtained and all necessary permissions were acquired from the relevant authorities in Marsabit County, Kenya. Informed consent was obtained from all participants, and confidentiality was maintained throughout the study.

References:

1. Abbas, J., Pandey, D. C., Verma, A., & Kumar, V. (2018). Management of acute diarrhea in children: Is the treatment guideline really implemented? *International Journal of Research in Medical Sciences*, 6, 539–544.
2. Abuelgasim, H., Albury, C., & Lee, J. (2021). Effectiveness of honey for symptomatic relief in upper respiratory tract infections: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Evidence-Based Medicine*, 26(2), 57–64.
3. Bujang M. A. (2021). A Step-by-Step Process on Sample Size Determination for Medical Research. *Malays J Med Sci*, 28(2):15-27.
4. Bussmann, R. W., Gilbreath, G. G., Solio, J., Lutura, M., Lutuluo, R., Kunguru, K., Wood, N., & Mathenge, S. G. (2006). Plant use of the Maasai of Sekenani Valley, Maasai Mara, Kenya. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2, 22.
5. Chen, Y., Michalak, M., & Agellon, L. B. (2018). Importance of nutrients and nutrient metabolism on human health.
6. Emily, M. (2010). Relationship between breastfeeding practices and nutritional status of children aged 0-24 months in Nairobi, Kenya. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 10 (4), 24-38
7. Esfahani, M., Zolfaghari, B., Karimi, H., & Ghannadi, A. (2012). Traditional Iranian medicine: A valuable source to introduce medicinal and functional foods. *Journal of Islamic Iranian Traditional Medicine*, 3(1), 77–94.
8. Gatica-Dominguez, G., Neves, P. A. R., Barros, A. J. D., & Victora, C. G. (2020). Complementary feeding practices in 80 low- and middle-income countries: Prevalence and socioeconomic inequalities in dietary diversity, meal frequency, and dietary adequacy.
9. Ghannadi, A., Zolfaghari, B., & Shamashian, S. (2011). Necessity, importance, and applications of traditional medicine knowledge in different nations. *Journal of Islamic Iranian Traditional Medicine*, 2(2), 161–176.
10. Goldbohm, R. A., Rubingh, C. M., Lanting, C. I. & Joosten, K. F. (2016). Food Consumption and Nutrient Intake by Children Aged 10 to 48 Months Attending Day Care in The Netherlands. *Nutrients*, 8(7), 428-437

11. IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
12. Integrated Food Security Phase Classification. (2021). Kenya: Acute Food Insecurity and Acute Malnutrition Situation February 2021 and Projection for March-May 2021 (ASAL). IPC portal.
13. Kenya National Bureau of Statistics, Ministry of Health, National AIDS Control Council, Kenya Medical Research Institute, National Council for Population and Development, and ICF International. (2015).
14. Kianmehr, M., Saber, A., Moshari, J., Ahmadi, R., & Basiri-Moghadam, M. (2016). The effect of G-ORS along with rice soup in the treatment of acute diarrhea in children: A single-blind randomized controlled trial. *Nursing and Midwifery Studies*, 5(2), e25852.
15. Kigen, G. K., Ronoh, H. K., Kipkore, W. K., & Rotich, J. K. (2013). Current trends of traditional herbal medicine practice in Kenya: A review. *African Journal of Pharmacy*, 2(2), 32–37.
16. Kinyuru, J. N., Konyole, S. O., Kenji, G. M., Onyango, C. A., Owino, V. O., Owuor, B. O., Estambale, B. B., Friis, H., & Roos, N. (2012). Identification of traditional foods with public health potential for complementary feeding in Western Kenya. *Journal of Food Research*, 1(3), 148–158.
17. Kiran, B., Harpreet, K., Navjot, B., Gurpreet, K., Sherry, K., & Anupriya, S. (2015). Iron and zinc status of 6-month to 5-year-old children from low-income rural families of Punjab, India. *Food and Nutrition Bulletin*, 36(3), 254–263.
18. Mao, X., Feng, X., & Chen, D. (2016). Effect of dietary apple pectic oligosaccharide supplementation on growth performance, antioxidant capacity, and intestinal health of weaned rats. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2(8), 2872–2879.
19. Merita, M., Sari, M. & Hesty, H. (2017). The Positive Deviance of Feeding Practices and Caring with Nutritional Status of Toddlers among Poor Families. *Journal Kesehatan Masyarakat*, 1 (3) 106-112.
20. Mutuku, J.N., Ochola, S. & Osero, J. (2020). Maternal Knowledge and Complementary Feeding Practices and their Relationship with Nutritional Status Among Children 6-23 Months Old in Pastoral Community of Marsabit County, Kenya: A Cross-Sectional Study. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 862-876.
21. Okunola, O. A., Aluko, M. A. O., & Aroke, A. A. (2023). Knowledge and perspectives in management of common childhood illnesses by caregivers to under-five children in southwestern Nigeria: Synopsis of self-medication practices. *Cogent Public Health*, 10(1), 2178053.

22. Ongeru, M., & Mathara, J. M. (2014). Studies on the use of herbs to preserve meat and milk among the pastoral communities of West Pokot in Kenya. Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology Digital Repository.
23. Ovca, A., van Elteren, J. T., Falnoga, I., & Šelih, V. S. (2011). Speciation of zinc in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo*) and degradation of its species in the human digestive tract. *Food Chemistry*, 128(4), 839–846.
24. Owumi, B., Alfred, E., Owoyemi, J., & Oremeyi, A. (2016). Perceived causes of childhood illnesses and herbal medicine utilization among mothers of child-patients in Lokoja, Kogi. *Research on Humanities and Social Sciences*, 6(23), 14–28.
25. Parker, M. E., Chabot, S., Ward, B. J., & Johns, T. (2007). Traditional dietary additives of the Maasai are antiviral against the measles virus. *Journal of Ethnopharmacology*, 114(2), 146–152.
26. Perneger, T., Courvoisier, D., Hudelson, P. & Gayet, A.A. (2014). The sample size for pre-tests of questionnaires. *Quality of life research: an international journal of quality-of-life aspects of treatment, care, and rehabilitation*, 24 (10), 1-12
27. Popovic, Z., Matic, R., Bojovic, S., Stefanovic, M. & Vidakovic, V. (2016). Ethnobotany and herbal medicine in modern complementary and alternative medicine: An overview of publications in the field of I & C medicine 2001–2013. *J. Ethnopharmacol*, 181(11), 182–192.
28. Ramadan, M. F., & Al-Ghamdi, A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 39–52.
29. Ritika, M., Honey, M., Namrata, S., Priya, P. & Trilok, A. (2021). Using a positive deviance approach- To study the food and health-related practices of rural and urban parents of children (6 – 19 years).
30. Shariat, V. P. Z., Jamshidi, F., Nasrollahzadeh, J., Amiri, Z. & Teymourian, H. (2018). Effect of honey on diarrhea and fecal microbiota in critically ill tube-fed patients: a single center randomized controlled study. *Anesthetic Pain Medicine*, 8(1), 1-13
31. UNICEF. (1992). The UNICEF conceptual framework of the determinants of malnutrition
32. USAID. (2018). Kenya: Nutrition profile. Retrieved from <https://www.usaid.gov/sites/>.
33. Vivienne, I., Elizabeth, O., Uchenna, O., & Uju, E. (2012). Assessment of anthropometric indices, iron, and zinc status of preschoolers in a peri-urban community in southeast Nigeria. *International Journal of Basic and Applied Science*, 12(5), 31–37.

34. WHO. (2018). Infant and young child feeding. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding>
35. World Health Organization. (2008). Indicators for assessing infant and young child feeding practices: part 1: definitions: conclusions of a consensus meeting held 6–8 November 2007 in Washington DC, USA. Geneva: Edited by Organization WH; 2008.
36. World Health Organization. (2010). WHO model formulary for children: Based on the second model list of essential medicines for children 2009. Geneva, Switzerland: WHO.
37. World Health Organization. (2015). Complementary Feeding. World Vision Food Security End Phase Report. Nyatike IPA Reports. 6 (2014), 34-39.
38. Youssef, A. O. S., Rasha, S. M., Enas, S. K. A. S., & Shaimaa, E. M. (2020). Functional foods for management of diarrhea and malnutrition in rats emphasizing on nucleotides role. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, 11, 257–270.

Design and Implementation of an Experimental Thermoelectric System From Wood Waste

Ngahane Emilienne Laure, PhD

Maapou Meguedong Kelly

Tchiofo Lontsi Rodine, PhD

University of Ebolowa, Higher Institute of Agriculture, Forestry,
Water Resources and Environment (UEb//HIAFWE), Cameroon

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p41](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p41)

Submitted: 18 December 2024

Accepted: 06 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ngahane E.L., Maapou M.K. & Tchiofo L.R. (2025). *Design and Implementation of an Experimental Thermoelectric System From Wood Waste*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 41. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p41>

Abstract

This study was carried out at Dino & Fils SA, a wood processing unit in Soa-Cameroon. The aim was to recover energy from wood waste in order to contribute to greater energy flexibility in wood processing units. Specifically, the aim was to assess the quantity of wood waste available on the site and estimate its energy potential, to design and test a system for producing electrical energy from these waste and to estimate the contribution of this thermoelectric system to meeting the company's energy needs and the associated costs. Wood waste were characterized by taking measurements at each station on the production line, supplemented by monthly production reports and scientific data. For the month of March 2024, the plant produced 3 284 m³ of wood waste, or 64% of the gross wood volume. This is equivalent to 2 766 tons for an electrical energy potential of 571 MWh; the company's monthly electricity consumption is estimated at 121 MWh. The experimental thermoelectric system set up, using the TEC1-12715 Peltier module, produced electricity with a total power of 841 W and a Seebeck coefficient of 0.04 V°C⁻¹ by burning 5 kg of sawdust for 85 minutes. On a real scale and under optimum conditions, this system would be an effective and viable solution for covering not only all the energy needs of Dino & Fils SA but also those of surrounding households and offices at a competitive cost of 48 FCFA/kWh.

Keywords: Wood waste; recovery; electricity; Seebeck effect

Introduction

Cameroon's forests, with a total area of around 22.5 million hectares or 42% of the national area, form the second largest forest complex in Central Africa (Tchinda, 2015; MINFOF, 2019). Those that can be exploited for timber cover an area of 18 million hectares (GICAM, 2020). Between 2012 and 2017, average annual timber production was around 2.8 million m³, with a processing rate of 75.35% (MINFOF, 2019). However, timber industries in Cameroon have a low yield of processed products, generating large quantities of waste in the form of sawdust, shavings, bark, etc. (FAO, 2015). Although often regarded as waste, these wood waste may have significant energy potential. Converting wood waste into electricity via thermoelectric modules offers an opportunity to diversify energy production and promote more sustainable resource management (ATIBT, 2011; Donizeau, 2001; Gerard, 2004).

Dino & Fils SA sawmill is supplied with electricity by the Cameroon's national electricity utility called Energy of Cameroon (ENEO) and by an increasingly energy-hungry generator running on diesel, a fossil fuel. The high dependence on ENEO prevents this company from producing full time in the event of a power cut. Would on-site recovery of wood waste be a viable alternative for diversifying or even replacing current energy sources at Dino & Fils sawmill? It is to this research question that we will attempt to provide a convincing answer during the course of this work. The general objective is to contribute to energy flexibility in wood processing units through a better wood waste management. The specific objectives are as follows:

- To characterize the wood waste of Dino & Fils SA;
- To design and implement a thermoelectric recovery system for these wood waste;
- To estimate the contribution of this system to meeting the company's electricity needs and the associated costs.

Material and Methods

Presentation of Dino & Fils SA

Dino & Fils SA is located at Nkolfoulou, in the Soa district, Mefou and Afamba Department, Center Region of Cameroon (Fig. 1). It is classified in the first category, as its annual log consumption exceeds 5 000 m³ (MINFOF, 2012), and is involved in primary, secondary and tertiary wood processing. The study was carried out from February 01 to May 31, 2024 and focused on their primary processing, whose products (green lumbers) supply the other wood processing stages.

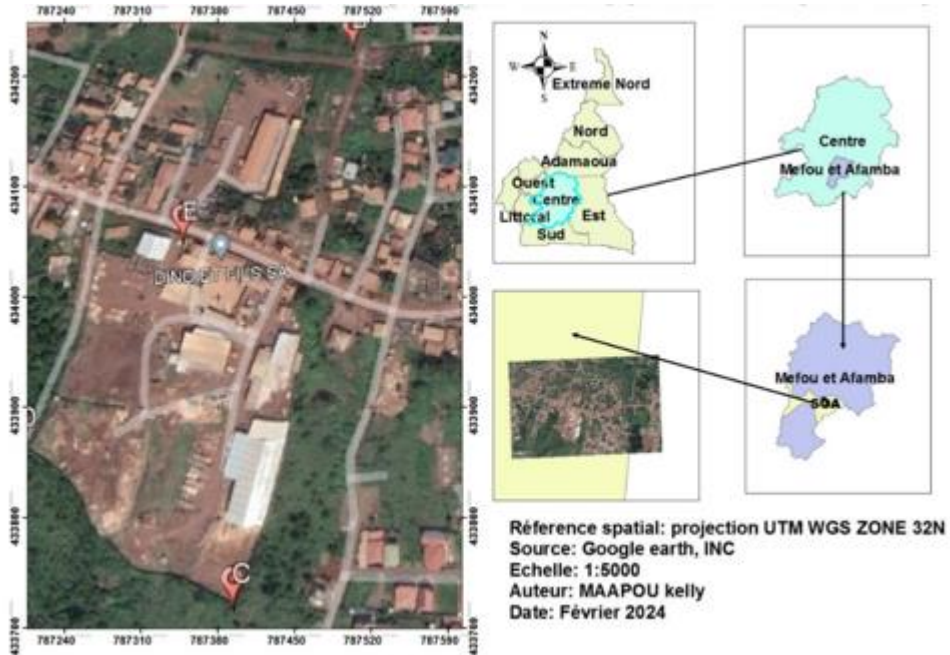


Figure 1. Localization of Dino & Fils SA

Characterisation of wood waste

Classification and quantification of wood waste

The wood waste were classified into different types based on their physical characteristics (size, shape, dimensions, colour, texture and possible presence of bark).

The length, width and thickness on all the pieces at the exit of the machine were measured with a tape measure, and the quantity of sawdust and offcuts produced daily were recorded. The data were then processed using an Excel spreadsheet and analysed in order to determine the volumes and proportions of each type of wood waste.

- Wood waste from the Lucas Mill

The quantity of wood waste was determined mainly by calculating the volume of slabs, edgings and sawdust using equations [1 – 5] using a sample of 16 logs sawn per day at the Lucas Mill.

- Calculation of the Volume of a log

$$V_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 L \quad (1)$$

V_{b1} : Volume of the log in m^3

D: average diameter of the log in m

L: length of the log in m

- Calculation of the volume of the cuts obtained (finished products)

$$v_p = L_p \cdot l_p \cdot e_p \cdot N_p \quad (2)$$

v_p : volume of finished products in m^3 L_p : length of the pieces in m
 l_p : width of the pieces in m e_p : thickness of cuts in m
 N_p : number of pieces

- Calculation of the volume of sawdust

$$V_{S_1} = N_T \cdot \lambda \cdot L_T \quad (3)$$

V_{S_1} : volume of sawdust in m^3 N_T : number of saw cuts
 λ : saw kerf thickness in m L_T : saw cut length in m

- Calculation of the volume of the edgings

$$v_{de_1} = N_p \cdot L_p \cdot l_p \cdot e_p \quad (4)$$

- Calculation of the volume of the slabs

$$v_{D_1} = V_{b_1} - (v_p + V_{S_1} + v_{de_1}) \quad (5)$$

- Wood waste from the horizontal saw (CD10) and edger

The quantity of wood waste was determined mainly by calculating the volume of slabs, edgings and sawdust using equations [6 – 12] using a sample of 48 logs sawn per day at the CD10.

- Calculation of log volume

$$V_{b_2} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 L \quad (6)$$

- Calculation of sawdust volume

$$V_{S_2} = \lambda \cdot L_T \cdot \sum_{c=1}^n c \quad (7)$$

$$c = \sqrt{4f(d-f)} \quad (8)$$

λ : saw kerf thickness in m $f = e + \lambda$
 L_T : saw kerf length in m d : log diameter in m
 c : Saw kerf chord e : thickness of a board in m

- Calculation of edging volume

$$V_{de_2} = Np \cdot L_p \cdot l_p \cdot e_p \tag{9}$$

- Calculation of sawdust volume

$$V_{S_3} = L_T \cdot \lambda \cdot N_T \tag{10}$$

- Calculation of slab volume

$$v_{D_2} = V_{b_2} - (v_p + V_{S_2} + V_{S_3} + V_{de_2}) \tag{11}$$

- Calculation of trimming cutoff volume

The trimming cutoff volume was measured in waste piles by applying a void coefficient (ϵ) of 25%. The void coefficient is an important measure to characterize materials in piles.

$$V_\epsilon = L_\epsilon \cdot l_\epsilon \cdot H_\epsilon \cdot \epsilon \tag{12}$$

V_ϵ : volume of the pile in m^3

l_ϵ : width of the pile in m

H_ϵ : height of the pile in m

L_ϵ : Length of the pile in m

Others characteristics of wood waste

- Humidity

The R6015 wood HumidiMeter with portable wood tips, including a temperature probe and a memory containing 8 wood groups with calibrations for 170 wood species, was used to measure wood waste humidity.

- Calorific value

The gross weight net calorific value (NCV) of a wood fuel can be estimated from its humidity and its anhydrous calorific value using Table 1.

Table 1. Calorific value according to humidity (Source: Euroobserver, 2005)

Humidity	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%
NCV (kWh/T)	3 880	3 600	3 444	3 208	2 800	2 536	2 256	1 920

- Density and energy potential

The density of wood waste was considered similar to that of the wood from which it derived. Thus, the density of all the wood species processed in the wood processing unit (WPU) during the month of March was collected and their average calculated.

The energy contained in the deposit is a function of the calorific value of the wood waste, its humidity level, and the available and exploitable mass. The energy potential (E_p) of these waste is therefore the product of the mass of the deposit (Mrb) by the NCV.

$$E_p = Mrb \cdot NCV \tag{13}$$

This mass is the product of the average density (d) of the processed wood by the available volume (V).

$$Mrb = d \cdot V \quad (14)$$

Design and implementation of the thermoelectric system

A thermoelectric system in the contemporary sense of the term is a system equipped with a furnace in which sawdust is burned, a radiator for heat dissipation and, a thermoelectric generator to directly convert heat into electricity. Regarding the design and construction of the thermoelectric system, the technical feasibility of the project was tested by constructing an experimental prototype in which the Peltier module operated as a generator thanks to the temperature difference generated between its two faces, thus creating a potential difference and a current at the output.

Technical design

To design the device, the finite element modelling method (FEM) was used with the software SOLIDWORKS, which allows the rapid design of precise models based on 3D modelling and components (Hervé, 2008).

Construction of the experimental prototype

The furnace has a square base of 28 cm x 28 cm and a height of 35 cm. The lid has a square base of 17 cm x 17 cm and a height of 2.5 cm. The box housing the radiator has a square base of 11cm x 11cm.

- A tape measure was used to measure and mark the exact dimensions on the wooden boards;
- A mitre saw was used to cut the pieces according to the marks;
- An electric sander with a medium gain was used to remove any irregularities and burrs on the edges of the cut boards;
- The four sides of the furnace were assembled with the tips and a smooth sheet of 8.75 m² was added on the four faces of the furnace towards the inside;
- The box containing the radiator was inserted into the lid and placed on the furnace;
- The entire device was sanded with a fine sander to obtain a smooth surface;
- For an additional protection and a long-lasting finish, a protective varnish was applied to the entire device.

Monitoring of performance

- Temperature

The variation in temperature from the beginning to the end of the experiments was measured using a laser thermometer capable of measuring temperatures ranging from -30°C to 300°C .

- Seebeck Coefficient

In an open circuit formed by two different semiconductors, where one of the contacts between the materials is at a temperature T_c and the other at a temperature T_f ($T_f < T_c$), an electrical potential difference or electromotive force (e.m.f.) arises at the ends of the circuit according to Eq.15 (Sylvie, 2014).

$$\Delta V = \alpha AB \cdot (T_c - T_f) \quad (15)$$

Since the electromotive force depends only on the temperatures of the two junctions, it was measured by separating the two semiconductors at one of the junctions and connecting the two ends obtained to a voltmeter. The proportionality coefficient (αAB) also known as the Seebeck coefficient (discovered in 1821) was determined in $\text{V}^{\circ}\text{C}^{-1}$ by linear regression of the curve of variation of electric potential (ΔV) as a function of temperature (ΔT).

- Current intensity

The current intensity of the thermoelectric system was measured using a multimeter connected in series with the LED bulb.

- Electrical power

The electrical power exchanged in the system (P), the current (I) flowing through it and the voltage (U) at its terminals are linked by the Eq.16.

$$P = U \cdot I \quad (16)$$

P: Power in watts (W); U: Voltage in volts (V); I: Current in amperes (A)

Estimation of the system's potential energy contribution and the associated costs

Estimation of energy requirements and current costs

- Electricity consumption

The production balance sheet was drawn up for the month of March 2024. The various items of equipment, appliances and processes consuming energy were identified and their energy requirements calculated. The energy consumption (E) of each component as a function of its rated power and operating time during the month was determined using Eq.17.

$$E = P \cdot t \quad (17)$$

P: Power in kW; t: Operating time in hours

Total electricity consumption for the month of March 2024 was refined using bills for diesel used and ENEO electricity. This electricity consumption was then related to the total monthly volume of wood processed to determine the electricity of procession (E) in kWh/m³.

$$E = \frac{\textit{Total energy consumption in kWh}}{\textit{Total volume of wood processed in m}^3} \tag{18}$$

- Current electricity production costs

Using the invoice amounts for total monthly electricity consumption and the monthly volume of timber processed, the average electricity cost of production was calculated in FCFA/kWh (Ec) and then in FCFA/m³ (Ec').

$$E_c = \frac{\textit{Total amount spent on energy in FCFA}}{\textit{Total energy consumption in kWh}} \tag{19}$$

$$E_{c'} = \frac{\textit{Total amount spent on energy in FCFA}}{\textit{Total volume of wood processed in m}^3} \tag{20}$$

Estimation of the system's contribution to meeting the company's electricity needs and system costs

The monthly production balance enabled us to calculate, for the processing of 1 m³ of timber, the energy consumed, the quantity of wood waste obtained and the heat energy that could potentially be extracted (Ep). To estimate the system's electrical potential, an electrical efficiency of 9% was considered (Hung-Hsieh et al., 2013). The annual prospective analysis, taking into account the increase in volumes of wood processed at Dino & Fils SA over the last five years, was based on a conservative processing target of 35,000 m³/year of wood by 2025 (Table 2).

Table 2. Volumes of wood processed from 2020 to 2024 and projection for 2025

Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Wood Processed (m ³)	26 653	27 234	30 058	32 170	34 015	35 000

The costs considered for the thermoelectric system are those relating to: (i) the initial investment (purchase, installation and commissioning of the various components) and (ii) operation (production, maintenance, monitoring). These costs are fixed and based on quotations obtained from major international suppliers present or represented in Cameroon and on the local socio-economic context. The total annual cost is the sum of the annual depreciation (the life of the system was considered to be 15 years) and the annual operating cost, to which contingencies of up to 10% were added. The cost of producing 1 kWh from the system (unit cost) was then calculated in FCFA/kWh.

$$Unit\ cost = \frac{Total\ cost\ spent/year}{Total\ number\ kWh/year} \tag{21}$$

Results and Discussion

Characteristics of wood waste at Dino & Fils SA

During the month of March 2024, 5 131 m³ of log timber were processed to obtain 1 847 m³ of green sawn timber (finished product) for an equivalent of 3 284 m³ of wood waste (Eq.1-12). The production yield is 36%, which is close to the average annual yield of this WPU (35%) and that of processing units in the same category in Cameroon (30%) (Girard et al., 2003).

Four (04) types of waste were obtained: slabs (1 847 m³), sawdust (821 m³), edgings (541 m³) and trimmings cutoff (73 m³). They are the classical waste of primary wood processing unit (Crehay et al., 2004). The production line for this procession is shown in Figure 2.

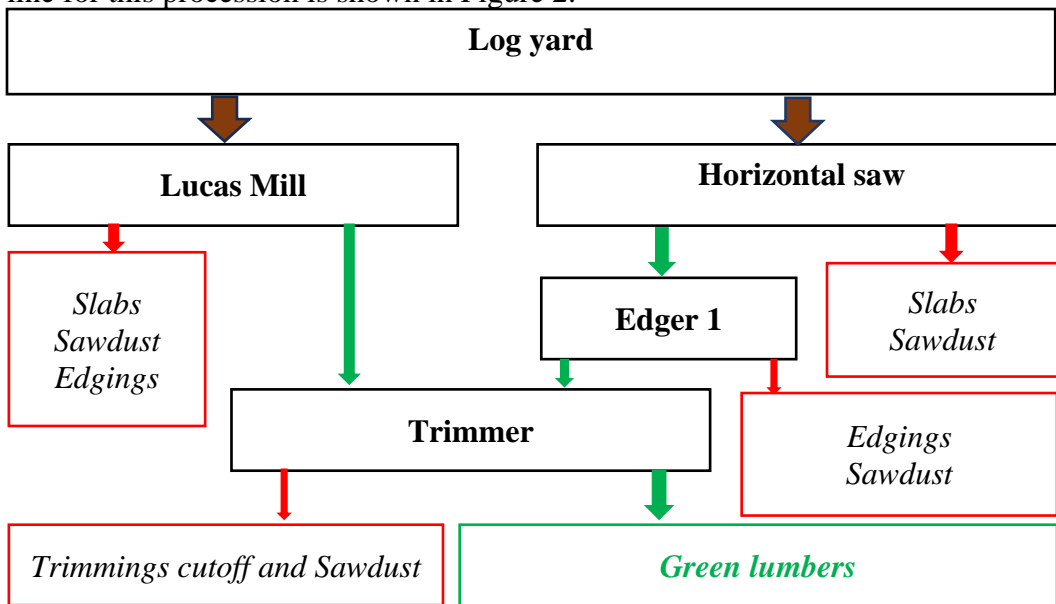


Figure 2. Production line of the primary level of processing at Dino & Fils SA

Considering the average density of all the wood processed in the WPU during the month of March (0.69 T/m³), the total mass of wood waste produced is therefore estimated at 2 266 T for an average volume of 3 284 m³ of waste (Eq. 14).

The average humidity of the species processed during the month of March 2024 is 40%, corresponding to a NCV of 2 800 kWh/T (Table 1). The wood waste produced on the site during the said month represent a calorific energy potential of 6 345 MWh (Eq. 13). Therefore, considering the electrical

efficiency of the thermoelectric generator of 9%, the electrical potential of those wood waste is 571 MWh.

Table 3. Energy potential of wood waste

Parameters	Values
Volume of wood waste (m ³)	3 284
Average density (T/m ³)	0.69
Humidity (%)	40
NCV (kWh/T)	2 800
Mass (T/month)	2 266
Potential monthly heat energy (kWh)	6 344 800
Potential monthly electrical energy (kWh)	571 032

Experimental thermoelectric system

Presentation of prototype

Figures 3 and 4 show the system designed using SolidWorks software and the experimental prototype manufactured, respectively. The system consists of a wooden furnace with a smooth sheet metal inside in which sawdust is burnt. The radiator captures and dissipates the heat to the thermoelectric generator. The generator, on which the ice cubes are placed to create a temperature difference, converts the heat directly into electricity that makes the LED bulb in the cottage glow.

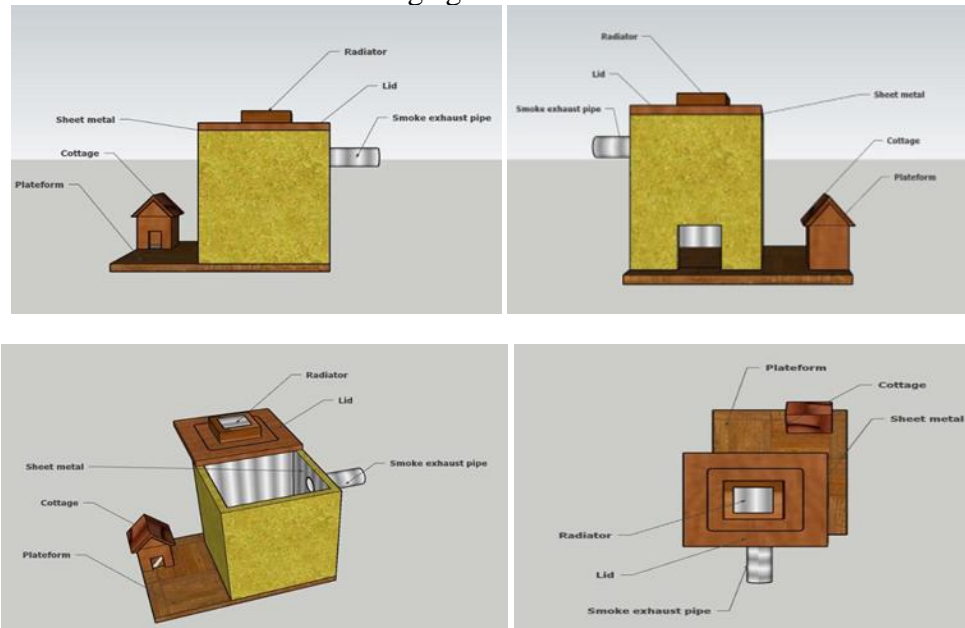


Figure 3. Designed thermoelectric system



Figure 4. Manufactured thermoelectric system

Energy performance of prototype

The Peltier module functioned as an electromotive force generator resulting from the dissymmetry of the temperatures at the semiconductor junctions. The Seebeck coefficient obtained was 0.04 (Eq. 15), reflecting the fact that heat is converted into electricity (Fig. 5).

The LED bulb began to glow after 5 minutes of combustion at a temperature of 55°C; the current reading was 0.48 A, the voltage 2.3 V and the power 1.1 W (Eq. 16). The maximum power supplied by the system (25.9 W) was obtained at 185°C after 40 minutes of combustion (Fig. 6). The total power supplied during 85 minutes of combustion was 841 W, equivalent to 67% of the power that the system should supply under optimum conditions for 5 kg of sawdust placed in the furnace (1 260 W). This could be explained by the initial freshness of the sawdust (25°C), its high humidity (40%) and the fact that the furnace was open, resulting in significant heat loss.

However, the 6% efficiency is very encouraging as it is within the real efficiency range of applications using the Seebeck effect (5-9%) for the direct conversion of heat into electricity (Hung-Hsieh et al., 2013).

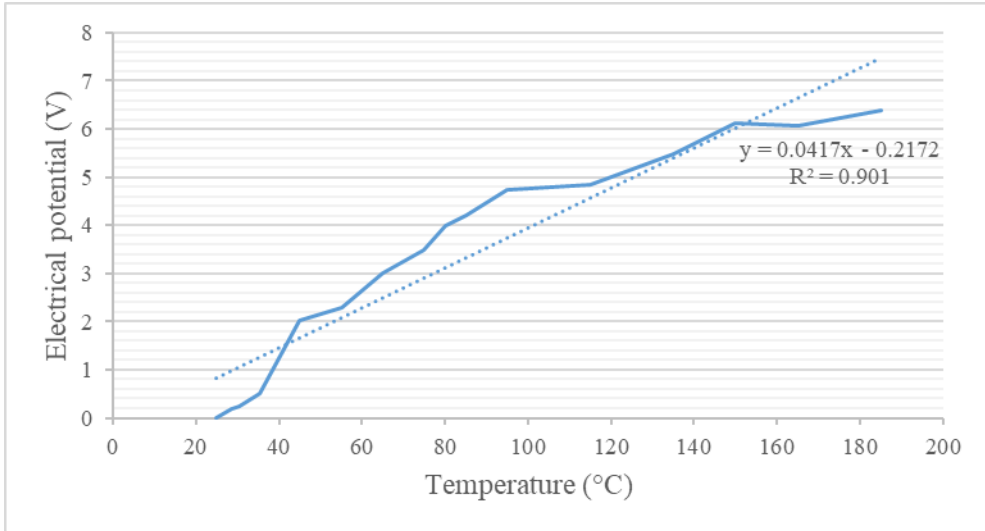


Figure 5. Variation of electrical potential as a function of temperature

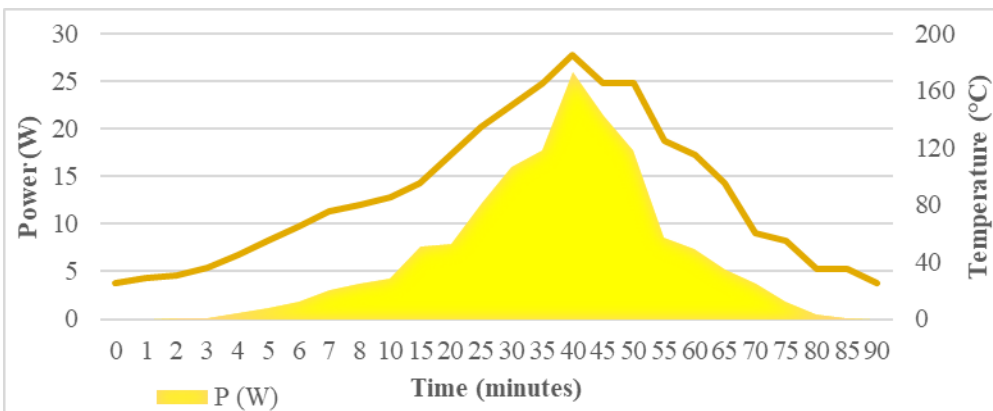


Figure 6. Variation of temperature and electrical power as a function of time

Potential energy contribution of the system and related costs

Current energy consumption and costs

During the month of March 2024, Dino & Fils SA consumed the equivalent of 121 334 kWh supplied by ENEO (98 283 kWh) and by the generator (23 051 kWh) to process 5 131 m³ of wood. This is equivalent to an average energy consumption (E) of 24 kWh/m³ of wood being processed (Eq. 18). Table 4 gives a breakdown of this consumption by workstation according to Equation 17.

Of the energy bills received for the month of March 2024, the rates applied are respectively 124 FCFA/kWh for ENEO and 237 FCFA/kWh for diesel (Table 5). With an average electricity cost (Ec) of 145 FCFA/kWh (Eq.

19), Dino & Fils SA is currently spending 3 439 FCFA/m³ of wood being processed (Eq. 20).

Table 4. Breakdown of energy consumption by workstation

Services	Energy consumption of equipment (kWh)
Sharpening	1 305
Joinery	1 431
Production of glued slats	8 461
Sawmill	18 462
Dryer	33 609
Others consumptions (office automation, transport, logistics)	58 066
TOTAL	121 334

Table 5. Current electricity production costs

ENEO		DIESEL		TOTAL	
Consumption	Price	Consumption	Price	Consumption	Price
98 283 kWh	12 190 863 FCFA	23 051 kWh	5 453 208 FCFA	121 334 kWh	17 644 071 FCFA
Cost: 124 FCFA/kWh		Cost: 237 FCFA/kWh		Average cost (Ec) : 145 FCFA/kWh	

Potential energy contribution of the thermoelectric system and related costs

With an average processing rate of 30 000 m³/year of wood over the last five years and a minimum projection of 35 000 m³ from 2025 (Table 2) at an average yield of 35%, Dino & Fils SA would produce an average of 22 750 m³ of wood waste annually, equivalent to 15 697 T in mass. The electrical potential of these waste is 3 956 MWh/year, or 113 kWh/m³ of wood being processed, which is higher than the current consumption of 24 kWh/m³. Therefore, by exploiting the electrical potential of its wood waste, Dino & Fils SA would be able to cover all its processing energy needs and could even consider diversifying its activities. The on-site installation of a thermoelectric power station running on wood waste would enable the company to free itself from current energy constraints and become self-sufficient.

The estimation of the costs of the system took into account the initial investment, based on a 15-year lifespan for the equipment, and operating costs. With annual expenditure (depreciation + annual operating costs) of 191 916 516 FCFA (Table 6), the system would produce 3 956 MWh annually, that is a unit cost of 48 FCFA/kWh (Eq. 21). This production cost, which is much lower than the current average cost of supplying electrical energy to Dino & Fils SA (145 FCFA/kWh), is very advantageous and very competitive for its positioning as a supplier of electrical energy to surrounding households and services in accordance with the national electricity policy (République du Cameroun, 2012).

Table 6. Thermoelectric system costs

CAPITAL EXPENDITURE (I)			505 043 400 FCFA
I.1. Technical equipment			423 043 400 FCFA
Thermoelectric power station	Thermoelectric generator	357 216 800 FCFA	
	Cooling system	15 000 000 FCFA	
	Radiator	5 000 000 FCFA	
Boiler	Boiler	21 187 200 FCFA	
	Firefighting system	3 280 000 FCFA	
Grinding machine		8 059 400 FCFA	
Transformers		5 000 000 FCFA	
Chimney	Smoke treatment and evacuation	8 300 000 FCFA	
I.2. Small equipment			12 000 000 FCFA
I.3. Logistics and installation			70 000 000 FCFA
Customs clearance and transport		50 000 000 FCFA	
Installation		20 000 000 FCFA	
OPERATING EXPENSES (II)			140 800 000 FCFA/Y
II.1. Staff			37 200 000 FCFA
1 Production manager	400 000 FCFA/month	4 800 000 FCFA	
1 Maintenance agent	300 000 FCFA/month	3 600 000 FCFA	
3 Grinding agents	3 x 200 000 FCFA/month	7 200 000 FCFA	
6 Loading agents	6 x 200 000 FCFA/month	14 400 000 FCFA	
2 Ignition/stop agents	2 x 150 000 FCFA/month	3 600 000 FCFA	
2 Ash removal agents	2 x 150 000 FCFA/month	3 600 000 FCFA	
II.2. Consumables and services			103 600 000 FCFA
Spare parts		50 000 000 FCFA	
Small tools		10 000 000 FCFA	
Small consumables	Glues, thermal paste...	21 600 000 FCFA	
Equipment maintenances	Welding, repairs	12 000 000 FCFA	
Control and regulation	Monitoring, control, audit...	10 000 000 FCFA	
ANNUAL EXPENDITURE (I'+II+III)			191 916 516 FCFA
DEPRECIATION (I' = I/15)		33 669 560 FCFA	
OPERATING EXPENSES (II)		140 800 000 FCFA	
CONTINGENCIES [III = 10%(I'+II)]		17 446 956 FCFA	

Conclusion

Wood waste account for 64% of all the wood processed at Dino & Fils SA. With their good characteristics and thermoelectric potential, this make them an interesting and directly available source for sustainable energy recovery.

The design and implementation of an experimental protocol has made it possible to apply the Seebeck effect and prove that it is possible to produce electricity from these wood waste. With an experimental electrical efficiency of 6%, the system has been proved to be effective and promises better performance on a real scale and under optimum conditions.

The installation and operation of a thermoelectric system at Dino & Fils SA would enable it to fully meet its energy needs at a beneficial cost of 48 FCFA/kWh instead of the 124 FCFA/kWh currently spent. It would also enable the company to expand or diversify its activities by adding a production line and/or positioning itself as a local electricity supplier to surrounding households and offices.

Although thermoelectric systems have a relatively low efficiency compared with other energy conversion technologies, such as gas or steam turbines, this does not mean that their use should be completely ruled out. In order to optimize the thermoelectric efficiency of the experimental system, it would be wise to add a system for channelling hot smoke and reinjecting them at the head of the system in order to dry and preheat the sawdust before actual combustion in the furnace. This furnace should also be as airtight as possible to prevent heat loss, which would have a negative impact on process efficiency.

Acknowledgment

This study was carried out as part of the end of training work of forestry engineer students in wood exploitation and transformation at the High Institute of Agriculture, Forestry, Water resources and Environment (HIAFWE), of the University of Ebolowa. The production of this article was made possible thanks to many contributions which we would like to thank. Specifically, our appreciation goes to The Director of HIAFWE, Professor OMBOLO Auguste; Mr. TALOM Justin, CEO of the company Dino & Fils SA, for the opportunity he gave us to do our experimentation in his company; Mr. BEYOKOL Bertrand, professional partner, assistant to the production manager, for his frank collaboration and multi-faceted support.

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: The authors did not obtain any funding for this research.

References:

1. Association technique et internationale des bois tropicaux (ATIBT, 2011). *Valorisation des déchets de scierie en Afrique centrale*. Projet ATIBT/FFEM/AFD, 6 Avenue de Saint Mandé – Paris, 14p.
2. Crehay R. et Marchal D. (2004). *La filière bois-énergie*. Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Génie Rural-Valbiom, pp 58-61.

3. Donizeau Carrera (2001). *Les fonds d'amortissement des charges d'électrification (FACE) pour un développement des énergies renouvelables en site non raccordé au réseau sur le territoire français*. Electrification rurale décentralisée, dispositifs contractuels et financiers, IEPF et ADEME (Eds), pp 96-94.
4. EUROSERVER (2005). *Consommation d'énergie primaire provenant du bois-énergie dans les pays de l'Union européenne (en Millions de TEP)*, pp 21-26.
5. FAO (2015). *Etat du secteur forestier au Cameroun*. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et de recherche forestière, 42p.
6. Gerard Manik (2004). *Produire l'électricité à partir du bois sans en gaspiller une miette*. Itebe-ADEME, 6p.
7. GICAM (2020). *Le livre blanc de l'économie camerounaise, l'impératif industriel du Cameroun*. Edition bilingue 31p.
8. Girard Pope, Pinta F. et Van De Ste-ene L. (2003). *Valorisation énergétique des sous-produits de scierie*. Cirad-forêt laboratoire Biomasse énergie environnement. Bois et forêts des tropiques pp 272-328.
9. Hervé Oudin (2008). *Méthode des éléments finis*. Engineering school, Ecole Centrale de Nantes, 65p.
10. Hung-Hsieh H. ; Meng-Pei L. ; Chien-Hao C. ; Lin-Chieh S. ; Chien-Neng L. ; Jing-Yi H. ; Huey-Lin H. (2013). *Enhanced Seebeck coefficient of bismuth telluride compounds with graded doping profiles*. Applied physics letters 103, 163903, AIP Publishing.
11. MINFOF (2012). Décision N° 0353/D/ MINFOF du 27 Février 2012. *Portant catégorisation et niveau de transformation des unités des transformations de bois basé au Cameroun*.
12. MINFOF (2019). *Annuaire statistique 2018 du MINFOF, Cameroun*. Pp 69-91.
13. République du Cameroun (2012). Décret n°2012/2806/PM du 24 septembre 2012. *Portant application de certaines dispositions de la loi n°2011/022 du 14 décembre 2011, régissant le secteur de l'électricité au Cameroun*.
14. Sylvie Hébert (2014). *La recherche de nouveaux matériaux thermoélectriques*. Laboratoire CRISMAT, UMR, CNR et ENCICAEN, 5p.
15. Tchinda Jean Blaise (2015). *Caractérisation et valorisation des substances extractibles de cinq essences camerounaises majeures de l'industrie du bois : Ayous, Moabi, Movingui, Padouk et Tali*. Thèse de Doctorat, Université de Lorraine, France, 158p.

Caractérisation géomorphologique, floristique et structurale de la forêt communautaire d'Aliyamounou à Kankan en Guinée

Fodé Salifou Soumah, PhD

Université Julius Nyerere de Kankan, Guinée

Centre National de Documentation Environnementale, Guinée

Sâa Momory Kamano, Doctorant

Soumaila Conde, PhD

Prof. Youssouf Camara

Université Julius Nyerere de Kankan, Guinée

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p57](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p57)

Submitted: 29 November 2024

Accepted: 18 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Soumah F.S., Kamano S.M., Conde S. & Camara Y. (2025). *Caractérisation géomorphologique, floristique et structurale de la forêt communautaire d'Aliyamounou à Kankan en Guinée*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 57.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p57>

Résumé

Le présent travail a pour objectif de caractériser la diversité floristique et la structure de la forêt communautaire d'Aliyamounou, une des importantes du bassin du haut Niger en Guinée. Des relevés phytosociologiques et dendrométriques ont été effectués au sein de 32 placettes de 400m² (20 m x 20 m) chacune. Ces placettes ont été disposées le long des transects, partant du sommet au bas-versant du plateau qui abrite la forêt. L'analyse des données floristiques a permis de distinguer 4 groupements végétaux et recenser 146 espèces végétales, réparties en 49 familles. Les Fabaceae (17,01%), les Rubiaceae (11,56%) et les Poaceae (7,53%) sont les familles dominantes. La végétation est bien diversifiée et selon les différents groupements identifiés, l'indice de diversité (H) varie entre 2,91 et 3,73 bits avec une Equitabilité (E) allant de 0,68 et 0,83. La densité de la forêt est 828,12 ± 409 tiges/ha, avec un diamètre moyen 20 ± 9 cm et une hauteur moyenne de 12,2 ± 6 m. Pour l'ensemble de la forêt les types biologiques dominants sont les Phanérophytes (70,8%) suivis des Thérophytes (14,3%) et des Géophytes (8,2%). Les

conditions écologiques liées au gradient morphopédologique interviennent largement dans la distribution spatiale des groupements végétaux.

Mots-clés: Diversité, structure, forêt communautaire, Guinée

Geomorphological, floristic, and structural characterization of the Aliyamounou community forest in Kankan, Guinea

Fodé Salifou Soumah, PhD

Université Julius Nyerere de Kankan, Guinée

Centre National de Documentation Environnementale, Guinée

Sâa Momory Kamano, Doctorant

Soumaïla Conde, PhD

Prof. Youssouf Camara

Université Julius Nyerere de Kankan, Guinée

Abstract

The present work aims to characterize the floristic diversity and structure of the Aliyamounou community forest, one of the important ones in the Upper Niger basin in Guinea. Phytosociological and dendrometric surveys were carried out in 32 plots of 400m² (20 m x 20 m) each. These plots were arranged along transects, starting from the summit to the lower slope of the plateau that shelters the forest. The analysis of the floristic data made it possible to distinguish 4 plant groups and to identify 146 plant species, divided into 49 families. Fabaceae (17.01%), Rubiaceae (11.56%), and Poaceae (7.53%) are the dominant families. The vegetation is well diversified and according to the different groups identified, the diversity index (H) varies between 2.91 and 3.73 bits with an Equitability (E) ranging from 0.68 to 0.83. The density of the forest is 828.12 ± 409 stems/ha, with an average diameter of 20 ± 9 cm and an average height of 12.2 ± 6 m. For the entire forest, the dominant biological types are Phanerophytes (70.8%) followed by Therophytes (14.3%) and Geophytes (8.2%). The ecological conditions linked to the morphopedological gradient largely intervene in the spatial distribution of plant groups.

Keywords: Diversity, structure, community forest, Guinea

Introduction

La conservation des écosystèmes forestiers est un aspect écologique fondamental pour préserver des habitats naturels, des ressources forestières, et lutter contre l'érosion des sols et le changement climatique (FAO, 2022). En

Afrique, la promotion de la foresterie villageoise par des politiques et des organisations non gouvernementales se multiplie. La foresterie communautaire est définie comme « toutes les situations dans lesquelles les populations locales sont étroitement associées à une activité forestière » (Arnold, 1991). Elle désigne ainsi est un moyen pour ~~un~~ l'état d'associer les populations locales à la gestion des forêts. Dans beaucoup de régions du monde et d'Afrique, les espaces boisés se trouvent sollicités par la conjonction d'une forte pression démographique et du maintien de modes de production agricole consommateurs d'espace (Buttoud, 1994). Ce qui accélère le recul de la forêt devant l'avancée des zones de cultures et d'habitations

Selon le code forestier guinéen, les forêts communautaires ou villageoises sont des domaines forestiers des collectivités décentralisés, constitués par des terrains forestiers appartenant à ces collectivités et ayant fait l'objet d'un arrêté de classement à leur profit, suite à leur demande auprès de l'Etat. Les communautés locales sont entièrement responsables de la gestion avec un plan de gestion simplifié élaboré par l'assistance technique des services compétents ou des ONG. Ces forêts ont aussi pour rôle de limiter la déforestation et fournir aux communautés riveraines divers services (écologique, climatique, économique, social et récréatif)..

En Guinée, l'assistance technique des services en charge de l'environnement et des forêts a été développée grâce au programme « Bassins versants » entre 1990 et 1995 dans le bassin du haut Niger en Guinée. Cette initiative se poursuit encore et se répand sur l'ensemble du territoire Guinéen. Cependant, la plupart des forêts communautaires sont juste délimitées et protégées sans accorder suffisamment d'importance à la collecte des données sur les espèces animales et végétales ainsi que sur le milieu.

La forêt communautaire d'Aliyamounou dans le bassin du Niger supérieur dans la préfecture de Kankan, est créée en 1993 sur une superficie de plus de 70 hectares, grâce à l'appui technique du programme « Bassin versant ». Après trois décennies de la délimitation et la mise en défens du site, aucune documentation sur les aspects botaniques et sur l'écologie du milieu n'est disponible. Ainsi, la zone environnante de la forêt subit une dégradation de la végétation spontanée due aux activités agricoles, à l'exploitation des ressources naturelles et le feu. Cependant, la forêt procure des produits forestiers tels que des fruits et des plantes médicinales au population locale. L'objectif de ce travail est de caractériser la diversité floristique et la structure de la végétation en lien avec la géomorphologie du site.

Méthodes

Zone d'étude

La préfecture de Kankan, s'étendant en moyenne entre 9°40' et 10°45' de latitude nord et 8°18' et 9°45' de longitude ouest est située à l'est de la

Guinée. Avec une superficie de 11.564 km² la préfecture compte 473359 habitants d'après le recensement général de la population et des habitats en 2014 (INS, 2014). La densité est de 40,9 habitants/km². La préfecture est située dans la région naturelle de la haute Guinée. Le chef-lieu de préfecture est la ville de Kankan. Le climat est de type soudano-guinéen (White, 1983). On observe une saison sèche entre novembre et mai et une saison de pluie entre mai et novembre. La pluviométrie moyenne varie entre 800 et 1500 mm par an (Béavogui, 2004). Les sols sont de types ferrallitiques peu évolués, provenant de la dislocation d'une cuirasse latéritique ancienne dont subsistent encore quelques vestiges sur les parties hautes (battes cuirassées) avec un horizon superficiel gravillonnaire et de types hydromorphes et alluviaux dans les dépressions et le long des cours d'eau (Béavogui, 2004). La végétation est majoritairement composée de savanes (boisées, arborées, arbustives) et de forêt claire. La forêt communautaire qui fait l'objet de la présente étude est une forêt claire située dans le village d'Aliyamounou, sous-préfecture de Karifamoriah, préfecture de Kankan (Figure 1). Avec une superficie de 70 hectares, la forêt a été délimitée par la communauté locale en 1993 grâce l'appui technique du Service de l'Environnement, des Eaux et Forêts de Kankan et du programme « Bassin versant » à l'époque.

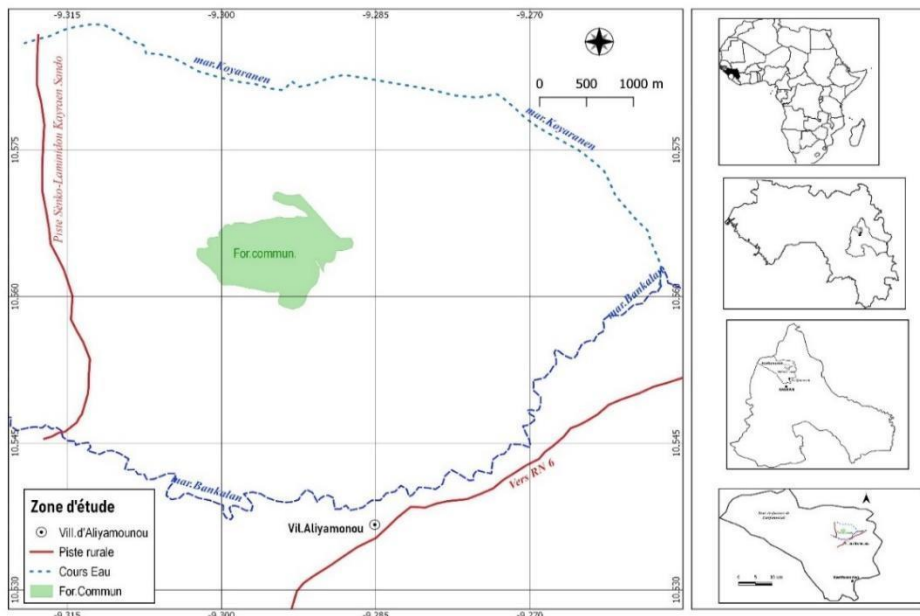


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Collecte de données

Des inventaires floristiques et structuraux ont été effectués dans les placettes de 400 m² (20 m x 20 m), disposées le long des transects allant du sommet au bas-fond du plateau qui abrite la forêt. Au total, 32 placettes ont

été réalisées dans la forêt. Pour l'inventaire floristique, la liste de toutes les espèces de plantes rencontrées a été dressée avec leurs coefficients d'abondance-dominance (Bran-Blanquet, 1932). Les types de formations végétales, les types de sols décrits en ouvrant des petits profils, procéder à l'observation visuelle, au test de la boule et au toucher. Les coordonnées géographiques sont aussi notés à chaque point de relevé. Au sein des mêmes placettes, des relevés dendrométriques sont effectués en mesurant le diamètre et la hauteur maximale des individus à $DBH \geq 10$ cm. Le nombre de jeunes individus à $DBH < 10$ cm a été aussi relevé par espèce végétale.

Analyse des données

Les relevés floristiques ont été soumis à l'analyse en composante principale (ACP) dans le logiciel PAST (version 4.03 de 2020) pour identifier différents groupements végétaux sur le site. Les conditions géomorphologiques du site sont considérées dans l'interprétation des résultats de l'analyse.

La richesse floristique a été évaluée en déterminant l'effectif des espèces, des genres et des familles en fonction des différents groupements végétaux. Les noms scientifiques des espèces et leur taxonomie ont été mis à jour à partir du système APG IV (2016). La diversité a été définie par l'indice de Shannon et Weaver (1948) et celui d'Équitabilité de Pielou (1966), calculés à l'aide du logiciel PAST.

La densité des arbres a été calculée en comptant le nombre d'individus par surface de relevé, exprimé en nombre d'arbres par hectare. Les classes de diamètre des arbres recensés dans les placettes ont été fixées par intervalle de 10cm. Les classes de hauteur des arbres ont été fixées par intervalle de 5 m. Les proportions des différents types biologiques des espèces végétales selon Raunkiaer (1934) ont été déterminées et exprimées en pourcentage. La régénération naturelle a été analysée en calculant le taux de régénération de chaque espèce (R) qui est égal au nombre d'individus (à $DBH < 10$ cm) de régénération de l'espèce (N_i) dans les relevés considérés par rapport au nombre total d'individus de régénération de l'ensemble des espèces (N) des relevés considérés. L'ensemble des méthodes de collecte et d'analyse des données utilisées permet de caractériser la diversité et la structure de la végétation étudiée.

Résultats

Les groupements végétaux

La forêt communautaire étudiée est parcourue dans sa moitié par une tête de cours d'eau dont les bordures inondent pendant la saison des pluies. Cette partie déprimée et inondable dans le bas-fond est considérée dans ce

travail comme milieu inondable et le reste de la forêt dans les mi-versants et au sommet du plateau est considéré comme milieux exondés.

L'analyse en composante principale (ACP) répartit les 32 relevés en quatre (4) groupements végétaux (Figure 2) dont un groupement du milieu inondable (G1) et trois groupements des milieux exondés (G2, G3 et G4). L'axe 1 (36,77%) ayant plus contribué à la discrimination des relevés traduit leur composition spécifique. L'axe 2 (15,11%) est assimilable au gradient microtopographique.

Groupement à Andropogon gayanus et Oxythenanthera abyssinica (G1)

C'est un groupement retrouvé dans la plaine en bas de la pente, sur sol hydromorphe, temporairement inondé. Le milieu correspond à un bassin de collecte d'eau de ruissellement, donnant naissance à un ruisseau traversant la moitié de la forêt. C'est la partie la plus basse de la toposéquence du site. Les espèces comme *Hyparrhenia rufa*, *Centella asiatica*, *Nelsonia canescens* et *Alchornea cordifolia* y sont présentes.

Groupement à Anogeissus leiocarpus et Daniellia oliveri (G2)

Ce groupement fait partie du milieu exondé du site, localisé dans la partie correspondant au bas-versant, sur sol argilo-sableux. C'est la zone d'accumulation de matériaux provenant de la désagrégation physique, au piedmont grâce aux faibles pentes. Les espèces associées sont: *Terminalia macroptera*, *Pterocarpus erinaceus*, *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Gmelina arborea*, etc.

Groupement à Anthonotha crassifolia et Uapaca togoensis (G3)

Il occupe le second milieu exondé, dans la zone correspondant au mi-versant de la crête, sur sol ferrallitique gravillonnaire et rocailleux. Il est constitué par des petits îlots de forêts. D'autres espèces associées aux principales dans cet habitat sont : *Canthium venosum*, *Baisea multiflora*, *Daniellia oliveri*, *Opilia celtidifolia*, etc.

Groupement à Gmelina arborea et Lophira lanceolata (G4)

C'est le troisième groupement des milieux exondés, formé de forêts claires et savanes boisées, sur sol gravillonnaire. La réorganisation structurale des éléments grossiers avec de nombreux vides, permet une pénétration profonde du système racinaire de la végétation. C'est la zone qui s'étend du haut-versant au sommet du plateau qui abrite cette forêt. *Piliostigma thonningii*, *Crossopteryx febrifuga*, *Pericopsis laxiflora*, *Lophira lanceolata*, *Andropogon ssp*, etc. font partie du cortège floristique de ce milieu. La présence de *Gmelina arborea* (espèce introduite) dans ce milieu veut dire que certains endroits de la forêt ont été reboisés par la communauté.

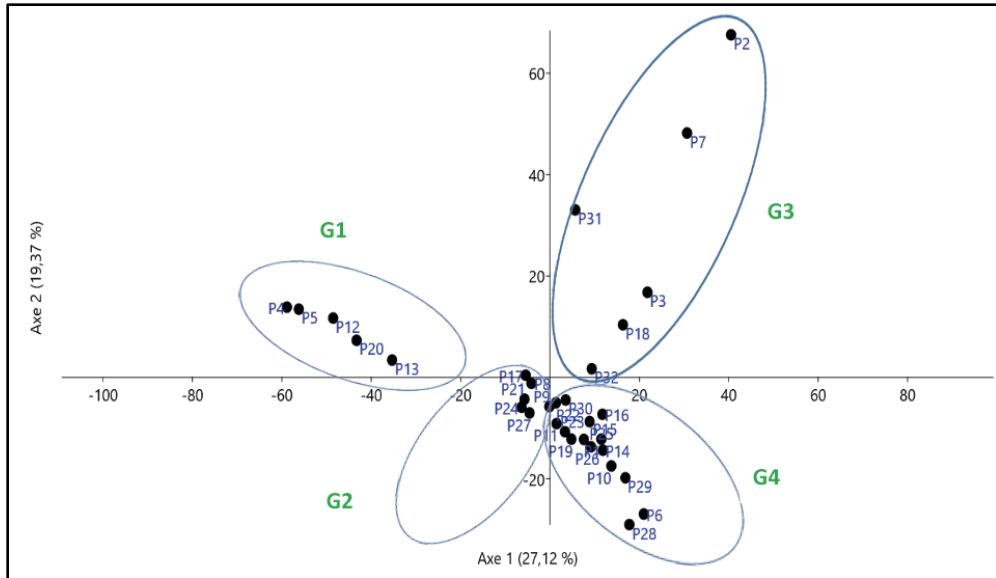


Figure 2. Distribution spatiale des relevés phytosociologiques

Richesse et diversité floristiques

Les inventaires floristiques ont permis de recenser au total 146 espèces réparties entre 126 genres et 48 familles (Tableau 1). La figure 3 montre que la famille des Fabaceae est la plus importante en nombre d'espèces (17,12%), devant les Rubiaceae (11,64%), les Poaceae (7,53%) et les Combretaceae (6,85%).

Tableau 1. Liste floristique générale de la forêt communautaire d'Aliyamounou

N°	Espèces de plantes	Genre	Famille	Type biologique
1	<i>Monechma ciliatum</i> (Jacq.) Milne-Redhead	Monechma	Acanthaceae	Thérophyte
2	<i>Nelsonia canescens</i> (Lam.) Spreng.	Nelsonia	Acanthaceae	Thérophyte
3	<i>Phaulopsis ciliata</i> (Willd.) Hepper.	Phaulopsis	Acanthaceae	Thérophyte
4	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Sansevieria	Agavaceae	Géophyte
5	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Achyranthes	Amaranthaceae	Thérophyte
6	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardium	Anacardiaceae	Phanérophyte
7	<i>Lannea acida</i> A. Rich.	Lannea	Anacardiaceae	Phanérophyte
8	<i>Lannea nigriflora</i> (Sc. Elliot) Keay	Lannea	Anacardiaceae	Phanérophyte
9	<i>Lannea velutina</i> A. Rich.	Lannea	Anacardiaceae	Phanérophyte
10	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangifera	Anacardiaceae	Phanérophyte
11	<i>Sorindeia juglandifolia</i> (A. Rich.) Planch. ex Oliv.	Sorindeia	Anacardiaceae	Phanérophyte
12	<i>Annona senegalensis</i> Pers	Annona	Annonaceae	Phanérophyte
13	<i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. & Diels	Hexalobus	Annonaceae	Phanérophyte
14	<i>Uvaria chamae</i> P. Beauv.	Uvaria	Annonaceae	Phanérophyte
15	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Centella	Apiaceae	Géophyte
16	<i>Baissea multiflora</i> A. DC.	Baissea	Apocynaceae	Phanérophyte
17	<i>Ceropegia racemosa</i> N.E. Br.	Ceropegia	Apocynaceae	Phanérophyte
18	<i>Landolphia dulcis</i> (R. Br. Ex Sabine) Pichon	Landolphia	Apocynaceae	Phanérophyte
19	<i>Landolphia heudelotii</i> A. DC.	Landolphia	Apocynaceae	Phanérophyte
20	<i>Manilkara obovata</i> (Sabine ex G. Don) Hemsley.	Manilkara	Apocynaceae	Phanérophyte
21	<i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon	Saba	Apocynaceae	Phanérophyte
22	<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC.	Strophanthus	Apocynaceae	Phanérophyte

23	<i>Amorphophallus aphyllus</i> (Hook.) Hutch.	Amorphophallus	Araceae	Géophyte
24	<i>Aloe buettneri</i> A.Berger	Aloe	Asphodelaceae	Hemicryptophyte
25	<i>Pleiotaxis chlorolepis</i> C. Jeffrey	Pleiotaxis	Asteraceae	Hemicryptophyte
26	<i>Cochlospermum planchonii</i> Hook.	Cochlospermum	Bixaceae	Hemicryptophyte
27	<i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell	Maytenus	Celastraceae	Phanérophyte
28	<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. Ex. Benth	Parinari	Chrysobalanaceae	Phanérophyte
29	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	Anogeissus	Combretaceae	Phanérophyte
30	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretum	Combretaceae	Phanérophyte
31	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	Combretum	Combretaceae	Phanérophyte
32	<i>Combretum molle</i> G. Don	Combretum	Combretaceae	Phanérophyte
33	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	Combretum	Combretaceae	Phanérophyte
34	<i>Combretum racemosum</i> P. Beauv.	Combretum	Combretaceae	Phanérophyte
35	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	Guiera	Combretaceae	Phanérophyte
36	<i>Pteleopsis suberosa</i> Engl. & Diels	Pteleopsis	Combretaceae	Phanérophyte
37	<i>Terminalia alba</i> Sc. Elliot	Terminalia	Combretaceae	Phanérophyte
38	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	Terminalia	Combretaceae	Phanérophyte
39	<i>Cyperus difformis</i> L.	Cyperus	Cyperaceae	Géophyte
40	<i>Fimbristylis</i> spp	Fimbristylis	Cyperaceae	Géophyte
41	<i>Scleria tessellata</i> Willd.	Scleria	Cyperaceae	Thérophyte
42	<i>Dioscorea lecardii</i> De Wild.	Dioscorea	Dioscoreaceae	Géophyte
43	<i>Monotes kerstingii</i> Gilg	Monotes	Dipterocarpaceae	Phanérophyte
44	<i>Diospyros heudelotii</i> Hiern	Diospyros	Ebenaceae	Phanérophyte
45	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.	Diospyros	Ebenaceae	Phanérophyte
46	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Euphorbia	Euphorbiaceae	Phanérophyte
47	<i>Alchornea cordifolia</i> Schum.	Alchornea	Euphorbiaceae	Thérophyte
48	<i>Abrus canescens</i> Welw. ex Bak.	Abrus	Fabaceae	Thérophyte
49	<i>Afzelia africana</i> Smith.ex Pers	Afzelia	Fabaceae	Phanérophyte
50	<i>Alysicarpus rugosus</i> (Willd.) DC.	Alysicarpus	Fabaceae	Thérophyte
51	<i>Anthothona crassifolia</i> (Baill.) J. Leonard	Anthothona	Fabaceae	Phanérophyte
52	<i>Burkea africana</i> Hook.	Burkea	Fabaceae	Phanérophyte
53	<i>Cassia chotschiana</i> DC.	Cassia	Fabaceae	Phanérophyte
54	<i>Crotalaria retusa</i> L.	Crotalaria	Fabaceae	Thérophyte
55	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalz.	Daniellia	Fabaceae	Phanérophyte
56	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC	Desmodium	Fabaceae	Phanérophyte
57	<i>Detarium macrocarpum</i> Harms	Detarium	Fabaceae	Phanérophyte
58	<i>Dialium guineense</i> Willd.	Dialium	Fabaceae	Phanérophyte
59	<i>Dischrostachys cineræ</i> (Forsk.) H. Dalz	Dischrostachys	Fabaceae	Phanérophyte
60	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	Entada	Fabaceae	Phanérophyte
61	<i>Eriosema glomeratum</i> (Guill. & Perr.) Hook. f.	Eriosema	Fabaceae	Thérophyte
62	<i>Erythrina senegalensis</i> DC.	Erythrina	Fabaceae	Phanérophyte
63	<i>Indigofera arrecta</i> Hochst. ex A. Rich.	Indigofera	Fabaceae	Phanérophyte
64	<i>Moghamia</i> spp	Moghamia	Fabaceae	Thérophyte
65	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) Benth.	Parkia	Fabaceae	Phanérophyte
66	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. Ex Bak.) van. M	Pericopsis	Fabaceae	Phanérophyte
67	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redhead	Piliostigma	Fabaceae	Phanérophyte
68	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Prosopis	Fabaceae	Phanérophyte
69	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Pterocarpus	Fabaceae	Phanérophyte
70	<i>Bobgunnia madagascariensis</i> (Desv.) J.H.Kirkbr. & Wiersema	Bobgunnia	Fabaceae	Phanérophyte
71	<i>Xeroderris stuhlmannii</i> (Taub.) Mendonça & Sousa	Xeroderris	Fabaceae	Phanérophyte
72	<i>Flacourtia indica</i> (Burm. f.) Merr.	Flacourtia	Flacoutiaceae	Phanérophyte
73	<i>Anthocleista procera</i> Lepr.	Anthocleista	Gentianaceae	Phanérophyte
74	<i>Psorospermum febrifugum</i> Spach	Psorospermum	Hypericaceae	Phanérophyte
75	<i>Vismia guineensis</i> (L.) Choisy	Vismia	Hypericaceae	Phanérophyte
76	<i>Curculigo pilosa</i> (Schum. & Thonn.) Engler	Curculigo	Hypoxidaceae	Géophyte
77	<i>Clerodendrum capitatum</i> (Willd.) Schum. & Thonn.	Clerodendrum	Lamiaceae	Phanérophyte
78	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Gmelina	Lamiaceae	Phanérophyte
79	<i>Tectona grandis</i> L.	Tectona	Lamiaceae	Phanérophyte
80	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Vitex	Lamiaceae	Phanérophyte

81	<i>Strychnos innocua</i> Del.	Strychnos	Loganiaceae	Phanérophyte
82	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	Strychnos	Loganiaceae	Phanérophyte
83	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuill.	Bombax	Malvaceae	Phanérophyte
84	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Cola	Malvaceae	Phanérophyte
85	<i>Grewia mollis</i> Juss.	Grewia	Malvaceae	Phanérophyte
86	<i>Melochia corchorifolia</i> L.	Melochia	Malvaceae	Thérophyte
87	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Sida	Malvaceae	Chamephyte
88	<i>Urena lobata</i> L.	Urena	Malvaceae	Chamephyte
89	<i>Dissotis</i> spp	Dissotis	Melastomataceae	Hemicryptophyte
90	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	Khaya	Meliaceae	Phanérophyte
91	<i>Trichilia emetica</i> Vahl	Trichilia	Meliaceae	Phanérophyte
92	<i>Ficus glumosa</i> Delile	Ficus	Moraceae	Phanérophyte
93	<i>Ficus sur</i> Forsk	Ficus	Moraceae	Phanérophyte
94	<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Ficus	Moraceae	Phanérophyte
95	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC. var <i>macrocarpum</i>	Syzygium	Myrtaceae	Phanérophyte
96	<i>Lophira lanceolata</i> Van Thiegh. Ex Keay.	Lophira	Ochnaceae	Phanérophyte
97	<i>Ochna Schewinfurthiana</i> vari. F. Hoffm.	Ochna	Ochnaceae	Phanérophyte
98	<i>Ximenia americana</i> L.	Ximenia	Olaceae	Phanérophyte
99	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don) Exell	Ludwigia	Onagraceae	Phanérophyte
100	<i>Opilia celtidifolia</i> (Guill. & Perr.) Endl. ex Walp.	Opilia	Opiliaceae	Hemicryptophyte
101	<i>Smeathmannia laevigata</i> Soland. ex R.Br.	Smeathmannia	Passifloraceae	Phanérophyte
102	<i>Antidesma venosum</i> Tul.	Antidesma	Phyllanthaceae	Phanérophyte
103	<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Bridelia	Phyllanthaceae	Phanérophyte
104	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	Hymenocardia	Phyllanthaceae	Phanérophyte
105	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster.	Margaritaria	Phyllanthaceae	Phanérophyte
106	<i>Phyllanthus muellerianus</i> (O. Ktze) Exell	Phyllanthus	Phyllanthaceae	Phanérophyte
107	<i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir.	Phyllanthus	Phyllanthaceae	Phanérophyte
108	<i>Uapaca togoensis</i> Pax.	Uapaca	Phyllanthaceae	Phanérophyte
109	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Andropogon	Poaceae	Thérophyte
110	<i>Andropogon schirensis</i> Hochst. ex A. Rich.	Andropogon	Poaceae	Thérophyte
111	<i>Ctenium newtonii</i> Hack.	Ctenium	Poaceae	Thérophyte
112	<i>Digitaria exilis</i> (Kippist) Stapf	Digitaria	Poaceae	Thérophyte
113	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	Hyparrhenia	Poaceae	Hemicryptophyte
114	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raesch.	Imperata	Poaceae	Géophyte
115	<i>Oxytenanthera abyssinica</i> (A. Rich.)	Oxytenanthera	Poaceae	Phanérophyte
116	<i>Panicum phragmitoides</i> Stapf	Panicum	Poaceae	Thérophyte
117	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Pennisetum	Poaceae	Thérophyte
118	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) W.D. Clayton	Rottboellia	Poaceae	Thérophyte
119	<i>Schizachyrium platyphyllum</i> (Franch.) Stapf	Schizachyrium	Poaceae	Thérophyte
120	<i>Securidaca longipedunculata</i> Fres.	Securidaca	Polygalaceae	Phanérophyte
121	<i>Canthium horizontale</i> (Schum. & Thonn.) Hiern	Canthium	Rubiaceae	Phanérophyte
122	<i>Canthium venosum</i> (Oliv.) Hiern	Canthium	Rubiaceae	Phanérophyte
123	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afzel. ex G. Don) Benth.	Crossopteryx	Rubiaceae	Phanérophyte
124	<i>Fadogia erythrophloea</i> (K. Schum. & K. Krause) Hutch. & Dalz.	Fadogia	Rubiaceae	Phanérophyte
125	<i>Gardenia erubescens</i> Stapf. et Huntch.	Gardenia	Rubiaceae	Phanérophyte
126	<i>Gardenia imperialis</i> K. Schum.	Gardenia	Rubiaceae	Phanérophyte
127	<i>Gardenia sokotensis</i> Hutch.	Gardenia	Rubiaceae	Phanérophyte
128	<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. & Thonn.	Gardenia	Rubiaceae	Phanérophyte
129	<i>Morinda morindoides</i> (Bak.) Milne-Redh.	Morinda	Rubiaceae	Phanérophyte
130	<i>Mussaenda elegans</i> Schum. & Thonn.	Mussaenda	Rubiaceae	Phanérophyte
131	<i>Pavetta crassipes</i> K. Schum	Pavetta	Rubiaceae	Phanérophyte
132	<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E.A.Bruce,	Sarcocephalus	Rubiaceae	Phanérophyte
133	<i>Sericanthe chevalieri</i> (K. Krause) Robbrecht	Sericanthe	Rubiaceae	Phanérophyte
134	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Spermacoce	Rubiaceae	Chamephyte
135	<i>Spermacoce ruelliae</i> DC.	Spermacoce	Rubiaceae	Chamephyte
136	<i>Vangueriella discolor</i> (Benth.) Verdc	Vangueriella	Rubiaceae	Phanérophyte
137	<i>Clausena anisata</i> (Willd.) Benth.	Clausena	Rutaceae	Phanérophyte
138	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepernick &	Zanthoxylum	Rutaceae	Phanérophyte
139	<i>Oncoba spinosa</i> Forssk.	Oncoba	Salicaceae	Phanérophyte
140	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaerth.	Vitellaria	Sapotaceae	Phanérophyte

141	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Scoparia	Scrophulariaceae	Thérophyte
142	<i>Quassia undulata</i> (Guill. & Perr.) D.Dietr.	Quassia	Simaroubaceae	Phanérophyte
143	<i>Smilax anceps</i> Willd.	Smilax	Smilacaceae	Géophyte
144	<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) O. Ktze	Tacca	Taccaceae	Géophyte
145	<i>Cissus aralioides</i> (Welw. ex Bak.) Planch	Cissus	Vitaceae	Géophyte
146	<i>Aframomum sulcatum</i> (Oliv. & Hanb.) K. Schum.	Aframomum	Zingiberaceae	Géophyte

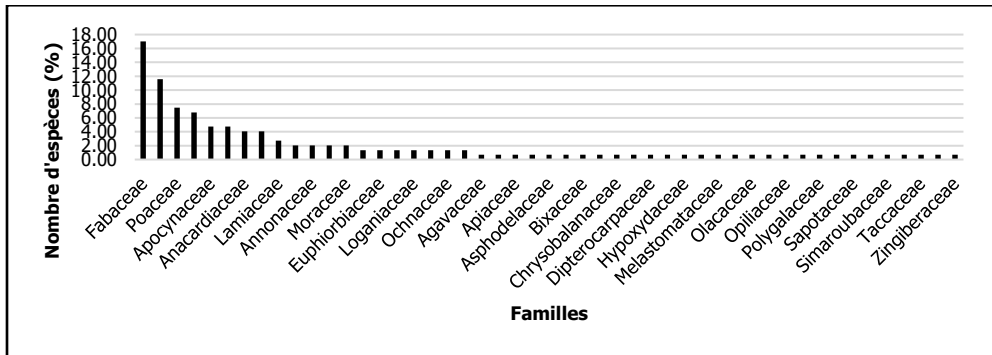


Figure 3. Richesse spécifique des familles

Spectre biologique

La végétation étudiée est dominée par des phanérophytes (70,8%), suivies des thérophytes (14,3%) et des géophytes (8,2%). Les hémicryptophytes et les chaméphytes sont en revanche moins représentées.

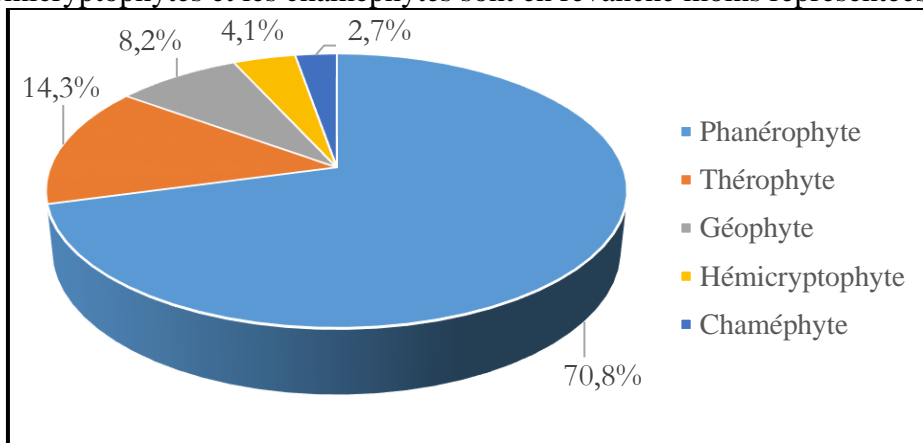


Figure 4. Proportion de types biologiques présents dans la végétation

Diversité floristique des différents groupements végétaux

Cette analyse montre une forte richesse spécifique dans la formation de forêt claire qui occupe le haut versant et le sommet du plateau. Cette formation correspond au groupement G4 avec 111 espèces. La faible richesse a été observée dans le groupement G3, situé au mi-versant avec 50 espèces (Tableau 2). L'indice de Shannon varie très peu d'un groupement à l'autre entre 2,91 bits à la plaine inondable (G1) et 3,73 bits vers le sommet du plateau (G4). Conformément à l'indice de Shannon, l'indice d'Équitabilité est aussi

relativement faible au niveau du même groupement herbeux de la plaine (G1) avec 0,68. Les différents groupements de cette forêt sont riches de 76 espèces en moyenne et diversifiés avec 3,34 bits et un indice d'Équitabilité égal à 0,78 en moyenne (Tableau 2).

Tableau 2. Paramètres de la diversité floristique en fonction des groupements

Groupements végétaux	Richesse spécifique	Shannon	Équitabilité
G1 (milieu inondable)	71	2,91	0,68
G2 (bas-versant)	50	3,25	0,83
G3 (mi-versant)	70	3,48	0,82
G4 (haut du plateau)	111	3,73	0,79
Moyenne	76	3,34	0,78

Caractéristique structurale de la végétation étudiée

L'analyse de la structure de la végétation a été faite en fonction de la densité, du diamètre et de la hauteur des tiges à (dbh \geq 10 cm) et de la régénération naturelle des différents groupements identifiés.

Densité des peuplements

La densité des tiges varie en fonction des groupements, entre 250 \pm 10,5 tiges/ha (G1) et 1025 \pm 61,88 tiges/ha (G2) avec une valeur moyenne pour l'ensemble de la forêt égale à 719 \pm 31,15 tiges/hectare (Tableau 2). Le groupement G2, situé au mi-versant du plateau est le plus dense, grâce à la présence de deux espèces grégaires (*Anogeissus leiocarpus* et *Daniellia oliveri*). Le groupement G1 de la plaine inondable, moins dense, est par contre dominé par des graminées.

Structure en diamètre et en hauteur des peuplements adultes

Le diamètre moyen des tiges est plus fort dans les groupements G2 (16 \pm 7,01 cm) et G3 (16 \pm 6,56 cm). En revanche, le peuplement du milieu inondable (G1) présente un diamètre moyen, relativement faible (13 \pm 3,35 cm). L'ensemble des peuplements présente un diamètre moyen de 15 \pm 5,63 cm et une hauteur moyenne de 10 \pm 4,01 (Tableau 3).

Dans le peuplement G1, les arbres de gros diamètres sont : *Combretum glutinosum* (18 cm), *Terminalia macroptera* (17 cm), *Parkia biglobosa* (15 cm), *Prosopis africana* (14 cm) et *Entada africana* (13 cm). Les arbres les plus hauts sont : *Parkia biglobosa* (9 m), *Crossopteryx febrifuga* (8m), *Prosopis africana*, *Vitellaria paradoxa* et *Daniellia oliveri* (7m chacune).

Dans le peuplement G2, ce sont : *Bombax costatum* (38 cm), *Vitellaria paradoxa* (31 cm), *Anogeissus leiocarpus*, *Gmelina arborea* (18 cm chacune) et *Daniellia oliveri* (17 cm) qui possèdent des diamètres importants. Les mêmes espèces figurent parmi les plus hautes de ce peuplement : *Bombax costatum* (20 m), *Anogeissus leiocarpus* (19 m), *Gmelina arborea* (14 m), *Pterocarpus erinaceus* (13 m) et *Vitellaria paradoxa* (12 m).

Au niveau du groupement G3 les individus à fort diamètre ont été observés chez *Pterocarpus erinaceus* (23 cm), *Anthonotha crassifolia*, *Daniellia oliveri* (22 cm chacune) et *Parkia biglobosa* (18 cm). Les individus les plus hauts sont: *Pterocarpus erinaceus* (21m), *Gmelina arborea* (18 m), *Diospyros mespiliformis* (15 m), *Ficus glumosa* (14 m) et *Anthonotha crassifolia* (13 m).

Pour ce qui est du peuplement G4, les espèces présentant de fort diamètre sont : *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus* (22 cm chacune), *Bombax costatum* (21 cm), *Vitellaria paradoxa* et *Prosopis africana* (18 cm chacune). Les espèces les plus hautes sont : *Azelia africana* (13 m), *Bombax costatum*, *Lophira lanceolata*, *Tectona grandis* et *Pterocarpus erinaceus* (12 m chacune).

Tableau 3. Paramètres structuraux des différents groupements végétaux

Groupements	Densité (tiges/ha)	Diamètre moyen (cm)	Hauteur moyenne (m)
G1	250 ± 10,5	13 ± 3,35	7 ± 1,86
G2	1025 ± 61,88	16 ± 7,01	12 ± 5,43
G3	638 ± 23,06	16 ± 6,56	12 ± 5,03
G4	963 ± 29,17	15 ± 5,61	10 ± 3,71
Moyenne	719 ± 31,15	15 ± 5,63	10 ± 4,01

Structure par classes de diamètre et de hauteur des individus adultes

En considérant la distribution des classes de diamètre (Figure 5) et celle des classes de hauteur (Figure 6) au sein des différents groupements étudiés, les derniers présentent chacun une structure normale de forme « L ». Le nombre d'individus de faible diamètre (les classes de 10 à 21cm) étant plus important que celui des individus de fort diamètre (classes de 31 à 35 cm et plus de 35 cm). Il en est de même pour les classes de hauteur. Le nombre d'individus diminue progressivement des classes d'arbres moins hauts (classes de 5 à 10 m) vers les classes d'arbres plus hauts (21 à 25 m et plus de 25 m). Ce fait explique la stabilité des peuplements du site vis-à-vis des perturbations d'origine externe notamment la coupe de bois et le feu.

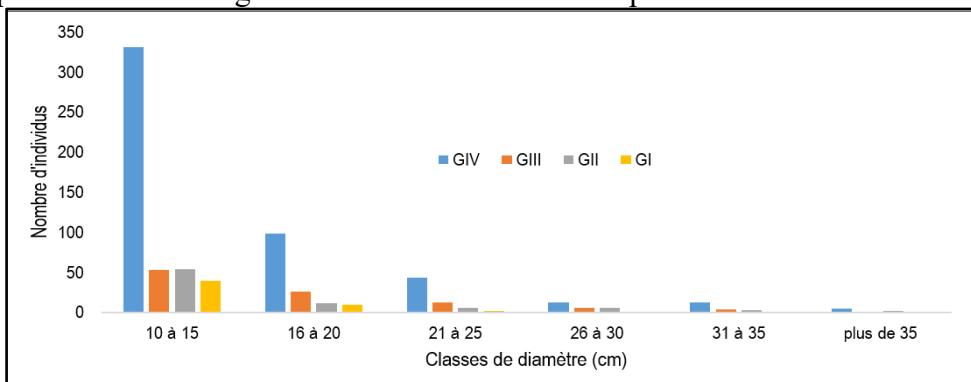


Figure 5. Structure démographique en classe de diamètre (cm) des différents groupements identifiés dans la forêt communautaire d'Aliyamounou

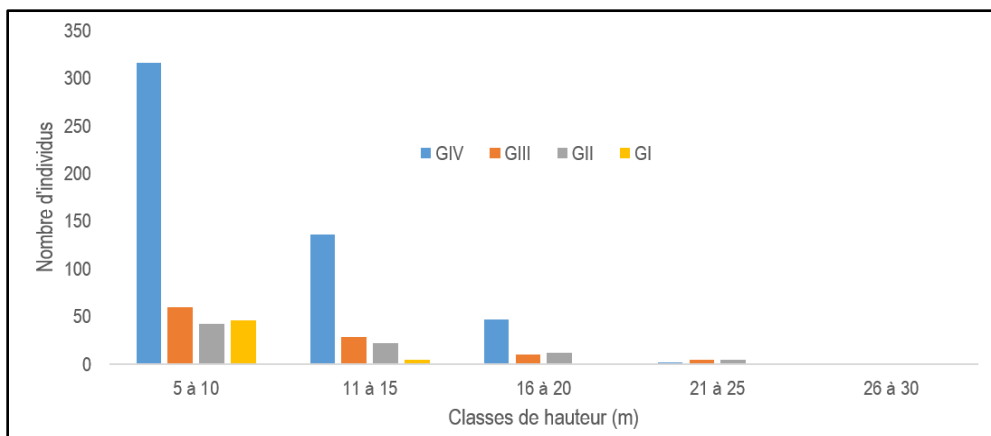


Figure 6. Structure démographique en classe de hauteur (m) des différents groupements identifiés dans la forêt communautaire d'Aliyamounou

Régénération naturelle des espèces ligneuses dans la forêt d'Aliyamounou

L'analyse de la régénération naturelle des espèces ligneuses faite en fonction des différents groupements étudiés montre une forte régénération de certaines espèces parmi les espèces présentes. Ces espèces du fort taux de régénération sont parmi celles qui caractérisent les formations respectives. Les espèces constantes parmi ces espèces abondantes dans la régénération sont entre autres *Daniellia oliveri*, *Vitellaria paradoxa*, *Lophira lanceolata* et *Baissea multiflora* (Tableau 4).

Tableau 4. Espèces dominantes dans la régénération naturelle des différents groupements identifiés

Groupements végétaux	Espèces dominantes de la régénération naturelle
G1 (plaine inondable)	<i>Oxythenanthera abyssinica</i> , <i>Bridelia ferruginea</i> , <i>Daniellia oliveri</i> , <i>Baissea multiflora</i> , <i>Lophira lanceolata</i> , <i>Khaya senegalensis</i> ...
G2 (forêt claire au bas versant)	<i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Daniellia oliveri</i> , <i>Vitellaria paradoxa</i> , <i>Combretum micranthum</i> , <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Baissea multiflora</i> , <i>Diospyros mespiliformis</i>
G3 (forêt claire au mi-versant)	<i>Anthonotha Crassifolia</i> , <i>Baissea multiflora</i> , <i>Uapaca togoensis</i> , <i>Lophira Lanceolata</i> , <i>Daniellia oliveri</i> , <i>Opilia celtidifolia</i> , <i>Diospyros mespiliformis</i> , <i>Sorindeia juglandifolia</i> ...
G4 (forêt claire au haut versant du plateau)	<i>Daniellia oliveri</i> , <i>Lophira lanceolata</i> , <i>Vitellaria paradoxa</i> , <i>Baissea multiflora</i> , <i>Azelia africana</i> , <i>Piliostigma thonningii</i> , <i>Opilia celtidifolia</i> ...

Discussion

Caractéristiques géomorphologiques et floristiques du site

L'analyse de la composition floristique du milieu étudié a permis de caractériser la diversité floristique en lien avec les conditions géomorphologiques et pédologiques inégalement réparties sur le site. Ces conditions expliquent bien la diversité de groupements végétaux et leur dispersion spatiale. L'hétérogénéité du milieu d'étude marquée par la présence de plusieurs microhabitats est définie des types de formations végétales et de sol, en allant du sommet du plateau occupé par des forêts sèches et savanes boisées sur sols gravillonnaires au bas-fond où on rencontre une formation ripicole sur sol hydromorphe.

Ces caractéristiques toposéquentielles des sols de cette partie de la Guinée concordent avec la description des sols de la région faite par le SENASOL/FAO (1980). Les travaux de Sidibé (2000) dans la même écorégion au niveau du Parc National du Haut Niger (PNHN) en Guinée, confirment les mêmes classes de sols pour le même gradient géomorphologique. Les résultats de Baldé (2005) corroborent les mêmes caractéristiques pédologiques des zones de plateaux des savanes guinéennes.

Les quatre (4) groupements végétaux rencontrés dans la forêt étudiée sont repartis comme suit : trois groupements de forêts sèches dans les milieux exondés en plateaux, disposés successivement sur les haut, mi et bas versants et un groupement herbeux au niveau du milieu temporairement inondé, donnant naissance à petit cours d'eau saisonnier parcourant les 1/3 de la forêt. Il s'agit du groupement de *Gmelina arborea* et *Lophira lanceolata*, le groupement de *Anthonotha crassifolia* et *Uapaca togoensis*, le groupement de *Anogeissus leiocarpus* et *Daniellia oliveri* et le groupement de *Andropogon gayanus* et *Oxythenanthera abyssinica*. Les variables environnementales considérées ont un effet significatif sur la distribution spatiale des groupements végétaux (Imorou, 2013).

La présence d'un groupement dominé par *G. arborea* est la preuve que cette forêt a connu un reboisement par endroit après la délimitation. Ce reboisement faite par communauté avec l'appui du projet GIRENS (La Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans le Niger Supérieur) en collaboration avec Wetlands International Mali, explique aussi l'interet que la communauté internationale accorde à cette forêt communautaire. Le reboisement des forêts communautaires après la délimitation est bien pratiqué en Guinée et même ailleurs en Afrique de l'ouest pour restaurer très rapidement les endroits dégradés. C'est le cas de six (6) forêts communautaires à caractère sacré, étudiées dans la zone du bassin du haut Niger en Guinée (Soumah et al., 2023), de la forêt communautaire d'Edouwossi-Cope (région des plateaux au Togo), étudié par Folega et al. (2017).

Un total de 146 espèces végétales dont 4 espèces introduites a été recensé dans le périmètre de la forêt communautaire étudiée. Parmi ces espèces, figurent quelques unes ayant un intérêt particulier en matière de conservation. Il s'agit selon la liste rouge mondiale des espèces végétales menacées de 2024 de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature des espèces comme *Pterocarpus erinaceus* (EN), *Afzelia africana* (VU), *Vitellaria paradoxa* (VU) et *Khaya senegalensis* (VU). Les espèces telles que *Parkia biblobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Saba senegalensis*, *Landolphia heudelotii*, etc., présentes dans cette forêt sont des fruitiers d'intérêt alimentaire et économique pour la population locale. La richesse spécifique de cette forêt s'avoisine ou est supérieure à certaines forêts sacrées, étudiées dans la même zone par Soumah et al. (2023). Il s'agit des forêts de Naneferedou (141 espèces), de Diankana (142 espèces) et de Moribaya (162 espèces) dans le premier cas et les forêts de Batè-Nafadji (40 espèces), de Falama (42 espèces) et Mounoun (61 espèces) dans le second cas. Les forêts sacrées et communautaires les plus riches sont caractérisées par une diversité d'habitats en leur sein. L'hétérogénéité du milieu avec plusieurs microhabitats et la surveillance contre le feu par la population locale sont des facteurs majeurs qui expliquent la forte richesse floristique de ces forêts. Ces observations sont concordantes avec celles de Savadogo et al., 2007 ; Ouédraogo et al., 2008 ; Mbayngone et al., 2008 ; Bognounou et al., 2009 ; Ceperley et al., 2010).

La dominance des familles ligneuses (Fabaceae et Rubiaceae) par rapport aux Poaceae en zones de savanes traduit une certaine évolution du milieu après la mise en défens, vers une véritable formation forestière. Les Fabaceae, Rubiaceae et Poaceae sont respectivement les trois dominantes de la forêt d'Aliyamounou. Elles sont les mêmes qui prédominent dans les forêts sacrées étudiées dans la zone selon les travaux de Soumah (2018) et Soumah et al., (2023) ainsi que les fragments forestiers étudiés dans le Parc National de la Comoé en Côte d'Ivoire (Yéo et al., 2016). Ces familles caractérisent les formations boisées du domaine phytogéographique soudano-guinéen.

Caractéristiques structurales des peuplements ligneux du site

L'analyse de la dynamique structurale en fonction des strates de diamètre et de hauteur a fait remarquer une structure normale avec plus d'individus juvéniles de la classe de diamètre (10-15 cm) et moins d'individus plus âgés (25 à plus de 35 cm) donnant une représentation histogramme de forme « L ». Cette représentation a été aussi observée au niveau de la hauteur des individus. Les mêmes observations ont été faites par Folega et al., (2017) sur la caractérisation écologique de la forêt communautaire d'Edouwossi-Cope (région des plateaux au Togo). La présence d'un nombre élevé d'individus de petits diamètres dans ces formations conforterait l'effort de protection aux perturbations d'origine humaine (Soumah, 2018). Ce résultat

est en accord avec ceux de Sani (2009) et confirme l'une des caractéristiques des écosystèmes savanicoles, qui sont généralement constitués d'individus de tailles relativement moyennes. Kakpo, (2012) faisant une analyse de la structure en diamètre et en hauteur du peuplement arborescent des forêts classées de Bonou et d'Itchède au Bénin, a obtenu le même résultat d'une distribution exponentielle négative.

L'analyse de la régénération naturelle des différents groupements de la forêt révèle un fort potentiel d'évolution de la végétation. Les espèces caractéristiques des peuplements arborescents sont parmi celles qui dominent les peuplements juvéniles de sous-bois. Cette observation traduit un bon état de santé de l'écosystème et renseigne sur l'absence de perturbation (feux surtout). Cette situation favorable à la régénération naturelle des espèces forestières, confirme les travaux de Koulibaly *et al.*, (2010) et de Gnahoré *et al.*, (2018) sur la dynamique et la structure de la flore de la savane protégée des feux dans la réserve scientifique de Lamto au centre de la Côte d'Ivoire. Dans le contexte local, les écosystèmes forestiers bien conservés sont cruciaux dans le processus d'atténuation du réchauffement climatique et pour biens d'autres services des communautés riveraines. La capacité de séquestration du carbone et la perception locale des avantages de cette forêt sont des données aussi intéressantes à disposer.

Conclusion

Cette étude de caractérisation de la diversité floristique et de la végétation de la forêt communautaire d'Aliyamounou révèle un bon état de conservation après trois décennies de mise en défens. L'étude met en évidence une relation étroite entre la distribution spatiale des formations végétales et la microgéomorphologie du site. Quatre groupements végétaux dont trois dans les milieux exondés sur sols ferrallitiques et un groupement dans le milieu inondable sur sols hydromorphes ont été identifiés.

L'analyse floristique a permis de recenser 146 espèces végétales appartenant à 48 familles dont les plus représentées sont les Fabaceae (17,12%), les Rubiaceae (11,64%), les Poaceae (7,53%) et les Combretaceae (6,85%). La diversité végétale d'après les indices de Shannon et d'Équitabilité est élevée soit respectivement 3,34 bits et 0,78. Les phanérophytes (70,8%), les thérophytes (14,3%) et les géophytes (8,2%) dominent la flore du site. La densité moyenne de la forêt est de $719 \pm 31,15$ tiges/ha avec un diamètre moyen $15 \pm 5,63$ cm et une hauteur moyenne de $10 \pm 4,01$ m.

Cette forêt d'intérêt socioéconomique et écologique évident, mérite d'être préservée contre toutes sortes de pressions anthropiques exercées dans les environs par les riverains, notamment l'agriculture et le feu. La sensibilisation des populations locales et l'implication des services compétents et des associations sont pour ce faire nécessaires.

Remerciements: Les auteurs de ce travail remercient les autorités de l'université Julius Nyerere de Kankan qui ont favorisé la réalisation de l'étude. Ils remercient aussi l'Inspection Régionale de l'Environnement et du développement durable ainsi que la population du village d'Aliyamounou pour leur collaboration.

Disponibilité des données: La liste floristique générale établie à partir de cette recherche ne figurant pas dans le texte est disponible dans un tableau excel et jointe à l'article.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Arnold J.E.M, (1991). Foresterie communautaire : un examen de dix ans d'activité. Note sur la foresterie communautaire. FAO-N°7-(3)-39P.
2. Baldé A. K., (2005). Morphopédologie et évaluation des terres du centre de recherche agronomique de Bordo, 95p.
3. Beavogui, F., (2004). Dynamiques agraires et perspectives d'occupation et d'intensification des plaines alluviales de Haute Guinée. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse-Le Mirail, Option développement rural, 288 p
4. Bognounou F, Thiombiano A, Savadogo P, Boussim JI, Oden PC, Guinko S. (2009). Woody vegetation structure and composition at four sites along a latitudinal gradient in Western Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 300(2): 30-44.
5. Braun-Blanquet J., (1964). Sociologie végétale. Bases de la science de la végétation. 3e éd., Springer, Vienne-New York, 865 p.
6. Buttou G.,1994. Station d'Économie et Sociologie rurales. INRA-ENGREF-DAES, ONU. Division de la population, (anglais/espagnol) (bravo1@un.org)
7. Ceperley N, Montagnini F, Natta A. (2010). Importance des sites sacrés pour la conservation des forêts-galeries au centre-Benin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 303(1): 5-23.
8. Folega F., Pereki H., WOEKAN A.Y., Dourma M., Atakpama W., Maza M.S., Akpagana K., (2017). Caractérisation écologique de la forêt communautaire d'Edouwossi-Cope (région des plateaux- Togo), *J. Rech. Sci. Univ. Lomé* (Togo), 2017, 19(3), p47-61.

9. FAO, (2022). La Situation des forêts du monde 2022. Des solutions forestières pour une relance verte et des économies inclusives, résilientes et durables.
10. Gnahoré E., Koffi M., Koné M., Gueulou N., Bakayoko A., (2018). Dynamique et structure de la flore de la Savane Protégée des Feux dans la Réserve Scientifique de Lamto (Centre de la Côte d'Ivoire). Doi: 10.19044/v14n36, p432-451.
11. Imorou I. T., (2013). Effets des facteurs abiotiques sur la répartition spatiale des groupements végétaux dans la zone de transition soudano-guinéenne du Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(6) : 2178-2192
12. Institut National de la Statistique (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitation de la République de Guinée. Conakry: INS;
13. Kakpo S. B., (2012). caractéristiques structurales et écologiques des forêts de bonou et d'itchede au sud- est du benin. Thèse de l'Université d'Abomey – Calavi (Benin). 70p.
14. Kokou K., Batawaila K., Akouegninou A. & Akpagana K., (2000). Analyse morpho-structurale et diversité floristique des îlots de forêts protégées dans la plaine côtière du sud du Togo. *Etudes flor.veg. Burkina Faso*, 5, pp 33-48.
15. Koulibaly A., Kouamé N'F., Traoré D. et Porembski S., (2010). Structure et régénération de la végétation ligneuse, le long de transects forêts-savanes, dans la région de Lamto (Cote d'Ivoire), *Ann. Bot. Ouest.* (06), pp 56-72.
16. Mbayngone E, Thiombiano A, Hahn-Hadjali K, Guinko S. (2008). Caractéristiques écologiques de la végétation ligneuse du sud-est du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest) : le cas de la réserve de Pama. *Candollea*, 63(1): 17-33.
17. Ouédraogo O, Thiombiano A, Hahn-Hadjali K, Guinko S. (2008). Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora Veg. Sudano-Sambesica*, 11: 5-16.
18. Raunkiaer C., (1904). Om biologiske typer, med Hensyn til Planternes Tilpasning til at overle ugunstige Aarister. *Bot. Tidsskrift*, 26.
19. Sani, A. R., (2009). Caractérisation biophysique des ressources ligneuses dans un site reverdi et un site dégradé dans le Département de MIRRIAH, Mémoire de fin de cycle de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Eaux et forêts, Université Abdou Moumoun, 62p.
20. Savadogo P, Tigabu M, Sawadoga L, Odén PC. (2007). Woody species composition, structure and diversity of vegetation patches of a Sudanian savanna in Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 294(4): pp 5-20.

21. Shannon C.E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical.
22. Sidibé S., (2000). Distribution toposéquentielle et saisonnière de la flore dans la zone intégralement protégée du Parc National du Haut Niger (PNHN), agrovision 00/001, pp 5-13.
23. Soumah F.S, Kokou K., Condé S., Camara Y., Kourouma S. et Kourouma S., (2023). Diversité et structure des forêts sacrées du bassin du haut Niger en Guinée. *REV. RAMRES - VOL.11 NUM.01*, pp 18-24
24. Soumah F. S., (2018). Les forêts sacrées de Guinée : intégration de l'Écologie pour la conservation d'un patrimoine national, 217p.
25. White F., (1986). La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. UNESCO / AETFAT / ORSTOM. 384 p.
26. Yéo Z.S., Sangne Y.C., Barima Y.S.S., Bamba I. et Kouakou K.A., (2016). Diversité floristique et structure des fragments forestiers du Sud-Ouest du Parc National de la Comoé après les conflits des années 2000 en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*. Edition vol.13 (2), pp 421-439.

Évaluation de l'effet cicatrisant de la gomme de *Saba senegalensis* chez *Rattus norvegicus*

Kouame Yao Yves

Département de Biochimie Génétique, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Kamagate Soualio

Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Kouakou Yeboué Koffi François

Département de Biochimie Génétique, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p76](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p76)

Submitted: 20 November 2024

Accepted: 30 January 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kouame Y.Y., Kamagate S. & Kouakou Y.K.F. (2025). *Évaluation de l'effet cicatrisant de la gomme de Saba senegalensis* chez *Rattus norvegicus*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 76. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p76>

Résumé

La peau est le principal organe de revêtement extérieur du corps de l'Homme et des animaux. Elle est souvent confrontée à des brûlures dont la prise en charge est coûteuse et laissent parfois des séquelles aux victimes. Cette étude vise à évaluer l'effet cicatrisant de la gomme de *S. senegalensis* chez *Rattus norvegicus* de souche Wistar. D'abord les métabolites secondaires et les minéraux ont été recherchés dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* respectivement par la méthode colorimétrique et celle de calcination-minéralisation. Ensuite, les rats ont été anesthésiés par inhalation de l'éther et brûlés au second degré au flanc dorsal. Un placebo constitué de 9,985 g de vaseline et de 0,015 g de benzoate de sodium ; une crème cicatrisante : sulfadiazine argentique et des pommades à 5 et 15 % constituées d'une part de 0,5 g de la gomme de *S. senegalensis* ; 9,485 g de vaseline et 0,015 g de benzoate de sodium et d'autre part de 1,5 g de la gomme de *S. senegalensis* ; 8,485 g de vaseline et 0,015 g de benzoate de sodium ont été utilisés pour traiter les brûlures. L'évaluation du processus de cicatrisation a été faite par attribution de scores allant de 5 à 0. Les métabolites secondaires

tels que les saponosides, polyphénols, flavonoïdes, tanins catéchiques, quinones, alcaloïdes, polyterpènes et stérols et les minéraux comme chrome, potassium, fer, zinc, magnésium et cuivre ont été retrouvés dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis*. La pommade à 15 % de la gomme de *S. senegalensis* a favorisé la cicatrisation des plaies au 17^e jour tandis que celle à 5 % a entraîné la cicatrisation des plaies au 23^e jour. Quant au placebo et au sulfadiazine argentique, ils n'ont pas réussi à cicatriser les plaies des rats durant les 23 jours de traitement. Cette activité cicatrisante de la gomme de *S. senegalensis* est liée à la présence de flavonoïdes et tanins mais aussi de zinc. Cet extrait constitue une source prometteuse pour la mise au point de phytomédicament cicatrisant.

Mots-clés: Brûlure, *S. senegalensis*, gomme, *Rattus norvegicus*, cicatrisation, phytomédicament

Evaluation of the healing effect of *Saba senegalensis* gum in *Rattus norvegicus*

Kouame Yao Yves

Département de Biochimie Génétique, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Kamagate Soualio

Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Kouakou Yeboué Koffi François

Département de Biochimie Génétique, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Abstract

The skin is the main organ of the outer covering of the body of humans and animals. She is often confronted with burns that are expensive to treat and sometimes leave after-effects on the victims. This study aims to evaluate the healing effect of *S. senegalensis* gum in *Rattus norvegicus* strain Wistar. First, secondary metabolites and minerals were searched for in the hydroethanolic extract of 70% of *S. senegalensis* gum by the colorimetric and calcination-mineralization methods respectively. Then, the rats were anesthetized by inhalation of the ether and burned to the second degree on the dorsal side. A placebo consisting of 9.985 g of petroleum jelly and 0.015 g of sodium benzoate; a healing cream: silver sulfadiazine and, 5 and 15 % ointments consisting of 0.5 g part of *S. senegalensis* gum; 9.485 g of petroleum jelly and 0.015 g of sodium benzoate and 1.5 g of *S. senegalensis* gum; 8.485 g of

petroleum jelly and 0.015 g of sodium benzoate were used to treat the burns. The wound healing process was assessed by assigning scores ranging from 5 to 0. Secondary metabolites such as saponosides, polyphenols, flavonoids, catechetical tannins, quinones, alkaloids, polyterpenes and sterols and minerals such as chromium, potassium, iron, zinc, magnesium and copper were found in the hydroethanolic extract of *S. senegalensis* gum. The 15 % ointment of *S. senegalensis* gum promoted wound healing on day 17 while the ointment with 5 % led to wound healing on day 23. As for placebo and silver sulfadiazine, they did not succeed in healing the wounds of the rats during the 23 days of treatment. This healing activity of *S. senegalensis* gum is linked to the presence of flavonoids and tannins but also zinc. This extract is a promising source for the development of healing herbal medicines.

Keywords: Burn, *S. senegalensis*, gum, *Rattus norvegicus*, cicatrization, herbal medicines

Introduction

La brûlure est une destruction du revêtement cutané et des tissus sous-jacents sous l'action de plusieurs agents thermiques, chimiques ou des radiations (Plancq *et al.*, 2016). Ces différentes brûlures évoluent et deviennent des plaies dont la prise en charge est onéreuse. Les populations africaines dont 80 % ont recours aux plantes pour répondre à leurs besoins sanitaires s'orientent vers la médecine traditionnelle (OMS, 2022). La flore ivoirienne qui possède environ 3853 espèces de plantes vasculaires réparties entre les forêts et les savanes (Aké-Assi, 2002), renferme des plantes à activité cicatrisante. C'est dans ce contexte que *S. senegalensis* a été choisie car ses feuilles écrasées et la poudre sèche de ses écorces de racines sont appliquées sur les blessures pour obtenir la guérison (Kerharo, 1950 ; Arbonnier, 2000 ; Burkill, 2000). La gomme de cette plante aurait également des effets cicatrisants. D'où le thème : « Évaluation de l'effet cicatrisant de la gomme de *S. senegalensis* chez *Rattus norvegicus* ». L'objectif de cette étude est de contribuer à la prise en charge des brûlures à travers la mise au point de pommades cicatrisantes à base de la gomme de *S. senegalensis* (A.D.C) Kotschy & Peyr. De façon spécifique, il s'agira de rechercher des métabolites secondaires et des oligoéléments dans la gomme de *S. senegalensis* ; de formuler des pommades à base de la gomme de *S. senegalensis* ; d'induire des brûlures de second degré aux rats et d'évaluer la propriété cicatrisante des différentes pommades.

Matériel et méthodes

Matériel biologique

Le matériel végétal était composé de la gomme de *S. senegalensis* (Figure 1) et le matériel animal était composé de *Rattus norvegicus* de souche wistar (Figure2).



Sève de
S. Senegalensis

Figure 1 : récolte de la sève de *S. senegalensis*



Figure 2 : *Rattus norvegicus*

La sève de *S. senegalensis* a été récoltée à Korhogo, une ville située au nord de la Côte d'Ivoire. Cette sève a été séchée au laboratoire de biotechnologie, valorisation des agroressources et substances naturelles de l'université Peleforo GON COULIBALY de Korhogo durant deux mois à l'abri de la lumière et est devenue une gomme (Figure 3).



Figure 3 : Gomme de *S. Senegalensis*

Des réactifs tels que les réactifs de Stiasny, de Libermann, de Borntraeger, de Dragendorff et de Bouchardat ainsi que le chlorure ferrique 2 %, l'alcool chlorhydrique dilué de moitié, l'alcool isoamylique, anhydride acétique, l'acide sulfurique, le chloroforme et l'ammoniaque dilué de moitié ont permis de mettre en évidence des métabolites secondaires dans l'extrait

hydroéthanolique de la gomme de *S. senegalensis*. De l'acide chloridrique 0,5N a été utilisé pour doser des minéraux dans l'extrait hydroéthanolique de la gomme de *S. senegalensis*. Du matériel de laboratoire comme des Erlenmeyer, un évaporateur rotatif, une fiole jaugée, un four à moufle, un spectrophotomètre d'absorption atomique (AAS 20 type VARIAN), un bain-marie bouillant, un spectrophotomètre, une étuve Memmert-Germany, une balance électronique et des creusets en porcelaine ont été utilisés dans cette étude.

Méthodes

Préparation de l'extrait hydroéthanolique de la gomme de S. senegalensis :

Deux cent (200) grammes de la gomme de *S. senegalensis* ont été découpés et mis dans un Erlen Meyer contenant une solution de 700 mL d'éthanol et 300 mL d'eau distillée. Le mélange obtenu a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 48 heures. L'homogénat obtenu a été filtré successivement trois fois sur du coton hydrophile. Le filtrat recueilli a été partagé dans des cristallisoirs en porcelaine et portée à l'étuve à 40 °C pour un séchage complet (Zihiri *et al.*, 2003). Après séchage, les masses sèches au fond des cristallisoirs ont été grattées et rendues en poudre fine et cette dernière a constitué l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis*.

Recherche des métabolites secondaires :

La recherche des métabolites secondaires s'est faite selon la méthode colorimétrique de Trease & Evans (2002).

Alcaloïdes :

La recherche des alcaloïdes a été faite à l'aide des réactifs de Dragendorff et de Bouchardat. Six (6) mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* ont été évaporés à sec dans une capsule en porcelaine au bain de sable. Le résidu a été repris dans 6 mL d'alcool à 60° et la solution alcoolique obtenue a été filtrée sur du coton hydrophile et répartie dans deux tubes à essai. Dans le premier tube ont été ajoutées deux (2) gouttes de réactif de Dragendorff. L'apparition d'un précipité ou d'une coloration orangée indique la présence d'alcaloïdes. Dans le deuxième tube, ont été ajoutées deux (2) gouttes de réactif de Bouchardat. L'apparition d'une coloration brune rougeâtre indique une présence d'alcaloïdes.

Polyphénols :

Les polyphénols ont été mis en évidence par la réaction au chlorure ferrique (FeCl₃). A deux (02) mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis*, une goutte de solution aqueuse de chlorure ferrique

2% a été ajoutée. L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée traduit la présence de composés phénoliques.

Tanins catéchiques et galliques :

Le réactif de Stiasny (solution de formol hydrochlorique) a permis de mettre en évidence les tanins catéchiques et galliques. A cinq (5) mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis*, quinze (15) mL de réactif de Stiasny (10 mL de formol à 40 % additionné de 5 mL d'HCl concentré) y ont été ajoutés. Le mélange a été maintenu au bain-marie à 80 °C, pendant 30 min, puis refroidi sous courant d'eau. L'observation de gros précipités sous forme de flocons caractérise les tanins catéchiques. La solution contenant les flocons a été filtrée et le filtrat recueilli a été ensuite saturé d'acétate de sodium. Trois (03) gouttes de chlorure ferrique 2 % y ont été ajoutées au mélange. L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre indique la présence de tanins galliques.

Flavonoïdes :

Les flavonoïdes ont été mis en évidence par la réaction à la cyanidine. Deux (02) mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* ont été évaporés et le résidu a été repris dans 5 mL d'alcool chlorhydrique dilué de moitié (1/2). En ajoutant quelques copeaux de magnésium, il y a un dégagement de chaleur puis une coloration rose-orangée ou violacée. L'addition de 3 gouttes d'alcool isoamylique permet d'intensifier cette coloration qui confirme la présence de flavonoïdes.

Stérols et polyterpènes :

Le réactif de Libermann a été utilisé pour cette mise en évidence des stérols et des polyterpènes.

Cinq (5) mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* ont été séchés sous évaporateur rotatif. Le résidu a été dissout à chaud dans 1 mL d'anhydride acétique et recueilli dans un tube à essai. Un volume de 0,5 mL d'acide sulfurique concentré a été coulé le long du tube. L'apparition à l'interphase d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert, indique une présence de polyterpènes et de stérols.

Quinones :

La mise en évidence des substances quinoniques a été réalisée grâce au réactif de Borntraeger (ammoniaque dilué de moitié). Un volume de 2 mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* a été évaporé à sec puis le résidu a été trituré dans 5 mL d'acide chlorhydrique dilué 5 fois afin d'hydrolyser les substances combinées. La solution obtenue a été ensuite portée au bain-marie bouillant pendant 30 minutes. Après

refroidissement sous un courant d'eau froide, l'hydrolysate a été extrait par 20 mL de chloroforme. La phase chloroformique a été ensuite recueillie dans un tube à essais puis 0,5 mL d'ammoniaque dilué de moitié y a été ajouté. L'apparition d'une coloration allant du rouge au violet indique la présence de quinones.

Saponosides :

Les saponosides ont été mis en évidence par le test de production de mousse. Dix (10) mL de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* sont mis dans un tube à essai. Après avoir agité pendant quelques minutes, la hauteur de mousse est mesurée. Une hauteur de mousse persistante supérieure à 1cm indique la présence de saponosides.

Teneur en minéraux :

La détermination de la teneur en minéraux de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis* a été faite selon la méthode de Clément & Françoise (2003). L'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* a été séché pendant 24 heures dans une étuve Memmert-Germany à 60 °C. Une quantité (0,4 g) de cet extrait a été pesé à l'aide d'une balance dans un creuset en porcelaine de 30 mL. Cette prise d'essai a été placée dans un four à moufle (Naberthem-Germany) réglé à 550 °C pendant 5 heures. Après refroidissement, 2 mL d'acide chloridrique 0,5 N ont été ajoutés à la cendre obtenue puis porté à évaporation totale sur un bain de sable. Le résidu final récupéré, est filtré dans une fiole jaugée de 100 mL et de l'eau distillée a été ajoutée pour atteindre le trait de jauge. Cinq (5) mL du filtrat ont été prélevés pour le dosage des minéraux (K, Fe, Zn, Mg, Cu, Cr) par le spectrophotomètre d'absorption atomique (AAS 20 type VARIAN, Australie). Cette opération a été dupliquée.

Pour déterminer les différentes quantités de solution mère (mL) à prélever, le procédé suivant a été adopté :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

(I)

Avec

- C_f : concentration finale de la solution du minéral (100 ppm)
- C_i : concentration initiale de la solution du minéral (1 mg/mL)
- V_i : volume initial (mL) prélevé
- V_f : volume final (mL)

Les longueurs d'onde auxquelles le potassium, le fer, le zinc, le magnésium, le cuivre et le chrome ont été lues étaient 766,5 nm ; 248,3 nm ; 258 nm ; 285,2 nm ; 324,7 et 540 nm respectivement. Les teneurs (T) en minéraux ont été déterminées comme suit :

$$T = \frac{(C_{\text{ess}} - C_{\text{bl}}) V}{P_{\text{ess}}}$$

Avec

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{\text{ess}} : \text{concentration de l'échantillon (mg/mL)} \\ C_{\text{bl}} : \text{concentration du blanc en mg/mL} \\ P_{\text{ess}} : \text{prise d'essai (g ou Kg)} \\ V : \text{volume de récupération de l'essai (mL)} \\ T : \text{teneur en } \mu\text{g/g ou mg/Kg} \end{array} \right.$$

Induction des brûlures et évaluation de l'effet cicatrisant des pommades :

L'induction des brûlures a été faite selon la méthode Sene *et al.* (2020) avec quelques modifications. Trente (30) rats mâles et femelles, albinos de souche Wistar, âgés de 18 semaines et de poids compris entre 145,2 et 273,5 g ont été utilisés. Les rats ont été répartis en cinq lots homogènes de six (06) rats chacun. D'abord, chaque rat de chaque lot a été rasé au flanc dorsal avec délicatesse. Ensuite, chaque rat de chaque lot a été anesthésié par inhalation de l'éther et brûlé au flanc dorsal rasé avec un cylindre métallique de diamètre 3 cm préalablement chauffé pendant 15 minutes au feu de gaz butane. Après l'induction des brûlures, les rats ont été traités comme suit :

- Lot₁ : rats brûlés non traités
- Lot₂ : rats brûlés traités avec le placebo (vaseline officinale pure)
- Lot₃ : rats brûlés traités avec la pommade à 5 % de la gomme de *S. senegalensis*
- Lot₄ : rats brûlés traités avec la pommade à 15 % de la gomme de *S. senegalensis*
- Lot₅ : rats brûlés traités avec la sulfadiazine argentique (crème cicatrisante)

Pour évaluer l'activité cicatrisante de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *S. senegalensis*, deux types de pommades à base dudit extrait ont été préparés suivant les proportions ci-dessous (Tableau I). L'évaluation du processus de cicatrisation a été faite sur 23 jours selon la méthode décrite

par Adhya *et al.* (2015) avec quelques modifications. Cette méthode consiste à attribuer des scores prédéfinis aux différents lots de l'expérimentation en se basant sur l'aspect des plaies. Ainsi :

- Score 5 : formation de croûte.
- Score 4 : digestion de la croûte et /ou plaie ouverte et suintante.
- Score 3 : plaie non suintante.
- Score 2 : début de réparation des tissus.
- Score 1 : réduction de la surface de la plaie avec formation d'une fine couche de peau.
- Score 0 : cicatrisation totale de la plaie.
-

Tableau I : Préparation des différentes pommades

Composants	Placebo	Pommade 5	Pommade 15
		%	%
Extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de <i>S. senegalensis</i> (g)	0	0,5	1,5
Vaseline (g)	9,985	9,485	8,485
Benzoatede sodium (g)	0,015	0,015	0,015
Masse totale de la pommade (g)	10	10	10

Traitement statistique :

Le logiciel Graph Pad Prism 8.0.1 a été utilisé pour les représentations graphiques et l'analyse statistique des résultats s'est fait en utilisant l'analyse des variances ANOVA. Les différences entre les scores ont été faites selon le test de comparaison multiple de Dunnett. $p > 0,05$: différence non significative et $p < 0,05$: différence significative.

Résultats

L'analyse phytochimique a révélé la présence des métabolites secondaires tels que les saponosides, les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins catéchiques, des polyterpènes et stérols, les quinones et les alcaloïdes dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* (Tableau II). Cependant, les tanins galliques étaient absents dans ledit extrait.

Tableau II : Criblage phytochimique de l'extrait hydroéthanolique de *Saba senegalensis*

Composés phytochimiques	Extrait hydroéthanolique 70 %
Saponosides	+
Polyphénols	+
Flavonoïdes	+
Tannins catéchiques	+
Tannins galliques	-
Polyterpènes et stérols	+
Quinones	+
Alcaloïdes	+

(+) : Présence ; (-) : Absence

Le tableau III donne les teneurs en éléments chimiques mis en évidence par les analyses. Il s'agit de chrome (Cr), potassium (K), fer (Fe), zinc (Zn), magnésium (Mg) et cuivre (Cu) (Tableau III). Les teneurs en Cr, K, Fe, Zn, Mg et Cu étaient respectivement de : $2,58 \pm 0,8$; $1698 \pm 0,44$; $1,53 \pm 0,57$; $77,86 \pm 0,08$; $449,98 \pm 0,28$ et $259,98 \pm 0,28$ $\mu\text{g/g}$ d'extrait.

Tableau III : Teneur en éléments chimiques mis en évidence par les analyses

Eléments chimiques	Teneur ($\mu\text{g/g}$ d'extrait sec)
Chrome	$2,58 \pm 0,8$
Potassium	$1698 \pm 0,44$
Fer	$1,53 \pm 0,57$
Zinc	$77,86 \pm 0,08$
Magnésium	$449,98 \pm 0,13$
Cuivre	$259,98 \pm 0,28$

La figure 4 montre les différents processus de cicatrisation des plaies induites par brûlures. Afin d'évaluer l'activité cicatrisante de la pommade à base de gomme de *Saba senegalensis*, l'évolution des plaies a été suivie tout le long de l'expérience.

Au jour J_0 , l'induction des brûlures aux rats des lots 1 ; 2 ; 3 ; 4 et 5 a entraîné l'apparition d'une croûte chez les rats desdits lots. Ce qui correspond à un score de 5 pour chacun des lots.

L'observation des plaies au jour J_5 a montré la présence de croûte chez les rats des lots 1 (rats brûlés non traités) et 2 (rats brûlés et traités avec placebo) donnant toujours un score de 5 aux rats desdits lots. Chez les rats des lots 3 (rats brûlés et traités avec pommade à 5 %) et 4 (rats brûlés et traités avec la pommade 15 %), la digestion de la croûte a laissé apparaître une plaie non suintante donnant ainsi un score de 3 pour les rats de chacun de ces lots. Quant aux rats du lot 5 (rats brûlés et traités avec Sulfadiazine argentique), la surface brûlée présentait une plaie suintante qui lui a valu le score de 4.

Au jour J_8 , la croûte recouvrant la surface brûlée des rats du lot 1 (rats brûlés non traités) s'était cassée par endroit et suintait alors que la surface brûlée des rats du lot 2 (rats brûlés et traités avec placebo) laissait voir une plaie ouverte et suintante. Les scores 5 et 4 ont respectivement été attribués

















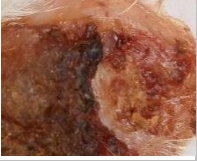


















aux rats des lots 1 et 2. Les plaies des rats du lot 3 (rats brûlés et traités avec pommade à 5 %) n'ont pas présenté d'évolution significative au jour J₈ de sorte à conserver leur score de 3 au jour J₈ tandis qu'il y a eu une évolution significative dans la cicatrisation des plaies des rats du lot 5 (rats brûlés et traités avec Sulfadiazine argentique). Ainsi, un score de 3 a été attribué aux rats du lot 5. Chez les rats du lot 4 (rats brûlés et traités avec pommade à 15 %), il y a eu un début de réparation des tissus de sorte à mériter le score de 2. Les observations du jour J₁₁ ont montré des plaies suintantes chez les rats des lots 1 (rats brûlés non traités) et 2 (rats brûlés et traités avec placebo) de sorte à avoir un score de 4 dans chacun desdits lots. Pour les rats des lots 3 (rats brûlés et traités avec pommade à 5 %) et 5 (rats brûlés et traités avec Sulfadiazine argentique), un début de réparation des tissus a été observé tandis que chez les rats du lot 4 (rats brûlés et traités avec pommade 15 %), le processus de réparation qui avait commencé au jour J₈ s'est poursuivi jusqu'au J₁₁. Un score de 2 a été attribué aux rats des lots 3 ; 4 et 5. Les observations du jour J₁₄ ont montré des plaies suintantes chez les rats des lots 1 et 2, donnant ainsi un score de 4 auxdits lots. S'agissant des rats des lots 3 et 4, une réduction de la surface de la plaie avec formation d'une fine couche de peau a été observée. Cette observation a permis d'attribuer un score de 1 aux rats des lots 3 et 4 alors que le lot 5 recevait un score de 2 car la réparation des tissus se poursuivait.

Au jour J₁₇, les rats du lot 1 avaient encore des plaies ouvertes et suintantes tandis que celles des rats du lot 2 étaient non suintantes. Ce qui a valu un score de 4 et 3 respectivement pour les lots 1 et 2. Concernant le lot 3, une réduction de la surface de la plaie avec formation d'une fine couche de peau a été observée, méritant ainsi un score de 1. Pour ce qui est des rats du lot 4, la cicatrisation a été totale avec achèvement de la réparation des tissus endommagés ; ce qui a valu au lot 4 le score de 0. A propos du lot 5, la réparation des tissus se poursuivait de sorte qu'un score de 2 a été attribué audit lot. Au 17^e jour, la vitesse de cicatrisation des plaies des rats traités avec la pommade à 15 % était la même ($p > 0,05$) que celle de 5 % mais significativement supérieure ($p < 0,05$) à celle la Sulfadiazine argentique.

Les observations au 20^{ème} jour ont montré des plaies ouvertes et suintantes chez les rats du lot 1 ; des plaies non suintantes chez les rats du lot 2 ; la réduction de la surface de la plaie chez les rats des lots 3 et 5 et une cicatrisation totale avec achèvement de la réparation des tissus endommagés chez les rats du lot 4. Des scores de 4 et 3 ont respectivement été attribués aux lots 1 et 2 tandis que le score 1 a été attribué aux rats des lots 3 et 5. Un score de 0 a été attribué aux rats du lot 4.

Au jour J₂₃, les rats des lots 1 et 2 présentaient respectivement des plaies ouvertes suintantes et des plaies non suintantes. Ce qui a occasionné l'attribution de score de 4 et 3 respectivement aux lots 1 et 2. S'agissant des

rats du lot 3, la cicatrisation a été totale avec l'achèvement de la réparation des tissus endommagés alors que chez les rats du lot 4, la cicatrisation qui s'était achevée depuis le 17^{ème} jour s'est bonifiée par la repousse de poils tendant à cacher la cicatrice. Le score de 0 a été attribué aux rats des lots 3 et 4. Pour les rats du lot 5, l'observation a montré une réduction de la surface de la plaie avec formation d'une fine couche de peau ; donnant ainsi un score de 1.

JOURS	Brulés non traités	Placebo	5% de <i>Saba senegalensis</i>	15% de <i>Saba senegalensis</i>	Sulfadiazine
Jour 0					
JOUR 2					
JOUR 5					
JOUR 8					
JOUR 11					
JOUR 14					
17					

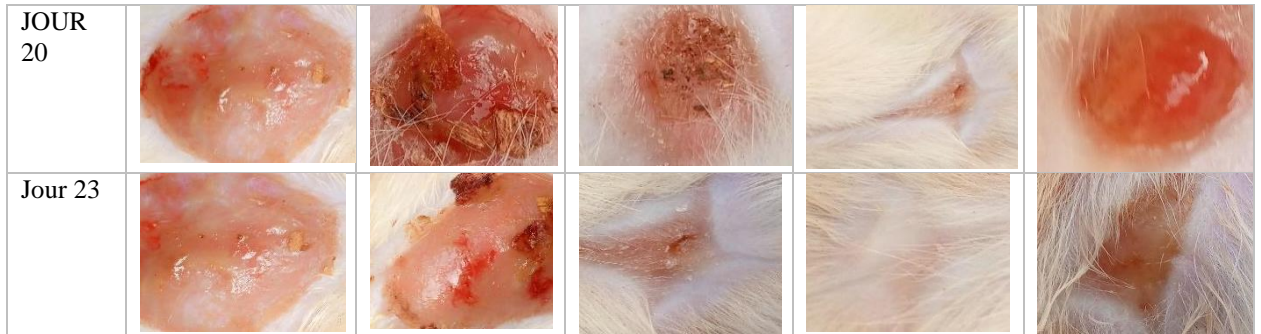


Figure 4 : Evolution du processus de cicatrisation des plaies issue de brûlures de second degré

S'agissant des vitesses de cicatrisation (**Figure 5**), les trois types de pommades (5 et 15 % de *Saba senegalensis* et la Sulfadiazine argentique), il n'y avait pas de différence ($p > 0,05$) entre leur vitesse de cicatrisation au 5^e jour. Du 5^e au 14^e jour, bien qu'il y ait eu une différenciation au niveau des vitesses de cicatrisation, cette différence est restée non significatives ($p > 0,05$). Au 17^e jour, la vitesse de cicatrisation de la pommade à 15 % était significativement différente ($p < 0,05$) de celle la Sulfadiazine argentique alors que la vitesse de cicatrisation de la pommade à 5 % était la même ($p > 0,05$) que celle de la Sulfadiazine argentique. Au 23^e jour, bien que les plaies des rats traités avec la pommade à 5 % (lot 3) aient cicatrisé par rapport aux plaies des rats traités avec la Sulfadiazine argentique (lot 5), la différence entre les vitesses de cicatrisation dans les deux lots (3 et 5) était non significative ($p > 0,05$).

$p > 0,05$: vitesse de cicatrisation de la pommade à base de la gomme de *Saba senegalensis* comparée à celle de la Sulfadiazine argentique (crème cicatrisante de référence) est non significative (ns).

* $p < 0,05$: vitesse de cicatrisation de la pommade à base de la gomme de *Saba senegalensis* comparée à celle de la Sulfadiazine argentique (crème cicatrisante de référence) est significative.

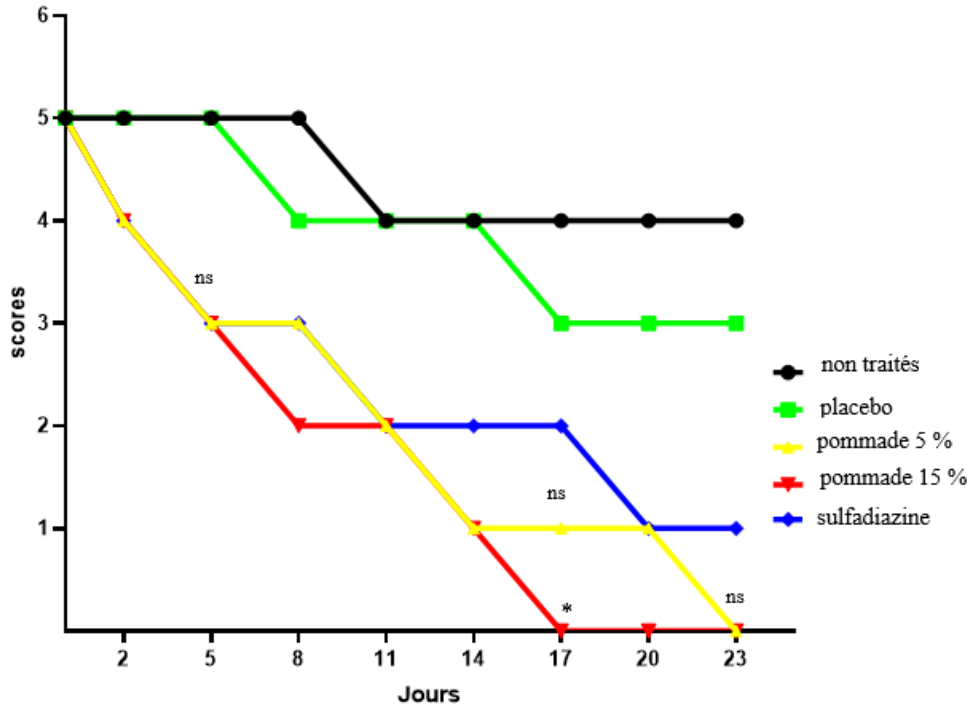


Figure 5 : Activités cicatrisantes des pommades à base de la gomme de *Saba senegalensis* (5 et 15 %) et de la Sulfadiazine argentine

Discussion

La présence de polyphénols, flavonoïdes, alcaloïdes, tanins catéchiques, saponines, quinones, les polyterpènes et stérols dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* est conforme aux résultats de Sene *et al.* (2020) qui ont retrouvés les mêmes métabolites secondaires dans l'extrait aqueux des feuilles de *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae).

La présence de fer, zinc, magnésium et potassium dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* est conforme aux résultats de Ganou *et al.* (2020) qui ont retrouvé ces mêmes minéraux dans la pulpe du fruit de *Saba senegalensis*. Cette similarité de minéraux au niveau de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* et la pulpe du fruit de *Saba senegalensis* s'expliquerait par le fait que les différents organes de *Saba senegalensis* utilisés dans les deux études ont été récoltés au nord de la Côte d'Ivoire plus précisément à Korhogo où l'étude de la fertilité du sol a révélé lesdits minéraux (Diomandé *et al.*, 2021).

L'application de la pommade à 15 % de l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* a favorisé une cicatrisation au bout de 17 jours tandis que la pommade à 5 % a entraîné une cicatrisation au bout de 23 jours. Cette cicatrisation des plaies serait liée à la teneur en extrait

hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis*. Les vitesses de cicatrisation (17^e jour et 23^e jour) obtenues avec les pommades à base de la gomme de *Saba senegalensis* étaient différentes de celle (28^e jour) obtenue avec la pommade à base d'extrait aqueux des feuilles de *Elaeis guineensis* lors des travaux de Sene *et al.* (2020). La cicatrisation rapide obtenue avec les pommades à base de la gomme de *Saba senegalensis* pourrait s'expliquer d'une part, par la présence de métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, terpénoïdes et les tanins, et d'autre part, par la présence d'oligoéléments tels que le zinc et le fer. En effet, les flavonoïdes favorisent la production de fibres de collagène, de fibroblastes et l'augmentation de la réponse angiogénique nécessaires à la cicatrisation (Lodhi *et al.*, 2010). Aussi, la présence de terpènes dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* a contribué à la cicatrisation des plaies car les terpènes participeraient à la réparation tissulaire des plaies cutanées par suite d'une stimulation de la production du Facteur de Croissance Endothélial Vasculaire (Kimura *et al.*, 2008). De plus, cette cicatrisation serait liée à la présence de tanins dans la gomme de *Saba senegalensis* car les tanins favoriseraient la cicatrisation des plaies cutanées par son activité antibactérienne et angiogénique (Li *et al.*, 2011). Le zinc et le fer présents dans l'extrait hydroéthanolique 70 % de la gomme de *Saba senegalensis* auraient contribué à la cicatrisation des plaies car le zinc est un cofacteur pour de nombreux métalloenzymes nécessaires à la réparation de la membrane cellulaire, à la prolifération des cellules, à la croissance et au fonctionnement du système immunitaire. Il jouerait un rôle majeur aux différentes phases du processus de cicatrisation et de la défense immunitaire (Agren *et al.*, 1993 ; Li *et al.*, 2005). Quant au fer, il permettrait l'apport d'éléments essentiels à la cicatrisation car une carence en fer empêcherait une bonne cicatrisation (Monique, 2019).

Conclusion

L'évaluation de l'effet cicatrisant de l'extrait hydroéthanolique de la gomme de *S. senegalensis* a permis de révéler la présence de métabolites tels que les saponosides, polyphénols, flavonoïdes, tanins catéchiques, quinones, alcaloïdes, polyterpènes et stérols et de minéraux comme chrome, potassium, fer, zinc, magnésium et cuivre ont été retrouvés dans ledit extrait. Au terme de notre étude, il ressort que les pommades à base d'extrait hydroéthanolique de la gomme de *S. senegalensis* possède une activité cicatrisante mais celle à 15 % d'extrait hydroéthanolique possède la meilleure vitesse de cicatrisation. Cet extrait hydroéthanolique de la gomme de *S. senegalensis* constitue une source prometteuse pour la mise au point de phytomédicament contre les plaies occasionnées par des brûlures.

Conflit d'intérêts : aucun conflit d'intérêts n'a été signalé par les auteurs.

Disponibilité des données : toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : aucun financement n'a été obtenu pour mener cette étude.

Contributions des auteurs : L'auteur KYY a conçu le protocole de cette étude, analysé, interprété les résultats et rédigé ce manuscrit. L'auteur KS a supervisé l'analyse, l'interprétation et la rédaction du manuscrit. KYKF a contribué à anesthésier les rats par inhalation de l'éther et à l'induction des brûlures expérimentales sur lesdits rats.

Remerciements : Nous remercions l'Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo Côte d'Ivoire pour la mise à notre disposition de ses laboratoires qui nous ont permis d'effectuer les manipulations.

Ethique: Les procédures et protocoles expérimentaux utilisés dans cette étude ont été approuvés par le Comité d'éthique des sciences de la santé de l'Université Félix Houphouët-Boigny. Ces lignes directrices étaient conformes à la législation 87/607/CEE du Conseil européen relative à la protection des animaux d'expérimentation. Tous les efforts ont été déployés pour minimiser la souffrance animale et réduire le nombre d'animaux utilisés.

References:

1. Adhya, A., Bain, J., Ray, O., Hazra, A., Adhikari, S., Dutta, G., Ray, S. & Majumdar, B.K. (2015). Healing of burn wounds by topical treatment: A randomized controlled comparison between silver sulfadiazine and nano-crystalline silver. *Journal of Basic and Clinical pharmacology*, 6 (1) pp. 29 – 34.
2. Agren, M.S., Franzén L. & Chvapil, M. (1993) Effects on wound healing of zinc oxide in a hydrocolloid dressing. *Journal of the American Academy Dermatology*. 29 (2) pp. 221- 227.
3. Aké-Assi, L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire : catalogue systématique, biogéographie et écologie. Mémoire de Botanique systématique. Boissiera 58 Tome II, 401 p.
4. Arbonnier, M. (2000). Trees, Shrubs and Creepers from the Dry Areas of West Africa. Cirad/MNHN/UICN, Manguio.
5. Burkill, H.M. (2000). The Useful Plants of West Tropical Africa. *American Journal of Plant Sciences*. (2) : Royal Botanical Garden, University Press of Virginia, Charlottesville, 636 p.

6. Clement, M. & Francoise, P. (2003). *Analyse chimique des sols*. Ed. Lavoisier, France, 387p.
7. Diomandé, L.B, Soro, S., Kone, D. & Adingra, K.D.P. (2021). Diagnosis of the chemical fertility of soils under cashew groves (*Anacardium occidentale* L.) in the department of Korhogo in the north of Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 53 (1) pp 50-60.
8. Ganou, L., Compaore, C.S, Tiendrebeogo, S., Tapsoba, F.W. & Dicko, M.H. (2020). Physicochemical and microbiological quality and acceptability of six formulations of *Saba senegalensis* pulp nectar. *Revue Science et Technique*, 1-12.
<https://revuesciences-techniquesburkina.org>
9. Kerharo, J. (1950). Bouquet A. Medicinal and Toxic Plants of Ivory Coast-Upper Volta. Vigot Brothers. *Sciences de l'alimentation et de la nutrition*. 9 (9) : 291p.
10. Kimura, Y., Sumiyoshi, M., Samukawa, K.I., Satake, N. & Sakanaka, M. (2008). Facilitating action of asiaticoside at low doses on burn wound repair and its mechanism. *European Journal of Pharmacology*., 584 (2-3) pp. 415 - 423.
11. Li, K., Diao, Y., Zhang, H., Wang, S., Zhang, Z., Yu, B. & Yang, H. (2011). Tannin extracts from immature fruits of *Terminalia chebula* Fructus Retz. promote cutaneous wound healing in rats. *BMC Complementary and Alternative. Medecine*.11 (1) pp. 86-94.
12. Li, W., Dasgeb, B., Phillips, T., Li, Y., Chen, M., Garner, W. & Woodley, D.T. (2005). Wound-healing perspectives. *Dermatoly Clinic*. 23 (2) pp. 181-192.
13. Lodhi, S., Pawar, R.S., Jain, A.P., Jain, A. & Singhai, A.K. (2010). Effect of *Tephrosia purpurea* (L) Pers. on partial thickness and full thickness burn wounds in rats. *Journal of Complementary and Integrative Medecine*. 7 (1) : 1 -17.
14. Monique, R. (2019). Plaies, cicatrisation et pansements. Bonnes pratiques infirmier en fiche. Fiche 3. *Elsevier Masson*. France, 6p
15. OMS (2022). Santé : 80 % de la population africaine ont recours à la médecine traditionnelle (OMS). Santé : 80 % de la population africaine ont recours à la médecine traditionnelle (OMS) - Revue de presse de santé tropicale
16. Plancq, M.C., Goffinet, L. & Duquennoy-Martinot, V. (2016). Les spécificités de la brûlure chez l'enfant. *Annales de Chirurgie Plastique et Esthétique*, 61 (5) pp. 568-577.
17. Sene, M., Barboza, F.S., Top, B., Ndiaye, M., Sarr, A., Fall, A.D. & Sy, G.Y. (2020). Activité cicatrisante de l'extrait aqueux des feuilles

- de *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae). *International journal of Biological and chemical sciences*, volume 4 n° 3.
18. Trease, G. & Evans, S.M. (2002). Pharmacognosy. 15th Ed. English Language Book Society, Bailliere Tindall, London. *Open Journal of Applied Sciences*, 12 (11) : 23-67.
19. Zihiri, G.N., Kra, A.M. & Guede-Guina, F. (2003). Evaluation de l'activité antifongique de *Microglossa pyrifolia* (LA MARCK) O. KUNTZE (Asteraceae) « PYMI » sur la croissance *in vitro* de *Candida albicans*. *Revue de Médecine et de Pharmacie Africaine.*, 17 (80) : 953-964.

Etiologies et facteurs associés au décès chez les patients hospitalisés pour méningo-encéphalite au service des maladies infectieuses et tropicales du Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Donka, Guinée

Mamadou Oury Safiatou Diallo

Ibrahima Bah

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales de l'Hôpital National Donka, CHU de Conakry, Chaire de Dermatologie et des Maladies Infectieuses, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Djiki Camara

Centre d'Excellence Africain pour la Prévention et le Contrôle des Maladies Transmissibles, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Fodé Bangaly Sako

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales de l'Hôpital National Donka, CHU de Conakry, Chaire de Dermatologie et des Maladies Infectieuses, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Mamadou Saliou Sow

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales de l'Hôpital National Donka, CHU de Conakry, Chaire de Dermatologie et des Maladies Infectieuses, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Centre de Recherche et de Formation en Infectiologie de Guinée (CERFIG)

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p94](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p94)

Submitted: 28 October 2024
Accepted: 12 February 2025
Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Diallo M.O.S., Bah I., Camara D., Sako F.B. & Sow M.S. (2025). *Etiologies et facteurs associés au décès chez les patients hospitalisés pour méningo-encéphalite au service des maladies infectieuses et tropicales du Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Donka, Guinée*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 94.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p94>

Résumé

Introduction : Les méningo-encéphalites sont des processus inflammatoires du tissu cérébral, responsables des troubles du système nerveux central associés à des anomalies du liquide céphalorachidien. L'objectif de ce travail était d'identifier les étiologies et les facteurs associés

au décès chez les patients hospitalisés pour méningo-encéphalite. **Matériel et Méthodes** : Il s'agissait d'une étude rétrospective de type descriptif et analytique sur une période de 5 ans allant du 25 juin 2018 au 25 juin 2023 au service des maladies infectieuses et tropicales du CHU de Donka. Les dossiers des patients âgés de 15 ans ou plus, de tout sexe, de toute provenance, hospitalisés pour méningo-encéphalite durant la période d'étude ont été inclus. Tous les dossiers de patients transférés ou sortis contre avis médical, et/ou incomplets ont été exclus. Pour le recueil des données, nous avons procédé à un recrutement exhaustif de tous les dossiers de patients répondant aux critères de sélection durant la période considérée. Les paramètres étudiés ont été les caractéristiques sociodémographiques, le tableau clinique et le devenir des patients. **Résultats** : Sur un total de 1473 patients, 272 cas de méningoencéphalites ont été colligés soit une prévalence de 18,47%. L'âge moyen des patients était de 38,19 ans \pm 14,37 ans avec un sex-ratio de 1,08. La fièvre (206/272 ; 75,73%) et les céphalées (198/272 ; 72,79%) étaient les signes les plus fréquemment retrouvés. La méningo-encéphalite à germe non identifié (73/272 ; 26,84%), la toxoplasmose cérébrale (69/272 ; 25,37%) et la tuberculose neuroméningée (41/272 ; 15,07%) ont été les diagnostics les plus retrouvés. Les troubles de la conscience et la durée d'hospitalisation supérieure à 7 jours ont été les facteurs associés au décès au cours de cette étude. **Conclusion** : Les étiologies des méningo-encéphalites sont diverses et variées et les troubles de la conscience constituent l'un des facteurs associés au décès au cours de ce travail. Des études multicentriques seraient très intéressantes pour confirmer cette tendance.

Mots-clés: Méningo-encéphalite, étiologie, facteurs associés, décès, Guinée

Etiologies and Factors Associated with Death Among Patients Hospitalized for Meningoencephalitis in the Infectious and Tropical Diseases Department of the University Hospital Center (CHU) of Donka, Guinea

*Mamadou Oury Safiatou Diallo
Ibrahima Bah*

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales de l'Hôpital National Donka,
CHU de Conakry, Chaire de Dermatologie et des Maladies Infectieuses,
Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Djiki Camara

Centre d'Excellence Africain pour la Prévention et le Contrôle des Maladies
Transmissibles, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Fodé Bangaly Sako

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales de l'Hôpital National Donka,
CHU de Conakry, Chaire de Dermatologie et des Maladies Infectieuses,
Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

Mamadou Saliou Sow

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales de l'Hôpital National Donka,
CHU de Conakry, Chaire de Dermatologie et des Maladies Infectieuses,
Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée
Centre de Recherche et de Formation en Infectiologie de Guinée (CERFIG)

Abstract

Introduction: Meningoencephalitis is an inflammatory condition affecting brain tissue, leading to central nervous system disorders and abnormalities in cerebrospinal fluid. This study aimed to identify the etiologies and factors associated with mortality among patients hospitalized for meningoencephalitis. **Materials and Methods:** This retrospective, descriptive, and analytical study was conducted over a five-year period, from June 25, 2018, to June 25, 2023, in the Infectious and Tropical Diseases Department of Donka University Hospital. The study included records of patients aged 15 years or older, regardless of sex or origin, who were hospitalized for meningoencephalitis during the study period. Patients who were transferred, discharged against medical advice, or had incomplete records were excluded. Data were collected through a comprehensive review of all patient records meeting the inclusion criteria. The study analyzed sociodemographic characteristics, clinical presentation, and patient outcomes. **Results:** Among 1,473 patients, 272 cases of meningoencephalitis were identified, representing a prevalence of 18.47%. The mean patient age was

38.19 ± 14.37 years, with a sex ratio of 1.08. The most commonly reported symptoms were fever (206/272; 75.73%) and headaches (198/272; 72.79%). The most frequent diagnoses included meningoencephalitis of unidentified etiology (73/272; 26.84%), cerebral toxoplasmosis (69/272; 25.37%), and neuromeningeal tuberculosis (41/272; 15.07%). Impaired consciousness and hospitalization exceeding seven days were identified as factors associated with mortality. **Conclusion:** Meningoencephalitis has diverse etiologies, with impaired consciousness being a key factor associated with mortality in this study. Multicenter studies are recommended to further investigate these findings.

Keywords: Meningoencephalitis, Etiology, Mortality factors, Death, Guinea

Introduction

Les méningites et les méningo-encéphalites sont caractérisées par un processus inflammatoire du tissu cérébral avec une réaction méningée (Brouwer et al., 2010). Ces affections peuvent être d'origine infectieuse ou traumatique. L'origine infectieuse est alors bactérienne, virale, parasitaire ou fongique (Van de Beek et al., 2016).

Les étiologies étant diverses, la mise en évidence des agents pathogènes devient la clé de la réussite du traitement (Van de Beek et al., 2016 ; Pilly, 2016). L'imagerie cérébrale (scanner mais surtout imagerie par résonance magnétique (IRM)) peut permettre d'orienter les étiologies (atteinte des lobes temporaux dans l'encéphalite herpétique, présence de tuberculomes...). L'âge, une immunodépression, le recours à la ventilation mécanique et la persistance d'un coma après 5 jours ont été les facteurs indépendamment associés au décès (Hjalmarsson et al., 2007).

Chaque année, environ 1,3 millions de cas de méningo-encéphalites sont rapportés dans le monde (Global Burden of Disease, 2013). Elles constituent la 10ème cause de décès et sont responsables d'environ 135 000 décès par an (Jafri et al., 2013). Cependant on note une incidence faible dans certains pays occidentaux, que ce soit aux États-Unis avec 3,4% (Glaser et al., 2003 ; Glaser et al., 2006) ; 1,4% en Suède ou encore 2,5% au Royaume-Uni (Hjalmarsson et al., 2007).

Par ailleurs les étiologies sont aussi diverses que variées, dans une étude rétrospective menée dans un centre à l'Hôpital Bichat-Claude Bernard à Paris chez 279 patients, où trois (3) grandes catégories de méningo-encéphalites étaient décrites : celles dues à des infections (53%) essentiellement la tuberculose, HSV1, le VZV et le *Listeria*, à des causes dysimmunitaires (15%) et les méningo-encéphalites sans étiologie retrouvée (32%) (Mailles et al., 2009).

En Afrique, la fréquence des méningo-encéphalites diffère d'une région à une autre. Au Gabon, une étude menée entre 2020-2021 avait notifié une fréquence hospitalière de 7,6% (Essola et al., 2022).

Cependant, en Côte d'Ivoire, une prévalence de 25% avait été retrouvée (Diarra et al., 2013).

Le nombre de décès élevé ainsi que la rareté de données locales sur les méningo-encéphalites ont été les principaux motifs de cette étude avec pour objectif général d'identifier les étiologies et les facteurs associés aux décès chez les patients hospitalisés au service des maladies infectieuses et tropicales du CHU Donka.

Matériel et méthodes :

Il s'agissait d'une étude rétrospective de type descriptif et analytique de 05 ans, allant du 25 juin 2018 au 25 juin 2023, au service des maladies infectieuses et tropicales du CHU de Donka.

Était inclus dans cette étude tout dossier de patient âgé de 15 ans ou plus, de tout sexe, de toute provenance, hospitalisé pour méningoencéphalite durant la période d'étude.

Ont été exclus : les dossiers de patients transférés ou sortis contre avis médical, et/ou les dossiers incomplets (dossier ne comportant pas le diagnostic et/ou le devenir du patient).

Pour le recueil des données, nous avons procédé à un recrutement exhaustif de tous les dossiers de patients répondant aux critères de sélection durant la période considérée.

Les paramètres étudiés ont été les caractéristiques sociodémographiques, le tableau clinique et le devenir des patients.

Définition des variables :

Méningoencéphalite : tout tableau clinique associant :

- Des signes méningés : céphalées, vomissements, raideur de la nuque, signes de Kernig et Brudzinski ;
- Des signes encéphaliques : trouble de la conscience, agitation psychomotrice, signe de focalisation, crise convulsive, troubles neurovégétatifs ;
- Un syndrome infectieux : fièvre, frissons, hypothermie, sueurs ;

Le tout associé à des anomalies du liquide céphalo-rachidien ou de l'imagerie cérébrale.

Âge : nombre d'années vécues par la personne jusqu'au jour de l'hospitalisation. Les patients ont été regroupés par tranche d'âge de 10 ans.

Sexe : caractère physique permanent d'une personne permettant de distinguer les individus de sexe masculin et féminin mais aussi de déterminer le sex-ratio.

Etat civil :

- **Marié :** deux personnes unies par un lien matrimonial.
- **Célibataire :** personne qui n'est pas mariée.
- **Divorcé :** personne dont le mariage a été légalement dissout.
- **Veuf :** personne dont le conjoint est décédé.

Couche socio-professionnelle :

Il s'agit de l'activité professionnelle du patient et est classée en :

- **Secteur formel :** ensemble d'activités officielles, reconnues par l'état ayant une rémunération mensuelle.
- **Secteur informel :** ensemble des activités productrices de biens et services qui échappent au regard ou à la régulation de l'état (Chauffeur, ouvrier, marchand/commerçant, coiffeur, couturière, cultivateur).
- **Ménagère :** femme qui tient une maison, s'occupe du ménage.
- **Élève/étudiant :** personne qui reçoit un enseignement dans une école pré-universitaire, une université ou un établissement professionnel.
- **Sans emploi :** ensemble des personnes n'ayant pas un travail.

Niveau scolaire : il désigne le plus haut niveau d'études atteint par le patient :

- **Faible :** personne dont le niveau d'instruction se limite à l'école primaire.
- **Secondaire :** personne dont le niveau d'instruction se situe entre la fin de l'école primaire et le début de l'université.
- **Supérieur :** personne dont le niveau d'instruction est universitaire.

Etiologies :

- **Toxoplasmose cérébrale :** Infection opportuniste parasitaire due au *Toxoplasma gondii* qui survient quand le taux de CD4 est inférieur à 200 cellules. Le diagnostic se fait à partir de l'imagerie médicale (scanner/IRM cérébrale) ou PCR *Toxoplasma gondii* dans le LCR /plus ou moins PCR dans le plasma ou à partir d'une amélioration clinique par un traitement d'épreuve anti-toxoplasmique de 15 jours.
- **Tuberculose :** Positivité du Gen-expert dans le liquide cérébro-spinal. Gen-Expert: outil diagnostique de la tuberculose, rapide, sensible et spécifique au *Mycobacterium tuberculosis* avec une sensibilité de 89% et une spécificité de 91%. C'est un test de biologie moléculaire en temps réel.
- **Cryptococcose :** infection opportuniste fongique apparaissant au stade SIDA. CRAG dans le LCR : détection qualitative et semi-quantitative

d'antigènes du *Cryptococcus neoformans* dans le liquide céphalo-rachidien (LCR).

- **Neuropaludisme** : Goutte épaisse positive au *Plasmodium falciparum* + Coma.
- **Méningo-encéphalite bactérienne** : liquide cérébro-spinal **trouble** ou **purulent** avec ou sans mise en évidence du **germe bactérien** responsable.
- **Méningo-encéphalite virale** : LCR clair avec isolement ou non du virus responsable à la PCR.
- **Abcès cérébral** : suppuration focale d'origine infectieuse développée au sein du parenchyme cérébral et apparait quel que soit le taux de CD4. Le diagnostic est posé par l'imagerie cérébrale qui met en évidence multiples foyers d'abcès.
- **Encéphalite à CMV** : survient si taux de CD4 est inférieur à 50 cellules.
- **Encéphalite syphilitique** : troubles neuropsychiques non spécifiques. La sérologie syphilitique et la positivité du VDRL dans le liquide cérébro-spinal permettent de poser le diagnostic.
- **Lymphomes** : céphalées, vomissements, asthénie physique, changement d'humeur sont non spécifiques. L'IRM cérébrale et la biopsie neurochirurgicale permettent de confirmer le diagnostic
- **Encéphalite à VIH** : détérioration progressive de la fonction cognitive chez un patient VIH+ non ou sous traitement antirétroviral mais avec échec virologique cérébral. L'IRM et la ponction lombaire permettent de confirmer le diagnostic.

Devenir des patients :

- **Guéri** : retour à domicile après régression ou la disparition de la symptomatologie d'admission.
- **Décédé** : mort du patient au cours de l'hospitalisation.

Après l'approbation du protocole de recherche par la chaire, une lettre a été adressée au chef du service des maladies infectieuses et tropicales pour l'accord à accéder aux dossiers des patients et procéder au recueil des données selon les critères de sélection.

Les données ont été collectées et saisies dans l'application KoboCollect 2022.1.2 où elles ont été enregistrées en base de données. L'analyse a été faite grâce au logiciel Stata 15. Les variables qualitatives ont été présentées sous forme de proportion et les variables quantitatives sous forme de moyenne et d'écart type. Le test de student a été utilisé pour les variables quantitatives et le test de khi carré a été utilisé pour les variables qualitatives avec un seuil de significativité de 5%. Une régression logistique

multivariée a été utilisée pour tester l'association des différents facteurs identifiés à la survenue du décès pour des variables ayant des valeurs de $P < 5\%$.

Les résultats de cette analyse ont été extraits, traités et présentés à l'aide des logiciels Word du pack office 2016.

Résultats :

Sur un total de 1473 patients, 272 cas de méningoencéphalites ont été colligés durant la période d'étude soit une prévalence de 18,47%.

L'âge moyen des patients était de 38,19 ans \pm 14,37 ans avec un sex-ratio de 1,08. Près de 2/3 (164/272) des patients étaient mariés et plus de 69% (190/272) avaient un bas niveau d'instruction. Le secteur informel a été le plus touché (258/324) soit 79,60% et plus de 2/3(186/272) étaient infectés par le VIH (**Tableau 1**).

Tableau 1. Répartition des 272 patients hospitalisés pour méningo-encéphalites du 25 Juin 2018 au 25 Juin 2023 au SMIT selon les variables sociodémographiques

Variables	Effectif (n=272)	Pourcentage (%)
Age		
36-45 ans	71	26,10
Sexe		
Masculin	141	51,84
Situation matrimoniale		
Marié	164	60,29
Autres	108	39,71
Niveau d'instruction		
Faible	190	69,85
Autres	82	30,15
Profession		
Secteur informel	131	48,16
Autres	141	51,84
Résidence		
Conakry	173	63,60
Autres	99	36,40
Terrain		
VIH	182	66,91
Autres	90	33,09

Age moyen : 38,19 ans \pm 14,37 ans avec des extrêmes de 18 et 85 ans

La fièvre (206/272) et les céphalées (198/272) étaient les signes les plus fréquemment retrouvés, soit chez près des 3/4 des patients (**Tableau 2**).

Tableau 2. Répartition des 272 patients hospitalisés pour méningo-encéphalites du 25 Juin 2018 au 25 Juin 2023 au SMIT selon les signes

Variables	Effectif	Proportion (%)
Fièvre	206	75,73
Céphalées	198	72,79
Toux	144	52,94
Agitation psychomoteur	88	32,35
Raideur de nuque	86	31,62
Signes de focalisation	76	27,94
Diarrhée	67	24,63
Trouble de la conscience	49	18,01
Signe de brudzinski +	49	18,01
Signe de kerning +	42	15,44
Constipation	35	12,87
Vomissements	28	10,29
Crise convulsive	15	5,51

La Ponction lombaire a été réalisée chez 224/272 avec un liquide cérébro-spinal clair dans plus de la moitié des cas (152/224) ; cependant elle était contre-indiquée chez 25/272 des patients. Le *Mycobacterium tuberculosis* 42/187, le *Cryptococcus neoformans* 38/145 et le *Streptococcus pneumoniae* 29/56 ont été les germes les plus fréquemment identifiés. L'imagerie cérébrale n'a été réalisée que chez seulement 36/272 des patients (**Tableau 3**).

Tableau 3. Répartition des 272 patients hospitalisés pour méningo-encéphalites du 25 Juin 2018 au 25 Juin 2023 au SMIT selon les examens de confirmation étiologique

Variabes	Modalités	Effectif (N=272)	Proportion (%)
Culture (n=56)	<i>S. pneumoniae</i>	30	51,79
	<i>N. meningitidis</i>	4	7,14
	Pas de croissance	23	41,07
Gen-Xpert (n=187)	Positif	42	18,8
CRAG LCS (n=145)	Positif	38	26,21
PCR (n=4)	Positive	1	0,25

GE (n=94)	Positive	18	13,83
Hémoculture (n=9)	Positive	3	33,33
TDM/IRM (33/3)	Pathologique	25	75,76
Ponction lombaire (224/272)	LCS trouble	120	44,12
	LCS clair	152	55,88

Près de 60% (108/185) des patients vivant avec l'infection par le VIH étaient au stade d'immunodépression sévère et moins de 13% (24/185) étaient sous traitement antirétroviral.

La méningo-encéphalite à germe non identifié (73/272), la toxoplasmose cérébrale (69/272) et la cryptococcose neuroméningée (37/272) ont été les diagnostics les plus retrouvés (**Tableau 4**).

Tableau 4. Répartition des 272 patients hospitalisés pour méningo-encéphalites du 25 Juin 2018 au 25 Juin 2023 au SMIT selon le diagnostic é

Variables	Effectifs (N=272)	Proportion (%)
Méningo- encéphalite (germe non identifié)	73	26,84
Toxoplasmose probable	69	25,37
Tuberculose neuroméningée	41	15,07
Cryptococcose Neuroméningée	37	13,60
Neuro-paludisme	17	6,25
Méningo-encéphalite à <i>streptococcus pneumoniae</i>	29	10,66
Méningo-encéphalite à <i>Neisseria meningitidis</i>	4	1,47
Cryptococcose neuroméningée+ Méningo-encéphalite à <i>streptococcus pneumoniae</i>	1	0,37
Tuberculose neuroméningée+ Neuropaludisme	1	0,37

Plus de 40% (117/272) des patients avaient une durée d'hospitalisation comprise entre 7-14 jours.

Nous avons enregistré plus de 35% (98/272) des cas de décès.

Les troubles de la conscience et la durée d'hospitalisation supérieure à 7 jours ont été les facteurs associés au décès au cours de cette étude (**Tableau 5**).

Tableau 5. Répartition des 272 patients Hospitalisé pour méningo-encéphalites du 25 Juin 2018 au 25 Juin 2023 au SMIT selon les facteurs associés au décès en analyse multivariée

Variables	OR	95% CI	p-value
Age			
16-25	—	—	
26-35	0,71	0,25 ; 1,99	0,5
36-45	0,94	0,34 ; 2,60	>0,9
46-55	0,97	0,29 ; 3,18	>0,9
≥56	1,06	0,33 ; 3,34	>0,9
Trouble de la conscience			
Non	—	—	
Oui	14,6	5,46 ; 45,6	<0,001
Signes			
Signe de focalisation neurologique	1,15	0,46 ; 2,85	0,8
Agitation	0,50	0,22 ; 1,11	0,091
Crise convulsive	0,55	0,13 ; 2,24	0,4
Terrain			
VIH Positif	1,50	0,56 ; 4,00	0,4
Etiologies			
<i>Pneumocoque</i>	0,48	0,03 ; 4,88	0,6
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1,10	0,41 ; 2,90	0,9
<i>Toxoplasma gondi</i>	0,83	0,22 ; 2,98	0,8
<i>Cryptococcus néoformans</i>	1,23	0,39 ; 3,88	0,7
Durée			
0-6			
7-14	0,15	0,07 ; 0,32	<0,001
15-21	0,08	0,03 ; 0,23	<0,001
≥22	0,04	0,01 ; 0,16	<0,001

Discussion :

Il s'agissait d'une étude rétrospective de type descriptif et analytique de 05 ans allant de 25 Juin 2018 au 25 Juin 2023 portant sur les étiologies et les facteurs associés au décès chez les patients hospitalisés pour méningo-encéphalite au service des maladies infectieuses et tropicales du CHU de Donka.

Malgré le caractère rétrospectif et monocentrique, cette étude nous a permis de déterminer quelques étiologies et facteurs associés au décès chez les patients hospitalisés pour méningo-encéphalite au service des maladies infectieuses et tropicales du CHU de Donka.

La fréquence des méningo-encéphalites reste élevée au service des maladies infectieuses et tropicales du CHU Donka. Ce résultat est supérieur à celui de Soumaré et al. (2005) au Sénégal qui avaient rapporté 11,4%.

La prédominance masculine dans cette étude était comparable à celle de Essola et al. (2022), à Libreville et de Coulibaly et al. (2020) à Bamako qui avaient trouvé respectivement 54,9% et 66,4% en faveur des hommes. L'âge

moyen de nos patients était superposable à celui de Sanon en 2003 au Burkina Faso.

La fièvre et les céphalées étaient les signes les plus retrouvés. Ce constat est similaire à celui de Cimpaye et al. (2012) au Maroc.

La plupart des patients étaient porteurs du virus de l'immunodéficience humaine du type 1. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que c'est le service de référence pour la prise en charge de l'infection par le VIH de l'adulte en Guinée.

La ponction lombaire a été réalisée chez la majorité de nos patients avec un liquide cérébro-spinal clair et une réaction cellulaire dans la plupart des cas. Ce résultat corrobore avec ceux de Tangara en 2022 qui avait rapporté que la ponction lombaire a été réalisée chez tous les patients avec un liquide cérébro-spinal clair et retrouvait un liquide clair dans 83,9 % des cas et une réaction cellulaire chez 75% des patients.

Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que la ponction lombaire reste la clef du diagnostic étiologiques des méningo-encéphalites en dehors des contre-indications.

L'imagerie médicale a été faiblement utilisée. Ce résultat est différent de celui de Grouille et al. (2017) qui avaient rapporté une réalisation du scanner cérébral dans 86,1% et l'IRM dans 88,6% de cas.

Cette faible réalisation de l'imagerie pouvait s'expliquer par le coût élevé de cet examen pouvant aller jusqu'à quatre à huit fois le SMIG (salaire minimum interprofessionnel garanti en Guinée) qui est de 550000 GNF et surtout par le fait qu'il n'y a pas de couverture sanitaire de la part de l'Etat.

Les étiologies identifiées dans cette étude étaient différentes de celles de Grouille et al. (2017) en France et de Coulibaly et al. (2020) au Mali.

En Afrique, le taux peu élevé de méningites virales sur le continent pourrait s'expliquer par un plateau technique insuffisant pour la détection des virus dans le LCR. L'apport de la biologie moléculaire (Multiplex PCR) montre qu'elles existent, mais elles sont sous diagnostiquées. Cet examen reste encore uniquement du domaine de la recherche. Un plaidoyer pour l'extension de cet examen pour la mise en évidence des germes responsables des méningo-encéphalites est primordial dans la prise en charge thérapeutique. S'agissant des méningoencéphalites parasitaire et mycosique, elles s'observent la plupart du temps chez des patients immunodéprimés (Danziger et al., 2020). Cette observation est également faite dans l'étude où *Toxoplasma gondii* et *Cryptococcus neoformans* ont été retrouvés chez des patients séropositifs au VIH. Dans une étude réalisée en Côte d'Ivoire, Cimpaye et al. (2012), rapportent que le taux de toxoplasmose cérébrale était de 29,1% avec une prévalence de séropositifs au VIH de 71,2%. Pour Guidina et al. (2015), Diarra et al. (2015), et Coulibaly et al. (2020), la prévalence hospitalière de la cryptococcose était de 15,6%, 12,7% et 23,2% respectivement. Cela corrobore

les données de la littérature africaine qui rapportent que *Cryptococcus neoformans* et *Mycobacterium tuberculosis* constituent à présent les principales causes de méningite chez les patients séropositifs au VIH (Jarvis et al., 2010).

Concernant les étiologies parasitaires (toxoplasmose), le plateau technique étant pauvre dans l'identification des germes, le diagnostic positif est le plus souvent basé sur des faisceaux d'arguments épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques.

Aucune étiologie n'a été retenue chez plus d'un quart de patients. Ce constat est proche de ceux de Diarra et al. (2015) et Sonnevile et al. (2023) qui avaient rapporté qu'aucune étiologie n'a été retenue chez plus de 25% des patients.

Les troubles de la conscience et la durée d'hospitalisation ont été les facteurs associés au décès en analyse multivariée.

Ce résultat est semblable à ceux de Fatma et al. (2021) ; Sonnevile et al. (2023) qui avaient rapporté que la durée d'hospitalisation et les troubles de la conscience étaient associés au décès des patients.

Conclusion

La proportion des méningoencéphalites sans étiologies reste très élevée et les troubles de la conscience ont été l'un des facteurs associés au décès au cours de cette étude. D'autres études prospectives et multicentriques avec un échantillon plus représentatif devraient être menées pour confirmer cette tendance sur le plan national.

Recommandations

Améliorer le plateau technique par la mise en place des techniques de biologie moléculaire pour identifier les étiologies virales. Promouvoir la demande de l'imagerie médicale (Scanner et imagerie par résonance magnétique) afin d'orienter certains diagnostics.

Aspects éthiques : Le protocole d'étude a été approuvé par le comité d'éthique de la Faculté des Sciences et Technologies de la Santé de l'Université Gamal Abdel Nasser de Conakry avant le début de l'enquête. L'anonymat et la confidentialité des participants ont été respectés.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Brouwer, MC., Tunkel, AR., & Van de Beek, D. (2010). Epidemiology, Diagnosis, and Antimicrobial Treatment of Acute Bacterial Meningitis. *Clinical microbiology review* ; 467–492.
2. Cimpaye, E. & Zoubir, M. (2012). Les méningoencéphalites graves de l'adulte : Epidémiologie et prise en charge thérapeutique au service de réanimation de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech.
3. Coulibaly, DS., Samake, D., & Traore, M. et al. (2020) Étiologies des Atteintes Méningées dans le Service des Maladies Infectieuses du CHU-Point-G (Bamako). *Health Sci. Dis*: 17-20
4. Danziger, N. & Alamowitch, S. (2020). Neurologie. 13ème édition. Med Line Editions; 644 p: 393-410.
5. Diarra, E., Mamadou, Z., Sissoko, M., Diallo, M., Assi, B., & Ange, KA. (2015). Profil épidémiologique et étiologique des méningo-encéphalites infectieuses observées dans le service de neurologie du CHU de Cocody (Abidjan). *Rev Neurol* ; 171 :137.
6. Essoloa, L., Bitéghé, L., Ifoudji Makao, A., Gnigone, P., Edjo Nkili, G., & Manga, F. (2022). Étiologies des Méningites et Méningoencéphalites dans les Services de Réanimation Polyvalente à Libreville de 2020 à 2021. *Health Sci Dis* ; 29-33.
7. Fatma, H., Makram, K., Amal, C., Fatma, S., Chakib, M., & Khaoula, R. et al. (2021). Facteurs pronostiques de la méningo-encéphalite herpétique. *Journal neuro*; 02 (178): 11-01.
8. Glaser, C., Gilliam, S., Schnurr, D., Forghani, B., Honarmand, S., & Khetsuriani, N. et al. (2003). In search of encephalitis etiologies: diagnostic challenges in the California Encephalitis Project, 1998–2000. *Clin Infect Dis*;36: 731–42.
9. Glaser, C., Honarmand, S., Anderson, L., Schnurr, D., Forghani, B., & Cossen, C. (2006). Beyond viruses: clinical profiles and etiologies associated with encephalitis. *Clin Infect Dis*; 1565–77.
10. Global Burden of Disease study Mortality and Causes of Death collaborators. Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013. *Lancet*. 2015 ;385 : 117-171.
11. Grouille, J., Maillot, F., De Toffol, B., Perrotin, D., Bernard, L., & Garot, D. (2017). Méningo-encéphalites : étude rétrospective sur 4 ans au CHRU Bretonneau de Tours. *Rev Médecine Interne*. févr; 38(2):90-6.

12. Guidina, E., Tesfaye, M., Wieser, A., Pfister, H., & Klein, M. (2015). Outcome of patients with acute bacterial meningitis in a teaching hospital in Ethiopia: A prospective study. *Am J Trop Med Hyg*; 25: 865-876
13. Hjalmarsson, A., Blomqvist, P., & Sköldenberg, B. (2007). Herpes simplex encephalitis in Sweden, 1990–2001: incidence, morbidity and mortality. In *Clin Infect Dis*; 0875-8.
14. Jafri, R., Ali, A., & Messonnier, N. (2013). Global epidemiology of invasive meningococcal disease. *Population health metrics*. 11: 17-24.
15. Jarvis, JN., Meintjes, G., & Williams, A. et al. (2010). Adult meningitis in a setting of high HIV and TB prevalence: findings from 4961 suspected cases. *BMC infect dis*; 10: 67-20.
16. Mailles, A. & Stahl, JP. (2009). Infectious Encephalitis in France in 2007 A prospective study. *Clin Inf Dis*. 49:1838-47.
17. Pilly, E. (2016). Méningite et méningo-encéphalite. *Conduite pratique. Association des professeurs en maladies infectieuses et tropicales. Vol. 25eme édition. 7 rue Bastienne 95160 Montmorency*; 332-345.
18. Sanou, A. (2003). Méningites bactériennes (MB): Aspects épidémiologique, clinique, bactériologique et évolutif au Centre hospitalier Universitaire Souro Sanou de Bobo Dioulasso (CHUSS). *Université de Ouagadougou ; Numéro*.
19. Sonneville, R., Montmollin, E., Contou, D., Ferrer, R., Gurjar, M., Klouche, K., Sartou, B., & Demeret, S. (2023). Clinical features, etiologies, and outcomes in adult patients with meningoencephalitis requiring intensive care (EURECA): an international prospective multicenter cohort study *Intensive Care Med*, 517-529.
20. Soumaré, M., Seydi, M., Ndour, C., Fall, N., Dieng, Y., & Sow, A. et al. (2005). Profil épidémiologique, clinique et étiologique des affections cérébro-méningées observées à la clinique des maladies infectieuses du CHU de Fann à Dakar. *Médecine Mal Infect* ; 383-9.
21. Tangara, M. (2022). Méningo-encéphalites aiguës aux urgences pédiatriques du CHU Gabriel Touré. [BAMAKO] : université des sciences des techniques et des technologies de Bamako.
22. Van de Beek, D., Cabellos, C., & Dzupova, O. et al. (2016). ESCMID guideline: diagnosis and treatment of acute bacterial meningitis. *Clin Microbiol Infect*; 22 : 37-62.

Prevalence and Correlation of Vitamin B12 and Vitamin D Levels Among Jordanian Patients

Eman N. Alfrehat

Essra M. Alnsour

Enas M. Al Hmeisat

The Royal Medical Services of the Jordan Armed Forces, Amman, Jordan

Firas Alsoleihat

Department of Restorative Dentistry,

School of Dentistry, University of Jordan, Amman, Jordan

Department of Restorative Dentistry and Basic Medical Sciences,

Faculty of Dentistry, University of Petra, Amman, Jordan

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p109](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p109)

Submitted: 25 November 2024

Accepted: 25 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Alfrehat E.N., Alnsour E.M., Al Hmeisat E.M. & Alsoleihat F. (2025). *Prevalence and Correlation of Vitamin B12 and Vitamin D Levels Among Jordanian Patients*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 109. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p109>

Abstract

Introduction: Essential nutrients for many physiological processes, such as bone integrity and neurological functioning, include vitamin D and B12. Notwithstanding their significance, deficits in these vitamins are common and can result in serious health issues. The objective of the study is to evaluate the vitamin B12 and vitamin D levels in a convenient sample of Jordanians who were referred to the Royal Medical Services' King Hussein Medical Center, a major referral medical center in the capital city of Jordan, Amman. *Methods:* For this study, a total of 70 participants—45 females and 25 males—were randomly chosen. Vitamin B12 and Vitamin D levels were determined by analyzing blood samples already requested for medical purposes. To compare levels and insufficiency rates between sexes, descriptive statistics were calculated and independent samples t-tests and chi-square tests were used. To investigate the correlations between age, vitamin B12, and vitamin D levels, Pearson correlation coefficients were computed. *Results:* The mean levels of vitamin B12 and vitamin D in females were 388.10 pg/mL and 21.40 ng/mL, respectively. The mean levels of

vitamin B12 and vitamin D in males were 429.91 pg/mL and 25.44 ng/mL, respectively. There were no discernible variations in vitamin B12 and vitamin D levels between the sexes ($p > 0.05$). On the other hand, males (9.5%) had considerably greater levels of vitamin B12 deficiency than females (0.0%) ($p = 0.036$). Males' vitamin B12 and vitamin D levels showed a significant positive correlation ($r = 0.448$, $p = 0.042$) as did the pooled sample ($r = 0.316$, $p = 0.020$). *Conclusion:* The study shows that there is a significant positive correlation between vitamin B12 and vitamin D levels and that male participants were more likely to be insufficient in vitamin B12. These findings highlight the necessity of focused dietary interventions and public health initiatives to address and prevent these deficiencies in the Jordanian population. The high prevalence of vitamin B12 and D deficiencies underscores the urgent need for public health strategies, including educational campaigns, nutritional supplementation programs, and dietary modifications, to improve the nutritional status and overall health outcomes in Jordan.

Keywords: Vitamin B12, Vitamin D, deficiency, Jordan, King Hussein Medical Center, nutritional assessment, public health

Introduction

The vitamins B12 and D are vital and are involved in many physiological functions. Cobalamin, another name for vitamin B12, is essential for the healthy development of red blood cells as well as the brain and nervous system (NIH, 2021). It is naturally present in animal products and may be lacking in people who have malabsorption problems or inadequate dietary intake (ODS, 2022). As a fat-soluble vitamin, vitamin D is essential for healthy bones and the absorption of calcium (Holick, 2007). Sunlight exposure can cause the body to synthesize it; however, shortages are frequently caused by inadequate sun exposure, insufficient nutrition, or malabsorption (Holick, 2007; ODS, 2022).

These vitamin insufficiencies are common around the world and linked to a number of health issues. Cognitive deficits, neurological disorders, and megaloblastic anemia can result from a vitamin B12 shortage (Stabler, 2013). In a similar vein, a lack of vitamin D has been connected to an increased risk of chronic illnesses like cardiovascular disease and some types of cancer, as well as bone problems like osteomalacia in adults and rickets in children (Holick, 2007; Pilz, 2011). Studies are required to determine the degree and consequences of certain micronutrient deficiencies because, like many other nations, Jordan's prevalence of these deficiencies has not been fully examined (WHO, 2019).

The objective of this study is to evaluate the vitamin B12 and vitamin D levels in a random sample of Jordanians who were sent to the Royal Medical

Services' King Hussein Medical Center, a major referral medical center in the capital city of Jordan, Amman. We compare the levels between male and female participants, look for relationships between age, vitamin B12, and vitamin D levels, and determine the prevalence of deficiencies and possible insufficiencies by looking at these levels.

Significant global issues about vitamin B12 and vitamin D deficits have been brought to light by earlier studies. For example, according to a study by Allen et al. (2010), vitamin B12 deficiency affects about 6% of people in the United States and the United Kingdom who are 60 years of age or older, with larger percentages seen in underdeveloped nations. Similar to this, Holick (2007) reported that around a billion individuals globally suffer from a widespread vitamin D shortage.

Studies conducted in the Middle East have revealed differing prevalence rates of various insufficiencies. According to a Saudi Arabian study, 40% of adults had vitamin D levels that were below 20 ng/mL, which is considered deficient (Ardawi et al., 2012). El-Hajj Fuleihan et al. (2001) reported that 60% of teenage girls in Lebanon had Vitamin D levels that were below the recommended threshold. Although there is a shortage of data on Jordan, research from nearby nations indicates that similar trends are quite likely. Future studies should consider examining deficiencies in other vitamins, such as vitamin B12, and report these findings stratified by sex. Furthermore, investigating potential correlations between vitamin levels could provide a more comprehensive understanding of nutritional health in the region.

The literature surrounding vitamin deficiencies in the Middle East reveals a complex interplay between dietary habits, public health initiatives, and cultural factors that contribute to the prevalence of micronutrient deficiencies. (Hwalla et al., 2017) provide a foundational understanding of the micronutrient landscape in the region, highlighting that suboptimal nutrient status among adults is linked to an increased risk of chronic diseases. Their analysis underscores the importance of adequate vitamin and mineral intake, which is essential for mitigating the risks associated with inadequate micronutrient levels. The authors note that while government-mandated food fortification programs have been implemented, many remain small-scale and outdated, leading to persistent public health challenges, such as the ongoing prevalence of anemia and neural tube defects (NTDs) despite interventions like folic acid fortification. This calls for a critical reassessment of national data to guide effective policy-making and program development.

The focus on vitamin D deficiency is further elaborated by (Gariballa et al., 2022), who investigate the prevalence and health implications of vitamin D deficiency among UAE citizens. Despite the region's abundant sunlight, the study reveals that vitamin D deficiency is widespread, indicating a disconnect

between environmental factors and actual health outcomes. This observation sets the stage for a deeper exploration of the underlying causes of vitamin D deficiency, as discussed by (Qureshi et al., 2024). Their work emphasizes that lifestyle factors, including dietary habits and cultural practices, significantly influence vitamin D synthesis and absorption. They highlight that traditional clothing and environmental pollution contribute to limited sun exposure, exacerbating the deficiency problem in a region that might otherwise be expected to have adequate levels of this vital nutrient.

Moreover, (Qureshi et al., 2024) advocate for a multi-faceted approach to combat vitamin D deficiency, emphasizing the need for educational initiatives that raise awareness about both the skeletal and non-skeletal health risks associated with hypovitaminosis D. Their findings point to a critical gap in public knowledge regarding the broader health implications of vitamin D deficiency, which extends beyond the commonly recognized conditions such as rickets and osteomalacia. This literature review thus aims to synthesize these insights and contextualize the urgent need for enhanced public health strategies to address vitamin deficiencies in the Middle East effectively.

The present study endeavors to bridge the knowledge gap in the literature by offering comprehensive information on the vitamin B12 and vitamin D status of Jordanians. This is due to the significance of sufficient levels of these vitamins for overall health and the possible high incidence of deficiencies in the Middle Eastern Arab region. The results will assist in guiding public health initiatives to mitigate and avoid these inadequacies.

Material and Methods

Study Population

A randomly chosen sample of patients from different parts of Jordan who were referred to the King Hussein Medical Center of the Royal Medical Services for other medical purposes made up the study population. It is noteworthy to mention that the King Hussein Medical Center is one of the major referral medical centers in the capital city of Jordan, Amman. Participants of all ages, both male and female, were included in the sample. As such, the sample of the present study is believed by the authors of the present study to likely represent the general population of Jordan. Adequate ethical approval was obtained from the IRB committee of the King Hussein Medical Center, and informed consents were obtained from all the participants according the guidelines of the IRB committee before the commencement of the study.

Seventy participants were included in the study: 25 males and 45 females. Tables 1, 2, and 3 provide the comprehensive demographic distribution and descriptive information of the participants.

Inclusion and Exclusion Criteria

Participants were included in the study if they were Jordanian patients referred to the King Hussein Medical Center for medical assessments unrelated to vitamin deficiencies. Individuals were eligible regardless of sex or age, ensuring a broad representation of the general population.

Exclusion criteria were established to ensure the integrity of the study data. Patients were excluded if they had a known history of vitamin B12 or vitamin D supplementation within the past six months, any diagnosed metabolic disorders (such as chronic kidney disease, liver disease, or malabsorption syndromes), or recent major surgery that could impact vitamin levels. Additionally, individuals with ongoing pregnancy or lactation were excluded due to potential variations in vitamin levels. Patients with hematological or oncological diseases that could interfere with vitamin B12 and vitamin D metabolism were also excluded. Those who declined to provide informed consent were not included in the study.

Study Area

The study was conducted at the King Hussein Medical Center, a major referral medical facility in Amman, the capital of Jordan. This center is recognized as a leading institution in the region due to its specialized medical services and comprehensive healthcare capabilities, attracting patients from various parts of the country. Its status as a referral center is further supported by its accreditation and the expertise of its medical professionals, making it an ideal location for investigating vitamin deficiencies within a diverse patient population.

Sampling

The study population was comprised of a random sample of patients from various regions of Jordan who were referred to the King Hussein Medical Center for medical assessments related to other health issues. The sample included participants of all ages and both sexes. Ethical approval for the study was granted by the Institutional Review Board (IRB) of the King Hussein Medical Center. Informed consent was obtained from all participants in accordance with the guidelines set forth by the IRB prior to the initiation of the study. A total of 70 participants were included in the final sample, consisting of 25 males and 45 females. Detailed demographic information is provided in Tables 1, 2, and 3. The ethics committee's decision is pivotal and is documented at the conclusion of the article, prior to the references.

Table 1. Descriptive statistics of female participants

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Age (years)	45	63	4	67	39.36	17.54
VB12 level (pg/mL)	33	659.00	233.00	892.00	388.10	139.75
VD level (ng/mL)	45	44.81	6.31	51.12	21.40	10.83
Valid N (listwise)	33					

Std: Standard; N: number of participants; VB12: Vitamin B12; pg/mL: picograms per milliliter; VD: Vitamin D; ng/mL: nanograms per milliliter

Table 2. Descriptive statistics of male participants

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Age (years)	25	81	2	83	47.04	22.39
VB12 level (pg/mL)	21	1134.00	134.00	1268.00	429.91	273.54
VD level (ng/mL)	25	45.05	7.98	53.03	25.44	13.45
Valid N (listwise)	21					

Std: Standard; N: number of participants; VB12: Vitamin B12; pg/mL: picograms per milliliter; VD: Vitamin D; ng/mL: nanograms per milliliter

Table 3. Descriptive statistics of all participants (sexes pooled)

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Age (years)	70	81	2	83	42.10	19.60
VB12 level (pg/mL)	54	1134.00	134.00	1268.00	404.36	201.12
VD level (ng/mL)	70	46.72	6.31	53.03	22.84	11.90
Valid N (listwise)	54					

Std: Standard; N: number of participants; VB12: Vitamin B12; pg/mL: picograms per milliliter; VD: Vitamin D; ng/mL: nanograms per milliliter

Data Collection

Data were collected through standard medical examinations performed at the King Hussein Medical Center. Participants provided blood samples for the measurement of vitamin B12 and vitamin D levels, which were assessed as part of their routine medical evaluations.

Measurement of Variables

The following were the main variables this study measured:

- Age: Stated as years.
- The level of vitamin B12 is expressed in picograms per milliliter, or pg/mL.
- The level of vitamin D is expressed in nanograms per milliliter, or ng/mL.

Statistical Analysis

All statistical analyses were conducted using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) software, version 25.0. The mean, standard deviation, range, minimum, and maximum values of descriptive statistics were computed for age, vitamin B12 and vitamin D levels for male and female individuals, as well as for all participants combined.

Independent samples t-tests were used to compare the vitamin B12 and vitamin D levels between male and female subjects. The percentages of Vitamin B12 insufficiency and potential insufficiency, as well as Vitamin D deficiency and low suboptimal cases were determined and compared between the sexes using chi-square tests.

The study used Pearson correlation coefficients to examine the associations between age, Vitamin B12 and Vitamin D levels in both the male and female participants separately and within the pooled sample. P-values of less than 0.05 were considered statistically significant for all the analyses conducted in this study.

Materials

The study assessed several variables using specific data collection tools and protocols:

- **Age:** Participants' ages were recorded in years using a structured questionnaire administered during the initial assessment.
- **Vitamin B12 Levels:** Blood samples were collected from participants, and serum vitamin B12 levels were analyzed using an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method, with results reported in picograms per milliliter (pg/mL).
- **Vitamin D Levels:** Similarly, blood samples were collected for the measurement of serum vitamin D levels, which were quantified using a chemiluminescent immunoassay (CLIA) technique, with results reported in nanograms per milliliter (ng/mL). These protocols ensured accurate and consistent data collection throughout the study.

Data Processing and Analysis

Statistical analyses were performed utilizing SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) software, version 25.0. Descriptive statistics,

including mean, standard deviation, range, minimum, and maximum values, were computed for age, vitamin B12, and vitamin D levels, both for males and females as well as for the total sample. Independent samples t-tests were employed to compare vitamin B12 and vitamin D levels between male and female participants. The prevalence of vitamin B12 insufficiency, potential insufficiency, vitamin D deficiency, and suboptimal levels were calculated and compared between sexes using chi-square tests. Pearson correlation coefficients were utilized to assess the associations between age, vitamin B12, and vitamin D levels separately for male and female participants and for the entire sample. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant for all analyses conducted in this study.

Results

Descriptive Statistics

Female Participants

Table 1 provides an overview of the descriptive statistics for the female participants. The participants' ages were 4–67 years old, with a mean age of 39.36 years (SD = 17.54) among the females. The mean levels of vitamin D and B12 in the females were 21.40 ng/mL and 388.10 pg/mL, respectively, with a standard deviation of 139.75 and 10.83, respectively.

Male Participants

The descriptive data for the male participants are displayed in Table 2. Their average age was 47.04 years (SD = 22.39), with a range of ages from 2 to 83. Males had mean levels of 429.91 pg/mL (SD = 273.54) for vitamin B12 and 25.44 ng/mL (SD = 13.45) for vitamin D.

All Participants (Sexes Pooled)

Table 3 displays descriptive statistics for all participants combined. The mean age of the participants was 42.10 years (SD = 19.60), with a range of ages from 2 to 83. Vitamin D and Vitamin B12 levels were 22.84 ng/mL (SD = 11.90) and 404.36 pg/mL (SD = 201.12), respectively, on average.

Comparison Between Male and Female Participants

The levels of vitamin B12 and vitamin D in male and female subjects are compared in Table 4. The mean level of vitamin B12 in males and females was 429.91 pg/mL (SD = 273.54) and 388.10 pg/mL (SD = 139.75), respectively. A p-value of 0.522 indicated that there was no significant difference between the two groups. There was no significant difference in the mean Vitamin D level between the male (mean = 25.44 ng/mL, SD = 13.45) and female (mean = 21.40 ng/mL, SD = 10.83) subjects (p-value = 0.176).

There was a significant difference ($p = 0.036$) in the percentage of males and females with Vitamin B12 insufficiency (less than 180 pg/mL), with 9.5% of males and 0.0% of females. There was no significant difference ($p = 0.295$) in the percentage of individuals with Vitamin D deficiency (less than 20 ng/mL), with 46.7% of females and 40.0% of males affected

Table 4. male-female differences in the levels of vitamin B12, and vitamin D

Variable	Females	Males	p-value	Sexes pooled
Vitamin B12 level	388.1±139.8 (mean±SD) (n=33)	429.9±273.5 (mean±SD) (n=21)	0.522	404.4±201.1 (mean±SD) (n=54)
Vitamin D level	21.4±10.8 (n=45)	25.4±13.5 (n=25)	0.176	22.8±11.9 (n=70)
Percentage of Vitamin B12 insufficiency (less than 180 pg/mL)	0.0% (0/33)	9.5% (2/21)	0.036*	3.7% (2/54)
Percentage of Vitamin B12 potential insufficiency (180-250 pg/mL)	9.1% (3/33)	14.3% (3/21)	0.277	11.1% (6/54)
Percentage of Vitamin B12 borderline cases (200-300 pg/mL)	27.3% (9/33)	19.0% (4/21)	0.243	24.1% (13/54)
Percentage of Vitamin D deficiency (less than 20 ng/mL)	46.7% (21/45)	40.0% (10/25)	0.295	44.3% (31/70)
Percentage of Vitamin D low suboptimal cases (20-29 ng/mL)	31.1% (14/45)	28.0% (7/25)	0.393	30.0% (21/70)

SD: Standard deviation; n: number of participants; pg/mL: picograms per milliliter; ng/mL: nanograms per milliliter; *: The difference is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Correlation Analysis

Female Participants

Age, vitamin B12 level, and vitamin D level did not significantly correlate, according to correlation analysis among female participants (Table 5). The age and Vitamin B12 level had a Pearson correlation of -0.127 ($p = 0.482$), the age and Vitamin D level of 0.163 ($p = 0.286$), and the age and Vitamin B12 level of 0.078 ($p = 0.666$).

Table 5. Correlation analysis between the following variables amongst females: age, vitamin B12 level, and vitamin D level

		Age	VB12 level	VD level
Age	Pearson Correlation	1	-.127	.163
	Sig. (2-tailed)		.482	.286
	N	45	33	45
VB12 level	Pearson Correlation	-.127	1	.078
	Sig. (2-tailed)	.482		.666
	N	33	33	33
VD level	Pearson Correlation	.163	.078	1
	Sig. (2-tailed)	.286	.666	
	N	45	33	45

Sig: Significant; N: number of participants; VB12: Vitamin B12; VD: Vitamin D.

Male Participants

Vitamin B12 and vitamin D levels showed a significant positive correlation ($r = 0.448$, $p = 0.042$) for male subjects (Table 6). Age and Vitamin B12 level ($r = -0.180$, $p = 0.436$), as well as age and Vitamin D level ($r = -0.294$, $p = 0.154$) did not show significant correlation.

Table 6. Correlation analysis between the following variables amongst males: age, vitamin B12 level, and vitamin D level

		Age	VB12 level	VD level
Age	Pearson Correlation	1	-.180	-.294
	Sig. (2-tailed)		.436	.154
	N	25	21	25
VB12 level	Pearson Correlation	-.180	1	.448*
	Sig. (2-tailed)	.436		.042
	N	21	21	21
VD level	Pearson Correlation	-.294	.448*	1
	Sig. (2-tailed)	.154	.042	
	N	25	21	25

Sig: Significant; N: number of participants; VB12: Vitamin B12; VD: Vitamin D; *: Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

All Participants (Sexes Pooled)

A significant positive correlation between vitamin B12 and vitamin D levels was discovered when the sexes were combined (Table 7; $r = 0.316$, $p = 0.020$). Gender and age ($r = 0.189$, $p = 0.117$), gender and vitamin B12 level ($r = 0.102$, $p = 0.462$), as well as gender and vitamin D level ($r = 0.164$, $p = 0.176$) did not significantly correlate.

A significant positive correlation was observed between vitamin B12 and vitamin D levels when data from both sexes were combined (Table 7; $r = 0.316$, $p = 0.020$). This finding suggests that as vitamin B12 levels decrease, vitamin D levels also tend to decline, indicating a potential relationship between these two vitamins.

In contrast, the analysis revealed no significant correlations between gender and age ($r = 0.189$, $p = 0.117$), gender and vitamin B12 levels ($r = 0.102$, $p = 0.462$), and gender and vitamin D levels ($r = 0.164$, $p = 0.176$). The lack of significant correlation for gender and age may suggest that the distribution of ages in the sample was relatively uniform across genders, which could obscure any potential differences. Similarly, the absence of significant correlations between gender and the levels of either vitamin B12 or vitamin D indicates that these vitamin levels do not vary meaningfully between males and females in this population. Therefore, any observed variations in vitamin levels may be attributed more to individual health factors or dietary intake rather than gender differences.

Overall, the data show that although vitamin B12 and vitamin D levels did not differ significantly between males and females, there are noteworthy relationships between these vitamins, especially in males and the pooled sample. The study also shows a higher prevalence of Vitamin B12 insufficiency in males compared to females.

Table 7. Correlation analysis between the following variables all participants (sexes pooled): gender, age, vitamin B12 level, and vitamin D level

		Gender	Age	VB12 level	VD level
Gender	Pearson Correlation	1	.189	.102	.164
	Sig. (2-tailed)		.117	.462	.176
	N	70	70	54	70
Age	Pearson Correlation	.189	1	-.119	-.017
	Sig. (2-tailed)	.117		.390	.891
	N	70	70	54	70
VB12 level	Pearson Correlation	.102	-.119	1	.316*
	Sig. (2-tailed)	.462	.390		.020
	N	54	54	54	54
VD level	Pearson Correlation	.164	-.017	.316*	1
	Sig. (2-tailed)	.176	.891	.020	
	N	70	70	54	70

Sig: Significant; N: number of participants; VB12: Vitamin B12; VD: Vitamin D; *: Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Discussion

Vitamin B12 Levels

In our study, the average levels of vitamin B12 were found to be 429.91 pg/mL in males and 388.10 pg/mL in females. While these levels fall within the normal range, the study highlighted that a significant proportion of males (9.5%) were deficient in vitamin B12. This finding aligns with recent literature indicating varying prevalence rates of vitamin B12 insufficiency across different demographics. For instance, a study conducted by Stabler et al. (2019) suggested that vitamin B12 deficiencies remain a prevalent issue, particularly in older populations where absorption may become impaired.

Research from Kim et al. (2020) further supports the notion that vitamin B12 levels can vary significantly among diverse populations. Their investigation found that dietary habits and socio-economic factors significantly influenced the prevalence of B12 insufficiencies in different regions. In line with these observations, our study's finding that males had a higher likelihood of vitamin B12 deficiency echoes patterns reported in other global studies, which suggest that nutrition and socio-economic factors play crucial roles in these variations (Lau et al., 2022).

In the MENA region, studies have shown similar trends. For example, a study by Al-Musharaf et al. (2020) in Saudi Arabia found that vitamin B12 deficiency was prevalent among young adults, particularly in those with poor dietary habits. Similarly, a study in Egypt by El Sayed et al. (2021) reported that vitamin B12 deficiency was common among pregnant women, highlighting the need for targeted interventions in high-risk groups. These regional studies underscore the importance of considering local dietary patterns and socio-economic factors when addressing vitamin B12 deficiencies.

Vitamin D Levels

The average levels of vitamin D in our study were 25.44 ng/mL for males and 21.40 ng/mL for females, indicating a widespread issue of vitamin D insufficiency among the participants. Alarming, 40% of males and 46.7% of females demonstrated vitamin D deficiency, with levels falling below 20 ng/mL. These results are consistent with recent reports indicating a global epidemic of vitamin D deficiency, affecting approximately 1 billion individuals worldwide, as noted by Holick (2020).

When contextualized within the Middle Eastern region, our findings echo previous studies, such as the work by Al-Daghri et al. (2018), which reported similar rates of vitamin D deficiency among adults in Saudi Arabia. Other studies in Lebanon have revealed that 60% of teenagers have inadequate vitamin D levels, attributed to factors such as limited sun exposure and dietary inadequacy (Almoustafa et al., 2019). Such insights highlight the cultural and environmental factors contributing to high rates of vitamin D insufficiency across similar demographic settings.

Further reinforcing these findings, research by Mousa et al. (2021) in Iran revealed that 81% of participants had vitamin D levels below 20 ng/mL. Factors such as cultural dress practices, geographical location, and lifestyle choices continue to contribute significantly to the prevalence of vitamin D deficiency in the Middle East and South Asia (Mithal et al., 2021). A study in Morocco by El Maghraoui et al. (2020) also found that vitamin D deficiency was prevalent among postmenopausal women, further emphasizing the need for region-specific interventions. Understanding these dynamics is crucial for

devising targeted public health strategies to combat vitamin D insufficiency, especially in populations with limited sun exposure and dietary diversity.

Correlation Between Vitamin B12 and Vitamin D Levels

Our study found a significant positive correlation ($r = 0.448$, $p = 0.042$) between vitamin B12 and vitamin D levels in males, and a correlation of ($r = 0.316$, $p = 0.020$) in the pooled sample. These findings suggest that individuals with higher levels of vitamin B12 often have higher levels of vitamin D as well. The mechanisms behind this correlation may involve shared dietary sources, as both vitamins are found in foods such as fish, dairy products, and fortified items. This dietary overlap suggests that individuals who maintain a nutritionally balanced diet may have better levels of both vitamins.

Studies conducted by Aaseth et al. (2021) support the notion that deficiencies in one vitamin frequently coexist with deficits in others, highlighting the interconnectedness of nutritional status. Further, a review by Mullen et al. (2020) emphasized how inadequate dietary intake and metabolic absorption issues can lead to both vitamin B12 and vitamin D deficiencies.

Moreover, genetic factors impacting vitamin metabolism also play a role in the observed relationship between these two vitamins, as described by Wang et al. (2020). They noted that genetic polymorphisms affecting vitamin D metabolism can subsequently influence vitamin B12 levels, suggesting a complex interplay between nutritional intake, lifestyle factors, and genetic predispositions.

In summary, the association between vitamin B12 and vitamin D levels appears to be influenced by multiple factors, including dietary intake, lifestyle choices, and genetic predispositions. Our findings underscore the need for comprehensive approaches to address vitamin deficiencies, including public health initiatives aimed at raising awareness, promoting sun exposure, and encouraging the consumption of vitamin-rich foods and supplements. Future research should continue to explore the multifaceted relationships between these essential nutrients to improve health outcomes in diverse populations.

Potential Confounding Factors

While this study identified a significant correlation between vitamin B12 and vitamin D levels, several confounding factors could have influenced the results. Dietary intake variations, genetic predispositions, and differences in sun exposure may have contributed to individual variations in vitamin levels. Additionally, underlying health conditions such as gastrointestinal disorders, renal dysfunction, and medication use (e.g., proton pump inhibitors or metformin) could impact vitamin B12 and vitamin D absorption and metabolism. Future studies should control for these factors through detailed

dietary assessments, genetic screening, and consideration of medical history to strengthen the validity of findings.

Moreover, lifestyle habits, including physical activity levels and smoking status, may also influence vitamin levels. Physical inactivity and smoking have been associated with lower vitamin D levels, potentially affecting the overall correlation observed in this study. Further investigation into these factors will enhance the understanding of the interplay between lifestyle choices and vitamin deficiencies.

Clinical Significance

The observed correlation between vitamin B12 and vitamin D levels has important clinical implications. Vitamin B12 deficiency is associated with neurological dysfunction, anemia, and cardiovascular risks, while vitamin D deficiency is linked to bone disorders, immune dysfunction, and chronic diseases. The co-occurrence of deficiencies in these vitamins may exacerbate health risks, particularly among vulnerable populations such as the elderly, individuals with malabsorption syndromes, and those with dietary restrictions. Addressing these deficiencies through targeted nutritional interventions and supplementation programs could help mitigate associated health complications.

Implications for Public Health

This study's high rate of vitamin B12 and vitamin D deficiency highlights Jordan's need for focused public health initiatives. Among the methods to remedy these shortcomings are:

1. Public awareness campaigns: teaching the general public the value of getting enough vitamin D and B12 from their diets and supplements.
2. Nutritional Supplementation Programs: Putting in place initiatives to give supplements, especially to high-risk populations like the elderly, pregnant women, and people with limited sun exposure.
3. Dietary Modifications: Promoting the intake of foods rich in Vitamin B12 and Vitamin D, such as dairy, eggs, fish, and fortified cereals.
4. Sun Exposure Guidelines: While taking into account cultural and religious customs that restrict sun exposure, encouraging safe sun exposure practices to boost endogenous Vitamin D synthesis

Conclusion

This study highlights a significant positive correlation between vitamin B12 and vitamin D levels among Jordanian patients referred to a major medical center. The findings emphasize the clinical importance of addressing concurrent deficiencies to reduce the risk of associated health complications.

To translate these findings into practice, policymakers and healthcare providers should consider implementing national screening programs for vitamin B12 and vitamin D deficiencies, particularly for high-risk populations. Additionally, educational campaigns promoting dietary sources rich in these vitamins, alongside fortification strategies, may help mitigate widespread insufficiencies. Future research should explore targeted interventions, including supplementation guidelines and lifestyle modifications, to enhance public health outcomes. Strengthening these efforts will be essential in reducing the burden of vitamin deficiencies and improving overall health in Jordan

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: The authors did not obtain any funding for this research.

Ethical statement: This study was approved by the Ethics Committee of the Royal Medical Services of the Jordan Armed Forces.

References:

1. Aaseth, J., Bråthen, G., & Hosseini, M. (2021). Nutrient interactions in the human body: A role for micronutrients in the prevention of chronic diseases. *Nutrients*, 13(1), 14. DOI:10.3390/nu13010014
2. Al-Daghri, N. M., Al-Awwad, M., & Aljohani, N. (2018). Vitamin D status in Saudi Arabia: Implications and guidelines for prevention. *Archives of Osteoporosis*, 13(1), 3. DOI:10.1007/s11657-018-0432-7
3. Al-Musharaf, S., Aljuraiban, G. S., Hussain, S. D., & Alnaami, A. M. (2020). Vitamin B12 deficiency and its association with dietary intake among young adults in Saudi Arabia. *Nutrients*, 12(9), 2815. DOI:10.3390/nu12092815
4. Allen, L. H., Miller, J. W., de Groot, L., Rosenberg, I. H., Smith, A. D., Refsum, H., et al. (2010). Biomarkers of Nutrition for Development (BOND): Vitamin B-12 review. *Journal of Nutrition*, 148(Suppl_4), 1995S--2027S.
5. Almoustafa, M. T., Taha, M. A., & Shihab, B. (2019). Vitamin D deficiency prevalence among Lebanese adolescents. *BMC Public Health*, 19(1), 1041. DOI:10.1186/s12889-019-7351-6
6. Ardawi, M. S., Sibiany, A. M., Bakhsh, T. M., Qari, M. H., & Maimani, A. A. (2012). High prevalence of vitamin D deficiency among healthy Saudi Arabian men: Relationship to bone mineral

- density, parathyroid hormone, bone turnover markers, and lifestyle factors. *Osteoporosis International*, 23, 675--686.
7. Cashman, K. D., Hill, T. R., Lucey, A. J., Taylor, N., Seamans, K. M., Muldowney, S., et al. (2008). Estimation of the dietary requirement for vitamin D in free-living adults ≥ 64 y of age. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88(6), 1535--1542. DOI:10.3945/ajcn.2008.26594
 8. El-Hajj Fuleihan, G., Nabulsi, M., Choucair, M., Salamoun, M., Hajj-Hassan, S., & Mahfoud, Z. (2001). Hypovitaminosis D in healthy schoolchildren. *Pediatrics*, 107(4).
 9. El Maghraoui, A., Rezqi, A., Mrahi, S., Sadni, S., & Ghozlani, I. (2020). Vitamin D deficiency and its association with bone mineral density in postmenopausal women in Morocco. *Osteoporosis International*, 31(5), 945-952. DOI:10.1007/s00198-019-05268-0
 10. El Sayed, N. A., El-Sayed, M. H., & El-Sayed, A. A. (2021). Prevalence of vitamin B12 deficiency among pregnant women in Egypt: A cross-sectional study. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 21(1), 123. DOI:10.1186/s12884-021-03611-2
 11. Forrest, K. Y. Z., & Stuhldreher, W. L. (2011). Prevalence and correlates of vitamin D deficiency in U.S. adults. *Nutrition Research*, 31(1), 48--54. DOI:10.1016/j.nutres.2010.12.001
 12. Gariballa, S., Yasin, J., Abluwi, G., & Al Essa, A. (2022). Vitamin D deficiency associations with metabolic, bone turnover and adverse general health markers in community free living adults. *BMC Endocrine Disorders*, 22.
 13. Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 357(3), 266--281.
 14. Hovsepian, S., Amini, M., Aminorroaya, A., Amini, P., & Iraj, B. (2011). Prevalence of vitamin D deficiency among adult population of Isfahan City, Iran. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 29(2), 149--155. DOI:10.3329/jhpn.v29i2.7857
 15. Hu, F. B., Pan, A., & Willett, W. C. (2021). Obesity and cardiovascular disease: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 143(12), e667-e683. DOI:10.1161/CIR.0000000000000758
 16. Hwalla, N., Al Dhaheri, A. S., Radwan, H., Alfawaz, H. A., Fouda, M. A., Al-Daghri, N. M., Zaghoul, S., & Blumberg, J. B. (2017). The Prevalence of Micronutrient Deficiencies and Inadequacies in the Middle East and Approaches to Interventions. *Nutrients*, 9(3), 229. DOI:10.3390/nu9030229
 17. Kestenbaum, B., Katz, R., de Boer, I., Hoofnagle, A., Sarnak, M. J., & Shlipak, M. G. (2010). Vitamin D, parathyroid hormone, and

- cardiovascular events among older adults. *Journal of the American College of Cardiology*, 56(20), 1703--1712.
18. Kim, J., Park, E., & Kim, Y. (2020). Vitamin B12 deficiency and its association with socio-economic status: Evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey. *Nutrients*, 12(4), 930. DOI:10.3390/nu12040930
 19. Lau, J., Cherny, S. S., & Morrison, C. (2022). Global patterns in vitamin B12 deficiency: A systematic review. *Global Epidemiology*, 4, 100059. DOI:10.1016/j.gep.2022.100059
 20. Li, D., Cao, S., Zhu, Y., Zhang, Q., & Meng, Q. (2012). Prevalence of vitamin B12 deficiency in patients with chronic gastritis. *BMC Gastroenterology*, 12(1), 38. DOI:10.1186/1471-230X-12-38
 21. Matias, C. N., Santos, D. A., Monteiro, C. P., Silva, A. M., Raposo, M. F., Martins, F., et al. (2010). Vitamin D status and its association with body fat distribution in older adults. *International Journal of Endocrinology*, 2010, 351867. DOI:10.1155/2010/351867
 22. Mithal, A., Wahl, D. A., Bonjour, J. P., Burckhardt, P., Dawson-Hughes, B., Eisman, J. A., et al. (2009). Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D. *Osteoporosis International*, 20(11), 1807--1826. DOI:10.1007/s00198-009-0954-6
 23. Mousa, L., Tawfeeq, M., & Mahmood, H. (2021). Vitamin D levels among Iranian populations: A systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Public Health*, 50(4), 731-738. DOI:10.18502/ijph.v50i4.5774
 24. Mullen, T., Schoenfeld, B. J., & Aragon, A. A. (2020). Dietary patterns and micronutrient deficiencies among older adults: A review of longitudinal studies. *The Journal of Nutrition*, 150(9), 2341-2351. DOI:10.1093/jn/nxaa194
 25. National Institutes of Health. (2021). Vitamin B12 [Internet]. Retrieved July 14, 2024, from <https://www.nih.gov/>
 26. Office of Dietary Supplements. (2022). Vitamin D [Internet]. Retrieved July 14, 2024, from <https://ods.od.nih.gov/>
 27. Pilz, S., Tomaschitz, A., Marz, W., & Drechsler, C. (2011). Vitamin D, cardiovascular disease, and mortality. *Clinical Endocrinology (Oxford)*, 75(5), 575--584.
 28. Qureshi, G., Khemissa, M., Amr, G., & Bhat, R. (2024). The Non-conventional Effects of Hypovitaminosis D: A Pandemic Even in Sunlight-Rich Countries. *NCBI*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11135140/>
 29. Rao, A., Mohan, S. K., & Kaur, G. (2021). Correlation between dietary intake of vitamin B12 and its deficiency -- A cross-sectional study in

- urban population. *Nutrition Journal*, 20(1), 14. DOI:10.1186/s12937-021-00698-1
30. Stabler, S. P. (2013). Vitamin B12 deficiency. *New England Journal of Medicine*, 368(2), 149--160.
31. Tucker, K. L., Rich, S., Rosenberg, I., Jacques, P., Dallal, G., Wilson, P. W., et al. (2000). Plasma vitamin B-12 concentrations relate to intake source in the Framingham Offspring Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(2), 514--522. DOI:10.1093/ajcn/71.2.514
32. Wang, X., Li, W., Zhang, Y., & Li, X. (2010a). Association of genetic polymorphisms in vitamin D metabolism-related genes with vitamin D level and osteoporosis in postmenopausal women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(12), 5645--5654. DOI:10.1210/jc.2010-0549
33. Wang, T. J., Zhang, F., Richards, J. B., Kestenbaum, B., van Meurs, J. B., Berry, D., et al. (2010b). Common genetic determinants of vitamin D insufficiency: A genome-wide association study. *Lancet*, 376(9736), 180--188. DOI:10.1016/S0140-6736(10)60588-0
34. Wang, Y., Zhang, Y., & Liu, H. (2020). Genetic polymorphisms affecting vitamin D metabolism: Implications for nutritional recommendations. *Nutrition Reviews*, 78(1), 49-65. DOI:10.1093/nutrit/nuz049
35. World Health Organization. (2019). Micronutrient deficiencies [Internet]. Retrieved July 14, 2024, from <https://www.who.int/health-topics/micronutrients>
36. Yajnik, C. S., Deshpande, S. S., Lubree, H. G., Naik, S. S., Bhat, D. S., Uradey, B. S., et al. (2006). Vitamin B12 deficiency and hyperhomocysteinemia in rural and urban Indians. *Journal of the Association of Physicians of India*, 54, 775--782.

Perceptions locales des feux de pâturage dans la région d'Ihorombe

Mahafety Silizany Clarisse

Doctorante à l'Ecole Doctorale de Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Madagascar

Dr. Saoly Cheban

Enseignant chercheur à l'IEST, Université de Toliara, Madagascar

Dr. Norodiny

Enseignant chercheur dans la Faculté des Sciences,
Université de Toliara, Madagascar

Pr. Félicité Rejo Fienena

Ecole Doctorale de Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p127](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p127)

Submitted: 14 November 2024

Accepted: 25 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mahafety S.C., Saoly C., Norodiny & Rejo Fienena F. (2025). *Perceptions locales des feux de pâturage dans la région d'Ihorombe*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 127. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p127>

Résumé

Dans la région d'Ihorombe, les feux pastoraux ou les feux de pâturage sont des incendies volontairement allumés par les éleveurs pour la régénération des pâturages. Si ces feux ne sont pas maîtrisés, ils provoquent des dégâts difficilement à gérer. Sur ce, cet article vise à étudier l'analyse de la perception des feux pastoraux dans la région d'Ihorombe. Cette région abrite des diverses populations des différentes ethnies de Madagascar dont le Bara est l'ethnie originaire et majoritaire, en général des éleveurs de zébus. La méthodologie adoptée lors de cette étude est des enquêtes effectuées à partir d'une fiche questionnaire au 120 personnes choisies de façon aléatoire au sein de certains villages de la région d'Ihorombe. Ainsi, les données obtenues ont été traitées à l'aide du logiciel XLSTAT. Les résultats d'analyse des perceptions locales ont permis de savoir que : parmi les 5 causes des feux de savanes, le feu de pâturage non maîtrisé est la première cause évoquée par la population ; le nombre des points des feux varie selon le nombre de bovidé,

c'est-à-dire qu'il y a une corrélation entre le nombre de cheptel avec l'existence et la quantité du nombre du point des feux dans cette région ; la pratique du feu de pâturage est une habitude inévitable chez l'ethnie Bara, et aussi la pratique de feu de pâturage y est un processus d'appropriation du terrain ; plus de 50% des personnes enquêtées acceptent l'importance de l'usage de feu sur le terrain de pâturage pour avoir une nouvelle pousse après la pluie. Ils ont perçu la nécessité de l'utilisation des feux pour l'amélioration du terrain pastoral ; l'*Heteropogon contortus* est la plante préférée par les zébus et celle bien développée après la répétition des feux. Alors, il y a une similarité entre la plante préférée et celle bien développée après la répétition des feux ; Cinq types d'inconvénients liés aux feux de pâturage sont identifiés selon la perception populaire. Parmi eux, la sécheresse et la rareté de la précipitation sont les plus fréquemment mentionnés, respectivement par 66% et 41% des personnes interrogés. De plus, la population associe ces phénomènes au changement climatique. Pour faire face aux feux de pâturage non maîtrisés, Sept stratégies d'adaptation ont été recensées, parmi lesquelles l'allumage contrôlé des feux en soirée vers 19 heures, ainsi que le recours à l'entraide pour maîtriser les incendies figurent parmi les plus courantes. Ces résultats mettent en évidence la vulnérabilité des communautés locales face aux feux de pâturage et soulignent l'importance d'une meilleure sensibilisation et de stratégie de prévention adapter pour limiter leurs impacts.

Mots-clés: Feux, Pâturage, Perceptions, Région, Ihorombe, Madagascar, Paysans

Local Perceptions of Pasture Fires in The Ihorombe Region, Madagascar Country

Mahafety Silizany Clarisse

Doctorante à l'Ecole Doctorale de Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Madagascar

Dr. Saoly Cheban

Enseignant chercheur à l'IEST, Université de Toliara, Madagascar

Dr. Norodiny

Enseignant chercheur dans la Faculté des Sciences,
Université de Toliara, Madagascar

Pr. Félicitée Rejo Fienena

Ecole Doctorale de Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Madagascar

Abstract

In the Ihorombe region, pastoral fires or grazing fires are intentionally set by livestock farmers to regenerate pastures. If these fires are not controlled, they cause damage that is difficult to manage. This article aims to analyze the perception of pastoral fires in the Ihorombe region. This region is home to various populations from different ethnic groups in Madagascar, with the Bara being the native ethnic group, generally known as zebu herders. The methodology adopted in this study was a survey using a questionnaire administered to 120 randomly selected individuals from various villages in the Ihorombe region. The data obtained were then processed using the XLSTAT software. The analysis of local perceptions revealed that: among the five causes of savanna fires, uncontrolled grazing fires are the primary cause mentioned by the population; the number of fire points varies according to the number of cattle, meaning there is a correlation between herd size and the existence and quantity of fire points in this region; the practice of grazing fires is an unavoidable habit among the Bara ethnic group, and it is also a process of land appropriation; more than 50% of respondents recognize the importance of using fire on grazing land to promote new growth after rainfall. They perceive the necessity of fire use for pasture improvement; *Heteropogon contortus* is the zebus' preferred plant and is also the one that thrives best after repeated fires. Thus, there is a similarity between the preferred plant and the one that develops best after repeated fires; five types of disadvantages of grazing fires were identified according to popular perception, with drought and reduced rainfall being cited by the majority (66% and 41% of respondents, respectively). The population also perceives climate change; seven types of adaptation strategies to combat uncontrolled grazing fires were identified, with

setting fires in the evening around 7 PM and calling for help to extinguish the fire being the most well-known among the local population.

Keywords: Fires, Grazing, Perceptions, Region, Ihorombe, Madagascar, Farmers

Introduction

La Région Ihorombe, comme la plupart des régions de Madagascar, a un écosystème riche, abritant une biodiversité floristique et faunistique importante. Mais elle subit diverses pressions qui affectent sur les ressources naturelles (Cream, 2013). Cette région connaît chaque année des incendies, avec des conséquences à la fois nuisibles et bénéfiques, en fonction de leur origine et leur étendue (Cream, 2013).

Plus précisément, ces incendies qui parcourent chaque année sur les savanes de cette région sont appelés le feu de brousse. Ce dernier est un incendie non maîtrisé causé par diverses causes dont le feu destiné à faire régénérer les pâturages est le plus répandu et très pratiqué dans la région (Cream, 2013), car l'ethnie Bara (majoritaire et originaire) de cette région est en général des pasteurs.

L'élevage de bovin est le symbole même de la Région d'Ihorombe. Il est non seulement l'activité centrale de la région, mais c'est une activité qui possède une dimension culturelle. L'élevage bovine est pratiqué par environ la moitié des exploitants agricoles et 70 % des éleveurs de la région, à raison de chaque éleveur de la région possède 20 à 30 têtes, en moyenne (Cream, 2013). Alors, pour avoir des herbes pour la nourriture de bétail est leur préoccupation. Par définition, les feux pastoraux ou les feux de pâturage sont des incendies volontairement allumés par les éleveurs pour la régénération des pâturages, essentielle à l'alimentation de leurs bovins ou pour la lutte contre les parasites épizootiques (Rakotonirina, 2020). Lorsque ces feux pastoraux ne sont pas maîtrisés, ils provoquent des dégradations des écosystèmes, une perte de biodiversité et des conflits liés à la gestion des ressources d'où des dégâts difficilement à gérer. La constatation de la continuité de cette pratique incite à traiter ce présent thème qui s'intitule : « la perception paysanne des feux de pâturage dans la région d'Ihorombe » afin de contribuer à la résolution relative à ces problèmes. Ainsi, la problématique centrale de cette étude peut être formulée comme suit : **Comment les populations de la région d'Ihorombe perçoivent-elles les feux de pâturage ?** Sur ce, l'étude vise à connaître les perceptions paysannes des feux pastoraux dans cette région.

Méthodologie

Site d'étude

La région d'Ihorombe se situe dans le centre sud de la Grande Ile. Elle est traversée par la Route Nationale n°7 et constituée par 3 districts : Ihosy, Iakora et Ivohibe avec 40 Communes. Cette région présente une particularité évidente compte tenu de sa position intermédiaire entre les Hautes Terres Centrales et la partie Sud de Madagascar, c'est à dire entre les latitudes 23°10' et 21°61' Sud et les longitudes 44°98' et 46°62' Est. L'ensemble de la région couvre une superficie de 26 930 Km² (Cream, 2013). En général, la formation végétale se conjugue avec le milieu naturel de la région. En effet, une grande partie de la région est couverte de savanes herbeuses avec, dans la partie orientale, une mosaïque de forêts denses et humides. La région abrite une population rurale constituée en majorité de Bara et d'Antaisaka et généralement très attachée aux mœurs et coutumes, cette région a une densité moyenne de 5,85 hab/km² (Cream,2013). Du point de vue climat, le climat de la région est uniforme avec une pluie moyenne annuelle variant entre 700 et 900 mm et une température moyenne de 20°C, à l'exception de la zone du plateau. La période sèche dure 5 mois, du mois d'avril au mois d'octobre. Ainsi, la période pluvieuse s'étale du mois de Novembre au mois de Mars, avec un creux de sécheresse d'un mois en Avril-Mai, causant alors un bouleversement du respect du calendrier culturel (Cream ,2013). La plus basse température (13°5'C) est enregistrée dans la partie nord de la région d'Ihorombe. Au fur et à mesure que l'on descend vers le sud, la température augmente progressivement et peut atteindre la valeur de 20°C. Le même phénomène apparaît également quand on évolue aussi bien vers l'ouest que vers l'Est avec des gradients thermiques respectivement de 9°C (de 16° à 25°C) et de 5°C (de 16° à 21°C) (One, 2007).

Méthodes

La présente étude combine l'approche quantitative et celle qualitative, compte tenu de la nature des informations recherchées. Les données ont été collectées au moyen d'entretiens semi-structurés, le focus group ainsi que l'utilisation des techniques de l'observation directe. Les entretiens semi-structurés ont été portés sur des questions d'ordre sociodémographiques (La commune, le village, nom du chef de ménage ou du répondant, l'ethnie, l'âge, le sexe, le niveau d'instruction, l'activité principale et l'activité secondaire) ; la perception des règlements régissant sur les feux de pâturage ; les causes des feux ; la perception de l'impact des feux de pâturage et les solutions proposées par la population relative au feu de pâturage.

L'utilisation des techniques d'observation directe a permis d'être en contact avec certains types de feux ; de voir comment sont transformés certains paysages, et de photographier des quelques feux rencontrés.

Divers matériels ont été utilisés pour réaliser cette étude, à savoir : carte pour l'observation des différents villages retenus pour faire les enquêtes, questionnaire d'enquête pour la collecte des données auprès des populations.

La zone d'enquête se trouve au sein des 3 districts de la région d'Ihorombe, et nombre des enquêtés est de 120 personnes. Des pasteurs, des agriculteurs, des enseignants, des jeunes, des notables ou vieux sages et des femmes ont été interviewées.

Toutes les différentes observations et entretiens avec les responsables au sein de la Direction des Forêts et de l'environnement ont été réalisés aussi pour avoir les informations au niveau de cette Direction tutelle.

Les données obtenues lors de cette enquête ont été traitées grâce à logiciel XLSTAT afin de les interpréter.

Résultats

Perception locale des causes des feux de brousse

L'analyse de l'Histogramme dans **la Figure 1** révèle cinq causes principales des feux de savane, dont la plus importante selon la perception populaire est le feu de pâturage non maîtrisé évoqué par 75 personnes soit 63 % des interviewés. Les éleveurs, enquête de nouvelle herbe pour leur bétail, pratiquent la mise à feu de savane dans l'espoir de stimuler la repousse après la pluie. En brûlant la végétation existante, ils favorisent l'apparition rapide des jeunes pousses des graminées, riches en protéines et attractive pour le bétail.

Lors de notre enquête, certains éleveurs ont défendu cette pratique en expliquant :

« Depuis longtemps, nos ancêtres ont utilisé le feu sur les zones de pâturage. Aujourd'hui encore, cela permet d'assurer la présence d'herbe pour nourrir le bétail. »

Selon eux, sans ces brûlis, les ressources alimentaires pour les troupeaux seraient insuffisantes.

Ainsi, à l'approche de la saison sèche la pratique du feu devient systématique.

Cependant, ces mises à feu sont souvent réalisées de manière clandestine, sans contrôle ni maîtrise qui entraîne la dégradation des paysages : la brousse devient nue et noircie.

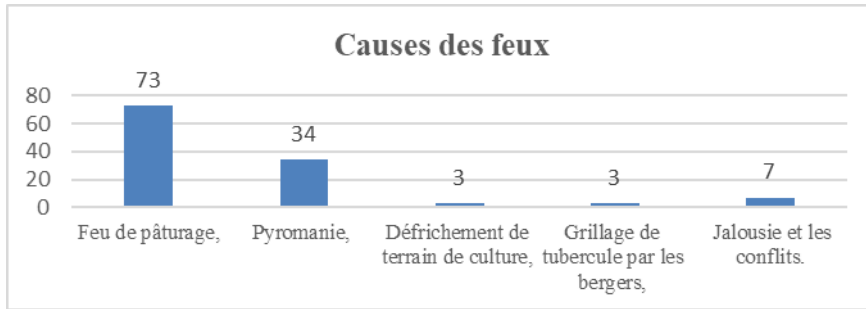


Figure 1 : Les causes des feux dans la zone d'étude (2023)

Corrélation entre le nombre des points des feux, l'effectif de bovidé et le groupe ethnique originaire

Il est important aussi de connaître s'il y a une corrélation entre ces trois paramètres, à savoir : le nombre des points de feu avec l'effectif de bovidé ainsi que le groupe ethnique originaire de chaque District.

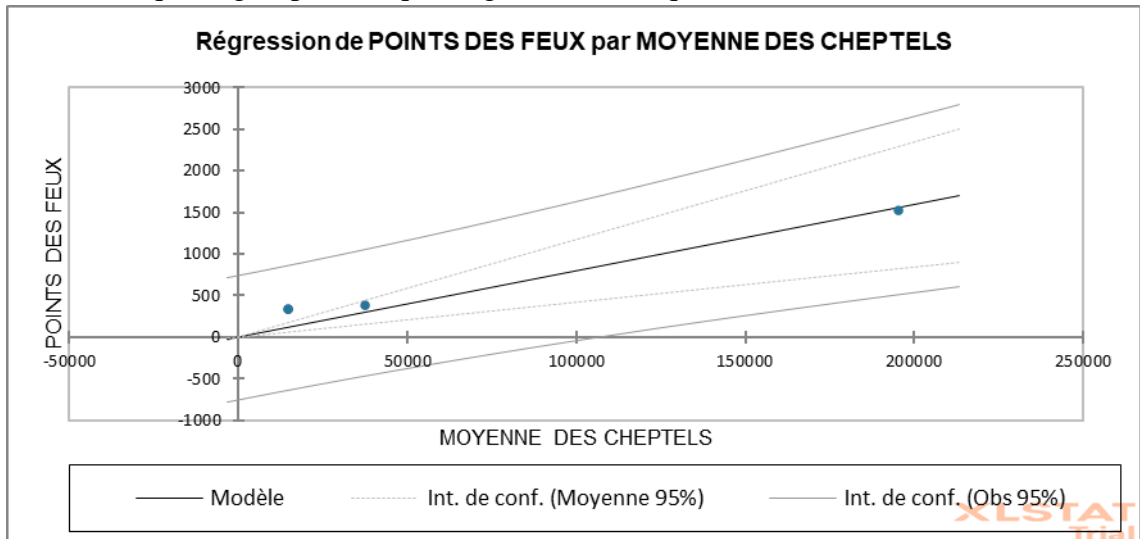


Figure 2 : La corrélation entre le nombre des points de feu avec l'effectif de cheptel dans la région Ihorombe (2024)

Selon le graphique précédent sur la Figure 2, le nombre des points des feux varie selon le nombre de bovidé. Plus précisément, plus le nombre de bovidé augmente, plus l'effectif des points des feux devient nombreux et vice-versa. Cette situation est constatée dans tous les 3 Districts de la région d'Ihorombe à savoir : Ihosy, Iakora et Ivohibe. Alors, il y a de corrélation entre le nombre de cheptel avec l'existence et la quantité du nombre du point des feux dans cette région.

Lors de l'analyse, deux paramètres ont été considérés dont le nombre des points de feu et l'effectif de bovidé.

Notons que le groupe ethnique originaire des trois districts constituant la région d'Ihorombe est l'ethnie Bara, ce qui ne permet pas de considérer le groupe ethnique lors de cette analyse.

La perception paysanne d'importance du feu de pâturage

D'après les résultats d'analyse effectuée sur la **figure 1**, le feu de pâturage est le premier rang sur les causes de feu et les feux existés en grande surface dans la région étudiée. Alors, il est nécessaire de réaliser l'étude approfondie sur ce type de feu dont l'analyse effectuée sur la **Figure 3** ci-dessous, à savoir : les perceptions paysannes sur l'importance de la mise en feux sur le terrain de pâturage, et la nécessité du passage des feux sur le terrain de pâturage ainsi que l'absence du passage de feu entrainant un bon terrain de pâturage ou non.

De ce fait, les résultats indiquent que plus de 50% des personnes enquêtées acceptent l'importance de l'usage de feu sur le terrain de pâturage pour avoir une nouvelle pousse après la pluie. Ils ont perçu la nécessité de l'utilisation des feux pour l'amélioration du terrain pastoral. D'après eux, s'il n'y a pas de passage de feux pendant une année, il n'y aura pas de nouvelle pousse pour leur bétail.

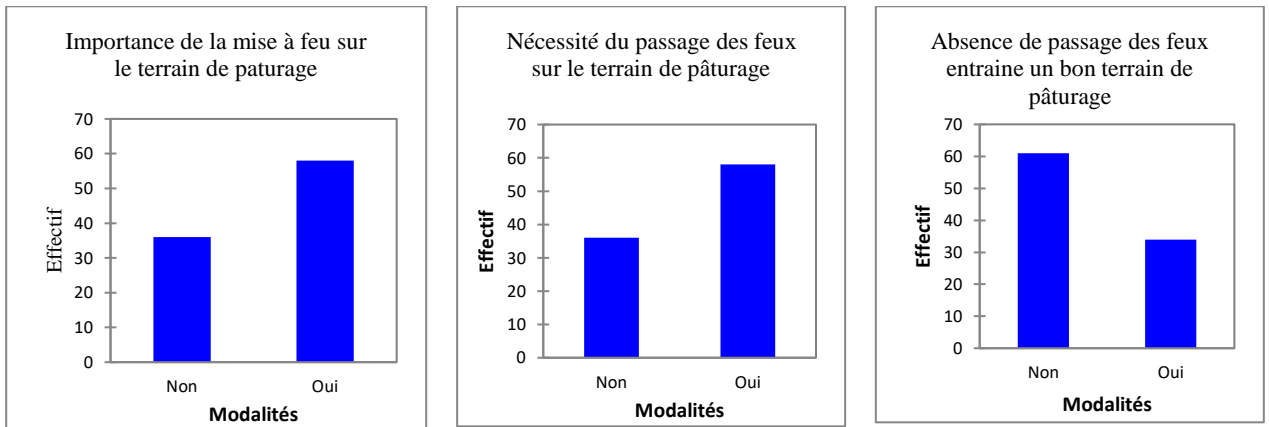


Figure 3 : La nécessité de la pratique des feux sur le terrain de pâturage (2023)

Perception paysanne des feux pastoraux chez l'ethnie Bara

La pratique du feu de pâturage est une habitude inévitable chez l'ethnie Bara ou l'ethnie originaire de la Région d'Ihorombe. Certains des interviewés déclarent que leurs ancêtres avaient effectué la mise à feu, suivi de leurs grands-parents et leurs parents. En trouvant cette méthode efficace pour des nombreuses raisons, ils ont continué à leur tour cette pratique. La plupart des cas, le milieu utilisé pour le lieu de pâturage est plus ou moins fixe de génération en génération chez le Bara, ce qui veut dire que l'usage de feu sur le même endroit est un moyen pour eux d'obtenir un terrain. Ainsi, la société

même accepte l'appropriation de la génération des ancêtres qui avaient pratiqué de mise à feu sur le même endroit. Leur expression en Malgache dit que « Tanin'omby ny ababenay » ou « le terrain de pâturage de nos ancêtres ». Alors, il se peut que la pratique de feu de pâturage fait parmi les processus d'appropriation du terrain chez le Bara selon la perception locale.

A côté de ceci, le Bara possède une gestion de leur pâturage en pratiquant les feux en diverses saisons et aux différents endroits. Premièrement, l'usage de feu lors de la saison encore humide ou feu précoce (Janvier au Mars) est pratiqué sur la bordure de forêt, là où les graminées sont encore vertes. Le but est d'améliorer l'alimentation par une repousse pendant la saison sèche. Le feu est encore contrôlable car les herbes ne sont pas entièrement sèches et n'atteignent pas de hauteur considérable. Certains villages allument des feux pendant cette période pour constituer un pare feu afin de protéger la forêt en saison sèche.

A part du feu précoce, il s'agit aussi le feu appelé feu tardif qui est la pratique de feu la plus courante lors de la saison sèche (Septembre au Novembre). Les pâturages brûlés sont exploités qu'une fois la saison des pluies entamées.

Dans ce cas, le troupeau peut rejoindre l'endroit incendié un mois après la mise à feu. Les zébus broutent sur les parcelles non incendiées en attendant la nouvelle repousse sur l'autre terrain. Au cours d'une année même, certaines parties ont été mises en jachère en prévision des aléas climatiques afin d'assurer l'alimentation des animaux.

Auparavant, ce feu tardif est pratiqué juste après la première pluie selon les Anciens, là où le sol est assez humide qui ne permet pas trop la propagation des feux. Mais le changement climatique modifie la période de pluie, ce qui change la nature du feu et perturbe le calendrier de la mise à feu. Ce feu devient quelques fois incontrôlable et pratiqué durant la période sèche sans pluie et engendre de dégâts écologiques, économiques et sociales. Alors, avec ces types de feu (feu précoce et feu tardif), les éleveurs arrivent à bien gérer le terrain de parcours grâce à une rotation de la pratique de feu. Mais le Bara utilise la forêt intacte comme un lieu de pâturage, un lieu où ils peuvent aussi garder les zébus contre le voleur. De ce fait, le Bara est parmi la meilleure ethnie qui protège la forêt.

Perception paysanne des plantes préférées par les zébus et bien développées après répétition des feux

Selon la **Figure 4**, les personnes enquêtées ont identifié trois espèces des plantes présentes sur les terrains de pâturage. Parmi elles, la plante appelée Ahidambo, scientifiquement nommé *Heteropogon contortus*, est particulièrement appréciée par les zébus. D'après les gens interrogés, cette plante se développe largement après la répétition des feux de brousse, ce qui

explique une forte ressemblance entre la végétation préférée par le bétail et celle favorisée par les incendies. En effet, 90 des paysans interrogés soit 75% ont confirmé que cette plante soit la préférée par les zébus et 95 des personnes enquêtés soit 79 % ont noté qu'elle est celle bien développée après la répétition des feux (**Figure 4**). L'*Heteropogon contortus* est une herbe qui, en saison sèche devient dur et impropre à la consommation du bétail. Cependant, une fois brûlée, elle repousse et redevient une source de nourriture prisé par le troupeau après la pluie. De plus, à l'état sec, cette plante constitue un combustible favorisant la propagation des feux de brousse. Dans la région d'Ihorombe où les vastes savanes sont dominées par l'*Heteropogon contortus*, cette situation présente une opportunité pour les éleveurs. En effet, ils utilisent ce terrain comme pâturage en déclenchant les feux pour régénérer la plante et assurer ainsi une alimentation abondante pour leur bétail. Cette pratique, devenu une tradition transmise de génération en génération, façonne le mode de gestion de pâturage de cette région.

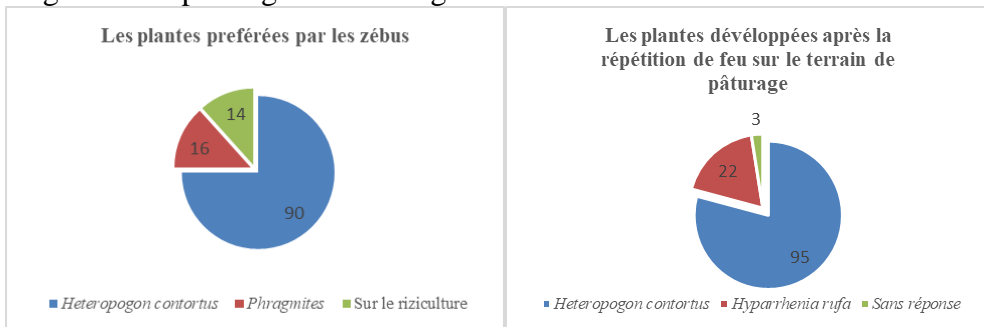


Figure 4 : Les plantes préférées de Zébus et développées après la répétition de feu (2023)



Figure 5 : Les troupeaux sur le terrain de pâturage (2023)

La perception paysanne des impacts de l'usage des feux pastoraux

Dans la Région d'Ihorombe, la population locale enquêtée constate les impacts de l'usage des feux pastoraux non maîtrisés.

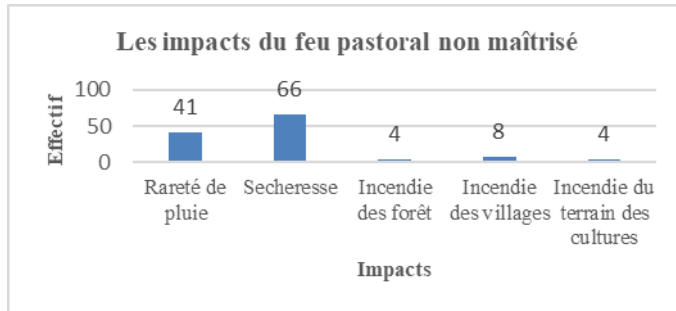


Figure 6 : Les conséquences du feu de pâturage non contrôlé (2024)

Alors, le feu de pâturage non maîtrisé devient des feux courants ou feux de brousse. Ce dernier engendre 5 types d'inconvénients selon la perception populaire indiquée sur la **Figure 6**. Sur ce, la sécheresse et la rareté de pluie sont évoquées par la majorité respectivement 66 personnes soit 55% et 41 soit 34% des personnes enquêtés. Alors, la population a perçu le changement climatique.

La région d'Ihorombe est parmi les régions qui sont infectées par la sécheresse selon l'enquête. Par conséquent, le brousse devient sec, donc les paysans constatent l'insuffisance de la nourriture pour leurs zébus. C'est parmi la raison qui favorise les feux de brousse dans cette région.

Stratégies d'adaptation du feu de pâturage non maîtrisé par la population

Diverses stratégies d'adaptation mentionnées dans le **tableau 1** ont été pratiquées par la population pour lutter contre le feu de pâturage non maîtrisé.

Tableau 1 : Stratégie d'adaptation locale des feux

STRATEGIES D'ADAPTATION	Région Ihorombe
Appel à l'aide pour éteindre le feu avec des branchages d'arbre, de l'eau et du sable	29 %
Faire de pare-feu tout autour des parcelles de pâturage avant d'y brûler en utilisant des feux contrôlés	10 %
Faire des feux précoces dans la soirée tout en surveillant	12 %
Faire des feux croisés pour éteindre les feux qui s'amènent	2 %
Mettre les feux dans le sens contraire du vent	6 %
Mettre les feux dans la soirée vers 19h	34 %
Faire des allumages progressifs	8 %

Il s'agit 7 sortes de stratégie d'adaptation locale des feux de pâturage selon le tableau 1, mais la pratique des feux dans la soirée vers 19h est la plus connu par les personnes interviewées, car ce feu brûle moins et ne crée pas de dommage, suivi de l'appel à l'aide pour éteindre le feu avec des banchages d'arbre, de l'eau et du sable. Autrement dit, les stratégies d'adaptaion par la population sont de la lutte preventive et la lutte active.

Discussion

Selon les paysans, Cinq causes de feu sont identifiées, elles sont moins nombreuses par rapport aux causes de feux évoqués dans le résultat de Hanitriniaina (2017), elle a trouvé quatorze causes des feux (Maintenance des pâturages, Contrôle des parasites, Surveillance du troupeau, Préparation des parcelles, Mouvements de terrain, Nettoyage des infrastructures d'irrigation, Prévention et contrôle par des feux précoces dans la saison sèche, Ravageurs, Gestion du bois et de l'énergie, Déplacements, Nettoyage du sol, Cérémonies, Criminel, Politique).

Selon la perception locale, le feu de pâturage non maîtrisé constitue la principale cause de feux de brousse dans la Région d'Ihorombe, à Madagascar, parmi ces cinq causes identifiées. Ce constat rejoint celui de Hanitriniaina (2017) dans la Région Sofia où le feu de pâturage figure également parmi les causes les plus répandues des incendies de brousse, les plus importants en termes de surface affectée, d'environ 90 à 97% de la surface brûlée annuellement. Ainsi, une attention particulière devrait être portée aux familles propriétaires de zones de pâturages afin de les responsabiliser quant à la prévention des feux. Un recensement de ces familles pourrait constituer la première étape vers une meilleure gestion de ces pratiques.

A l'inverse, dans d'autres régions du monde, les causes des feux de brousse diffèrent. Par exemple, en Californie en 2008, la foudre a été responsable de 332 feux de forêt, ravageant 191 294 Hectares de terres. Ce contraste souligne l'importance d'adapter les stratégies de prévention aux spécificités locales (Nicolas M., 2013).

Dans la région d'Ihorombe, où l'ethnie Bara est majoritaire, les résultats révèlent une corrélation entre le nombre des points des feux et l'effectif des zébus. Plus précisément, l'augmentation du nombre de zébu s'accompagnent d'une hausse significative de départ de feu. Il est probable que les pasteurs, en quête de pâturages renouvelés, soient à l'origine de ces incendies, qui dégénèrent ensuite en feux de brousse incontrôlés.

Le feu de pâturage chez les Bara est une pratique ancienne, solidement ancrée dans les traditions. Les personnes interviewées ont confirmé que cette coutume se transmet de génération de génération. Ce constat est en accord avec les travaux de Nomenjanahary, (2016) qui a montré que l'usage du feu fait parti intégrante des pratiques agricoles de Bara. Les interlocuteurs de cette étude en unanimité déclaré que leurs parents et grands-parents utilisaient déjà le feu dans leurs activités champêtres et qu'ils perpétuent aujourd'hui cette tradition.

Les résultats indiquent l'existence de deux types de feu de pâturage chez le Bara : le feu précoce et le feu tardif. Cependant, selon Eulalie (2005), Il existe en réalité trois types de feux pastoraux : feu précoce, le feu intermédiaire et le feu tardif. La maîtrise de ces trois types de feu permet aux

éleveurs Bara de gérer efficacement leurs terrains de pâturage, tant dans le temps que dans l'espace. Toutefois, les changements climatiques récents perturbent ce calendrier traditionnel de mise à feu, compliquant la gestion des pâturages et augmentant les risques des feux incontrôlés.

Le feu de pâturage devient catastrophique lorsque celui-ci n'est pas maîtrisé ou lorsque les utilisateurs ne respectent pas les consignes émises par les responsables de la Direction des Forêts. Bien que ce type de feu pastoral soit autorisé par la loi, il est soumis à des conditions stricts : le respect de la saison appropriée, l'adaptation de la superficie brûlée au nombre des zébus, ainsi que la mise en place des pare-feux. Les éleveurs concernés doivent adresser une demande manuscrite à la Direction des forêts pour obtenir l'autorisation. Cependant, dans cette région, les pasteurs ont refusé de suivre cette procédure, en dépit des recommandations des cantonnements forestiers. Aucune demande n'a été enregistrée l'année dernière, alors même que des feux ont été allumés pour assurer le pâturage.

D'après les personnes interrogées, la période de mise à feu se déroule durant la saison sèche de Septembre en Novembre. Pourtant, l'*Arrêté N°058 du 07 janvier 1961* stipule que l'autorisation spéciale pour le feu de pâturage dans la région d'Ihorombe, comme dans tout Madagascar ne sont valables qu'après la première pluie, entre Janvier et Mars. Cette contradiction entre la période légale et le pratique des paysans entraîne la poursuite des brûlis en dehors de la période des délais autorisés, les populations locales suivant les traditions qui privilégient la saison sèche pour ces activités.

Historiquement, les Bara géraient de manière autonome les parcours de leurs zébus. Cependant, l'expansion de l'élevage bovin à d'autres ethnies et aux agriculteurs a conduit à la manipulation des feux de pâturage non maîtrisés. Cette situation engendre des conséquences néfastes sur les plans environnemental, social et économique.

Dans la région d'Ihorombe, comme dans certaines zones de Madagascar, le feu de pâturage constitue l'un des fondements du processus d'appropriation des terres selon la perception paysanne. Les droits fonciers sur les espaces pastoraux restent majoritairement traditionnels sur l'île, la gestion de terre revenant soit en individu, soit à la communauté qui les utilise pour le pâturage de son bétail. Cette insécurité foncière contribue à la persistance de l'exploitation extensive des espaces des savanes. Ce constat rejoint de celui de Pascal et al., (2013) qui ont souligné que brûler des espaces entiers pour fonder un tertre, un foyer, ou pour valoriser un espace forestier ou horticole fait parti intégrante de l'organisation de l'espace et de Société Kanak. Ainsi, le feu devient un élément central de processus d'appropriation de l'espace, constituant un préalable essentiel à l'établissement de tout ordre social.

Les paysans ont indiqué que les savanes d'Ahidambo sont particulièrement adaptés au pâturage extensif de bovin.

Ce résultat concorde avec celui de Rakotonirina, (2020) qui a montré que les éleveurs recourent au feu pour favoriser la génération de tapis herbacé, notamment *Heteropogon contortus*, qui représente un excellent fourrage pour le bétail, contribuant ainsi à l'amélioration de pâturage. Hanitriniaina, (2017) a démontré que non seulement que la savane herbeuse dominé par *Heteropogon contortus* constitue un combustible inflammable n'est que d'autre type de savane, caractérisé par la dominance d'espèce comme *Aristida spp*, et *Hyparrhenia rufa* ... présente également cette vulnérabilité.

Mais, Rakotoarimanana (2008) a indiqué que la savane à *Heteropogon contortus* est de faible qualité fourragère du moins au début de la floraison et de la fructification.

La majorité des paysans interrogés considèrent la mise à feu comme utile et nécessaire, car elle favorise le renouvellement du tapis herbacé, le constat rejoint la recherche de Muver et al. (2003), qui a montré que les feux de savane permettent de faire germer certaines semences en dormance, tandis que le cendre enrichisse le sol en nutriment réduise son acidité, améliore la minéralisation, et stimule les microorganismes responsables de la décomposition.

Cependant, les paysans ont également évoqué les impacts négatifs de cette pratique tels que la sécheresse et la rareté des pluies, qui posent des problèmes pour la pâturage et l'agriculture. Mais Hanitriniaina (2017) a prononcé des autres conséquences des feux à savoir : le réchauffement climatique, les pertes en vies humaines, détruit la litière protectrice du sol, la pollution de l'air, la désertification et la perte de biodiversité.

Selon l'enquête, les stratégies d'adaptation pour lutter contre les feux de pâturage non maîtrisé inclue l'allumage contrôlé des feux en soirée vers 19 heure, ainsi que la mobilisation communautaire pour contenir les flammes en cas de besoin.

Conclusion

L'analyse des perceptions locales des feux de pâturage dans la région d'Ihorombe a mis en évidence que ces feux constituent la principale cause des incendies de savane non maîtrisé. Cette étude a également révélé une corrélation entre le nombre des foyers d'incendie et l'effectif du cheptel.

La population locale considère que l'utilisation du feu sur le pâturage est indispensable et perçoit cette pratique comme une habitude inévitable. Chez l'ethnie Bara, originaire de cette région, le feu de pâturage est bien plus qu'un simple outil : il représente un véritable processus d'appropriation du territoire.

Cette recherche a aussi permis de mieux comprendre la perception paysanne de la végétation : une plante spécifique est particulièrement appréciée du bétail et se régénère facilement après les incendies répétés. Par

ailleurs, les stratégies paysannes d'adaptation et de lutte contre les feux non maîtrisés ont été largement évoquées par les habitants lors des enquêtes.

Ainsi, cet article apporte un éclairage essentiel sur la perception locale de feux de pâturage dans la région d'Ihorombe.

En somme, l'immensité des savanes de cette région offre aux éleveurs la possibilité de recourir aux feux pour assurer la nourriture de leurs zébus. Chez l'ethnie Bara, l'élevage bovin et l'usage du feu sont étroitement liés.

Recommandations

- Demander l'autorisation auprès de responsables locaux des forêts et de l'environnement avant toute utilisation de feu pour l'élevage ;
- Respecter les réglementations et les conseils donnés par les responsables des forêts et de l'environnement ;
- Respecter les instructions techniques fournies par les responsables des forêts et de l'environnement pour maîtriser le feu et éviter des dégâts ;
- Participer à l'extinction de feux d'origine inconnue ou non maîtrisés ;
- Nécessite de changement de la mentalité et du comportement ;
- Appliquer les nouvelles techniques agricoles (aménagement des plaines et des rizières, amélioration des semences et de la culture de pâturage, utilisation de foyers modernes pour l'utilisation du feu par les fabricants de charbon de bois, ...).
- **Sensibilisation communautaire** : Organiser des ateliers et des sessions d'information pour éduquer les éleveurs sur les impacts des feux non maîtrisés et l'importance de la réglementation.
- **Formation sur les pratiques durables** : Offrir des formations sur des méthodes alternatives de gestion des pâturages, comme la rotation des pâturages et la culture de plantes fourragères adaptées.
- **Mise en place de zones de protection** : Créer des zones tampons autour des forêts et des pâturages sensibles pour réduire le risque de propagation des feux.
- **Collaboration inter-ethnique** : Encourager le dialogue et la collaboration entre les différentes ethnies pour partager des pratiques de gestion durables et améliorer la compréhension mutuelle des enjeux liés aux feux de pâturage.
- **Suivi et évaluation** : Établir un système de suivi pour évaluer l'efficacité des mesures mises en place et ajuster les stratégies en fonction des résultats.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Cream, (2013). Monographie d'Ihorombe.
2. Eulalie (2004). Gestion des feux dans la zone de Sakaraha pour l'obtention de Maîtrise en Géographie, Université de Toliara.
3. Fitzgerald, R. (2010). Rapport sur le suivi des points de feu détectés par les satellites, situation dans les régions d'intervention du PGM-E / GTZ entre 2002 et 2009.
4. Hanitriniaina, T. (2017). Analyse de la mise en œuvre des stratégies de lutte contre les feux à Madagascar : Cas de la Région Sofia.
5. Nicolas M, (2013). Régimes des feux et dynamique forestière post-feu de part et d'autre de la limite nordique des forêts commerciales au Québec thèse présentée comme exigence partielle du doctorat en sciences de l'environnement ;
6. Office National pour Environnement (2007). Tableau de Bord Environnemental.
7. Olivier L, (1999). Dynamique de la mise en culture des savanes dans la région du Sud-ouest de Madagascar : le village d'Ampasikibo
8. Pascal, D. (2013). Le risque de feux de brousse sur la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie : l'Homme responsable, mais pas coupable. Revue Géographique de l'Est vol. 53 / 1-2 Gestion du risque et sécurité civile.
9. Rakotonirina, N. (2020). Perception des feux de brousse dans le District d'Ankazoabo, Région Atsimo Andrefana pour l'obtention de Diplôme d'Etude Approfondie (D.E.A), Université de Toliara.
10. Rakotoarimanana (2008), Effets à court terme du feu et du pâturage sur la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar

Influence des Doses de Roche Phosphatée et/ou de Superphosphate Triple sur les Rendements du Riz de Bas-Fonds Affectés par l'Acidité dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire

Kouassi Pla Adou

Konan-Kan Hippolith Kouadio

Affi Jeanne Bongoua-Devisme

Laboratoire de Pédologie, UFR Sciences de la Terre et des Ressources
Minières. Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Franck Michaël Lemonou Bahan

Centre National de Recherche Agronomique-CNRA
Station de Recherche de Man / Programme riz /Man, Côte d'Ivoire

Anselme Kan Louis Koko

Office Chérifiens des Phosphates (OCP) Africa, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p143](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p143)

Submitted: 23 September 2024

Accepted: 19 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Adou K.P., Kouadio K.K.H., Bongoua-Devisme A.J., Bahan F.M.L. & Koko A.K.L. (2025). *Influence des Doses de Roche Phosphatée et/ou de Superphosphate Triple sur les Rendements du Riz de Bas-Fonds Affectés par l'Acidité dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 143. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p143>

Résumé

Les sols des zones tropicales subissent une baisse de productivité en partie due à leur acidification. La conséquence en est une fixation du phosphore dans le sol non disponible pour la plante. Pour remédier durablement à cette contrainte, l'utilisation de roche phosphatée naturelle d'amendements a été entreprise pour aboutir à une solution viable et durable. Ainsi, différentes formulations d'amendements phosphatés ont été développées, combinant la roche phosphatée (RP) et/ou le SuperPhosphate Triple (SPT). Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact de ces formulations sur le rendement du riz dans des bas-fonds acides de la région Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Huit (8) formulations d'amendements, composées de RP et de SPT, ont été testées sur cinq parcelles durant trois

années de culture consécutives, chaque parcelle étant considérée comme une répétition. Les résultats ont montré que l'application d'amendements phosphatés a significativement amélioré les rendements en grains et en paille de riz (de 4,28 à 7,62 t/ha) comparativement aux parcelles non amendées (de 2,51 à 3,38 t/ha). Les traitements avec plus de 60% de RP ont donné les meilleurs résultats (de 5,61 à 7,62 t/ha), et en particulier la formulation 40% RP + 60% SPT (T4) s'est révélée la plus efficace, indépendamment des composantes de rendement. L'utilisation de la RP se révèle être une stratégie agronomique viable et durable pour améliorer la productivité des systèmes rizicoles, tout en minimisant les pertes de phosphore et en assurant une fertilité à long terme.

Mots-clés: Amendement phosphaté, Indice de récolte, Riz, Rendement en grain et paille, Côte d'Ivoire

Influence of Phosphate Rock and/or Triple Superphosphate Doses on Lowland Rice Yields Affected by Acidity in the Central-West Region of Côte d'Ivoire

Kouassi Pla Adou

Konan-Kan Hippolith Kouadio

Affi Jeanne Bongoua-Devisme

Laboratoire de Pédologie, UFR Sciences de la Terre et des Ressources
Minières. Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Franck Michaël Lemonou Bahan

Centre National de Recherche Agronomique-CNRA
Station de Recherche de Man / Programme riz /Man, Côte d'Ivoire

Anselme Kan Louis Koko

Office Chérifiens des Phosphates (OCP) Africa, Côte d'Ivoire

Abstract

Soils in tropical zones are experiencing a decline in productivity, partly due to acidification. This leads to phosphorus fixation in the soil, making it unavailable to plants. To address this constraint in the long term, the use of natural phosphate rock as a soil amendment has been explored to provide a viable and sustainable solution. Various phosphate amendment formulations have been developed, combining phosphate rock (PR) and/or triple superphosphate (TSP). This paper focuses on evaluating the impact of these formulations on rice yields in acidic lowland soils in the Central-West region of Côte d'Ivoire. Eight (8) amendment formulations, composed of PR and TSP,

were tested on five plots over three consecutive growing seasons, with each plot considered a replicate. The results showed that the application of phosphate amendments significantly improved rice grain and straw yields (ranging from 4.28 to 7.62 t/ha) compared to unamended plots (ranging from 2.51 to 3.38 t/ha). Treatments containing more than 60% RP produced the best results (ranging from 5.61 to 7.62 t/ha), with the 40% RP + 60% TSP (T4) formulation proving to be the most effective, regardless of yield components. The use of PR appears to be a viable and sustainable agronomic strategy for improving the productivity of rice-growing systems while minimizing phosphorus losses and ensuring long-term soil fertility.

Keywords: Phosphate amendment, Harvest index, Rice, Grain and straw yield, Côte d'Ivoire

Introduction

Le riz (*Oryza* sp.) est la deuxième céréale la plus cultivée au monde après le blé, représentant 20 % de la consommation mondiale de céréales (FAO, 2016). Il constitue l'aliment de base pour plus de la moitié de la population mondiale, avec près de 50 millions de consommateurs en Afrique (ONDR, 2012 ; Seck et al., 2013). Bien que la production de riz soit principalement concentrée en Asie (ROPPA, 2005 ; AgriAlerte, 2008 ; Ngaresseum, 2010), la Côte d'Ivoire, malgré ses ressources naturelles favorables, demeure un importateur net de riz. Cette situation paradoxale s'explique principalement par la priorisation historique des cultures de rente, telles que le cacao, le café et l'hévéa, au détriment des cultures vivrières, dont le riz fait partie. En outre, cette situation est exacerbée par une urbanisation rapide, une démographie en forte croissance et une consommation annuelle de riz estimée à 58 kg par habitant (MINAGRI, 2009 ; Bagal & Vittori, 2010 ; FIRCA, 2011 ; ONDR, 2012). Cependant, l'autosuffisance en riz peut être atteinte en valorisant les bas-fonds acides.

Dans ces zones de bas-fonds acides, la disponibilité des nutriments essentiels, notamment le phosphore, est limitée en raison de sa fixation par certains cations métalliques tels que le fer, l'aluminium et le manganèse (Haynes & Mokolobate, 2001 ; Graham et al., 2005). Cette carence en phosphore provoque une diminution des rendements et une réduction du nombre et de la taille des grains de riz (Kotchi et al., 2010).

Pour pallier cette contrainte, l'utilisation raisonnée d'engrais phosphatés solubles permet d'améliorer les rendements et de corriger l'acidité ainsi que la fertilité des sols (Koné et al., 2010a, 2010b). Toutefois, Abbasi et al. (2015) ont montré que seulement 1 % du phosphore provenant des engrais phosphatés appliqués est absorbé par les plantes en raison de sa complexation avec les cations métalliques (Al^{3+} , Fe^{3+} , et autres) présents dans le sol. De plus,

l'utilisation d'engrais chimiques solubles comme le SuperPhosphate Triple (SPT) reste coûteuse pour les petits exploitants agricoles en Afrique.

C'est dans ce contexte que des amendements phosphatés, associant diverses doses de roche phosphatée du Maroc et d'engrais phosphatés solubles tels que le SuperPhosphate Triple (SPT) ont été testés en riziculture irriguée sur des sols de bas fonds acides. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'impact de ces différentes formulations d'amendements phosphatés sur les rendements du riz dans les sols de bas-fonds acides au cours de trois cycles de culture consécutifs. Il s'agit, à terme, de déterminer les doses optimales de roche phosphatée du Maroc (RPM) et de superphosphate triple (SPT) à appliquer en complément de la fertilisation recommandée pour la riziculture.

Matériel et Méthodes

Description de la zone d'étude et Echantillonnage

L'étude a été réalisée dans la région du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, précisément à Gagnoa (6°07'54''N, 5°57'02''O). Cette zone bénéficie d'un climat tropical caractérisé par une alternance de saisons sèches et humides, favorable à une diversité d'activités agricoles. Les sols de cette région sont majoritairement classés en Ferralsols (Bongoua-Devisme et al., 2024), typiques des régions tropicales, reconnus pour leur structure stable mais généralement pauvres en nutriments, nécessitant une gestion spécifique pour optimiser la fertilité et la productivité agricole. Cinq parcelles rizicoles de bas-fond où des problèmes d'acidité ont été constatés à Gagnoa au Centre de la Côte d'Ivoire (Figure 1), à la suite d'analyses pédologiques effectuées dans le cadre de la surveillance de la fertilité des sols, ont été sélectionnées pour l'étude. Ces analyses ont révélé un pH bas, entraînant une réduction de la disponibilité des nutriments, en particulier du phosphore, et affectant ainsi la croissance et le rendement des plantes dont le riz.

Il s'agit de la station de CNRA de Gagnoa (06°08'2.0''N, 05°53'49.5''W), des villages de Zapata 1 (06°06'10.8''N, 05°56'6.4''W) et de Zapata 3 (06°06'20.8''N, 05°56'34.6''W), et de Lalane (06°04'55.0''N, 05°55'20.0''W), et puis du campement Zoro (06°05'13.2''N, 05°55'8.6''W), en considérant chaque parcelle comme une répétition.

Des échantillons de sols ont été prélevés à la tarière à une profondeur de 0-20 cm sur chaque parcelle suivant les diagonales et mélangés pour obtenir un échantillon composite par parcelle. L'échantillon composite obtenu a ensuite été tamisé à 2 mm et séché à l'air libre pour la caractérisation physico-chimique avant la mise en place de l'expérimentation.

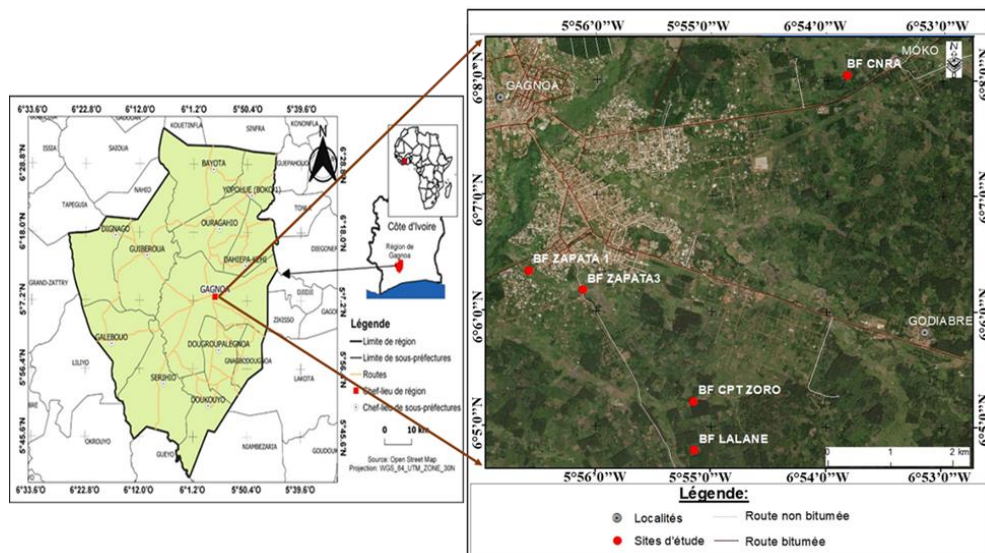


Figure 1. Carte de localisation de la région de Gagnoa et des sites d'étude

Matériel végétal

La variété de riz WITA 9, utilisée dans cette étude, a été fournie par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Man. Elle a un cycle de 120 jours, un rendement moyen de 6 t.ha^{-1} , avec un rendement potentiel de 10 t.ha^{-1} . Les caractéristiques de la variété WITA 9 sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques de la variété de riz WITA 9

Paramètres	
Hauteur (cm)	92 cm
Talles/m ²	205
Délai 50 % floraison (jour)	80 à 85
Rendement moyen	6 t.ha^{-1}
Rendement potentiel	10 t.ha^{-1}
Forme des grains	3,5
Toxicité ferreuse	Sensible
Poids 1000 grains	23,6 g
Parents génétiques	IR 2042-178-1 × CT 19

Matériel fertilisant

La roche phosphatée (RP) utilisée provient du Maroc et a été fournie par l'OCP-Africa (Office Chérifien des Phosphates). Sa composition chimique est donnée dans le Tableau 2. Le TSP a été fourni également par l'OCP-Africa et contient 30% de P_2O_5 . Le NPK 15/15/15 et l'Urée 46% N ont été achetés sur le marché local et apportés respectivement à la dose de 200 kg.ha^{-1} comme fumure de fond et de 100 kg ha^{-1} comme fumure d'entretien dans chaque parcelle.

Tableau 2. Composition chimique de la roche phosphatée du Maroc (RP)

Eléments chimiques	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	F ₂ O	H ₂ O	SiO ₂
Teneur (%)	30	6,44	1,29	49,54	1,16	0,2	0,41	2,21	2,13	6,64

Conduite des essais

L'expérimentation a été réalisée dans les cinq parcelles différentes de 200 m² de surface utile subdivisées en huit (8) microparcelles de 25 m² où chaque microparcelle représente un traitement. Le dispositif utilisé a été des blocs complètement randomisés avec trois répétitions.

Six (6) amendements phosphatés différents, résultant de la combinaison de roche phosphatée (RP) et de superphosphate triple (TSP), ont été apportés à la dose totale de 90 kg P₂O₅. ha⁻¹ soit 300 kg.ha⁻¹ de TSP et/ou RP avant la transplantation des plants en bas-fond, uniquement au début du premier cycle .

Il s'agit des combinaisons 100% RP et 0% TSP (T1) ; 90% RP et 10% TSP (T2); 80% RP et 20% TSP (T3), 40% RP et 60% TSP (T4); 20% RP et 80% TSP (T5) ; 0% RP et 100% TSP (T6) (Tableau 3). A ces combinaisons s'ajoutent le témoin absolu (témoin blanc : T0a) et le témoin de référence (pratique paysanne :T0, NPK + Urée). Au total, l'essai comporte huit traitements 100% RP et 0% TSP (T1) ; 90% RP et 10% TSP (T2); 80% RP et 20% TSP (T3), 40% RP et 60%TSP (T4); 20% RP et 80% TSP (T5) ; 0% RP et 100% TSP (T6) ; Témoin sans engrais (T0a) et la pratique paysanne (T0, NPK). Le NPK 15-15-15 et l'Urée à 46% N ont été apportés en raison de 200 kg.ha⁻¹ et 100 kg.ha⁻¹, comme fumure de fond et fumure d'entretien respectivement pour chaque micro-parcelle sauf pour le témoin absolu.

Les plants ont été repiqués après 21 jours de pépinière dans les microparcelles, à raison d'un plant par poquet. Après la levée des plants de riz, un démariage a été effectué en ne conservant qu'un plant par poquet avant le tallage. L'urée à 46 % N a été appliquée à une dose de 100 kg ha⁻¹, répartie en deux apports : 50 kg ha⁻¹ au tallage et 50 kg ha⁻¹ à la montaison. Afin d'éviter la compétition entre le riz et les adventices, des désherbages manuels ont été réalisés selon les besoins. Aucun traitement insecticide ni fongicide n'a été utilisé sur les parcelles.

Tableau 3. Composition des traitements et doses d'éléments fertilisants appliquées. RP = roche phosphatée; TSP = triple superphosphate ; Engrais NPK = 15-15-15 ; Urée = 46% N ; N = azote ; P = phosphore ; K = potassium

Traitements	Doses d'engrais apportées (kg.ha ⁻¹)				Quantité totale de fertilisant	Quantité d'éléments fertilisants apportés (kg.ha ⁻¹) par les différents traitements		
	RP	TSP	NPK	Urée		N	P	K
T0a	0	0	0	0	0	0	0	0
T0	0	0	200	100	200 NPK + 100 Urée	76	13,2	24,9
T1	300	0	200	100	300 RP + 200 NPK + 100 Urée	76	52,8	24,9
T2	270	30	200	100	270 RP + 30 TSP + 200 NPK + 100 Urée	76	52,8	24,9
T3	240	60	200	100	240 RP + 60 TSP + 200 NPK + 100 Urée	76	52,8	24,9
T4	180	120	200	100	180 RP + 120 TSP + 200 NPK + 100 Urée	76	52,8	24,9
T5	60	240	200	100	60 RP + 240 TSP + 200 NPK + 100 Urée	76	52,8	24,9
T6	0	300	200	100	300 TSP + 200 NPK + 100 Urée	76	52,8	24,9

Mesures des paramètres de maturité de la variété WITA 9

A la maturité, les plants de riz ont été récoltés dans trois carrés de rendement (16 m²) implantés à l'intérieur dans chaque micro-parcelle afin d'éviter les effets de bordure. La biomasse (feuilles, pailles des panicules et talles) a été séchée à l'air libre pour déterminer le rendement en paille (RDP). Le taux d'humidité des grains de riz a été déterminé après séchage à l'étuve à 65°C pendant 72 heures. Le rendement en grains (RDG) a été calculé pour une humidité standard fixée à 14 % (Koné et al., 2010a ; Djomo et al., 2017 ; Akassimadou et al., 2017). Les rendements en grains (RDG) et en paille (RDP), l'indice de récolte (IR), l'efficacité agronomique relative de l'amendement phosphaté (EAR), l'effet résiduel (ER) et l'indice d'efficacité résiduel (IER) ont été déterminés selon les formules ci-après :

$$\text{RDG} = (\text{Masse des grains sec (g)} \times 10000 \times (100-H) / \text{Surface de récolte (m}^2) \times 1000 \times 86) \quad [1]$$

où RDG : rendement en grain en t.ha⁻¹ ; H = taux d'humidité à la récolte en % ; mf = masse des grains frais en g ; ms = masse de grains secs en g où H = 100 × (mf – ms / mf).

$$\text{RDP} = (\text{Masse paille sèche (g)} / \text{Surface de récolte (m}^2) \times 10) \quad [2]$$

avec RDP : rendement en paille, exprimé en t.ha⁻¹.

L'indice de récolte (IR) est la proportion de rendement grain dans le rendement total.

$$IR (\%) = [RDG_x / (RDG_x + RDP_x)] \quad [3]$$

où RDG_x est le Rendement en grains d'un traitement x et RDP_x Rendement en paille du même traitement, RDG_x + RDP_x est le rendement total en t.ha⁻¹.

L'efficacité agronomique relative (EAR) de chaque traitement a été calculé par rapport au Témoin de référence (T0). Il a permis de mieux apprécier la rentabilité de l'adoption de cette technologie par les agriculteurs.

$$EAR (\%) = [(RDG_{Tx} - RDG_{T0}) / RDG_{Tx}] \times 100 \quad [4]$$

RDG_x représente le RDG d'un traitement à la « Dose x » avec x = 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ considéré chaque année pour chacun des amendements. RDG_{T0} est le RDG du Témoin de référence.

L'effet résiduel (ER) de l'amendement phosphaté est la différence entre les rendements en grains du troisième et premier cycle de culture.

$$ER (t.ha^{-1}) = RDG_{C3} - RDG_{C1} \quad [5]$$

L'indice d'efficacité résiduel (IER en %) de l'amendement phosphaté est le rapport du rendement grain d'une année n+1 sur le rendement grain d'une année n comme décrit ci-dessous :

$$IER = \frac{RDG_{n+1}}{RDG_n} \times 100 \quad [6]$$

Analyse statistique des données

Le logiciel SAS a été utilisé pour l'analyse des données brutes. L'effet des différents traitements sur les paramètres de maturité du riz a été révélé par le test de Student Newman-Keuls (SNK). Le test de Student Newman Keuls (SNK) a donc servi pour la comparaison des moyennes selon la méthode de la plus petite différence significative (ppds) au seuil de de 5 %.

Resultats

Caractéristiques des sols de bas-fond avant la mise en place de l'expérimentation

La caractérisation des sols des cinq parcelles étudiées montre qu'ils ont une texture sablo-argilo-limoneuse (station de CNRA, et Campement Zoro) à sablo-limono-argileuse (Zapata 1, Zapata 3 et Lalane) avec 67 à 75,3% de sable, 11,2 à 19,4 % limons et 11 à 20,4 % d'argile. (Tableau 4). Quelle

que soit les parcelles étudiées, les sols sont pauvres en N (1 à 2 g.kg⁻¹ sol sec), en C (10 à 27 g.kg⁻¹ sol sec) et en matière organique (20 à 54 g.kg⁻¹ sol sec) avec un rapport C/N compris entre 10 e 13,5 (Tableau 4). A l'exception de la parcelle de la station de CNRA (242,3 mg de P_{total} .kg⁻¹sol sec et 32,2 mg de P_{ass} .kg⁻¹sol sec), les sols ont une teneur en phosphore total faible allant de 40,7 à 89,4 mg de P_{total}.kg⁻¹sol sec et de 2 à 8,2 mg de P_{ass} .kg⁻¹sol sec (Tableau 4). Quelles que soient les parcelles étudiées, les sols sont acides avec des pH compris entre 4,92 < pH_{eau} < 5,8 et entre 3,7 < pH_{KCl} < 4,9), ont une faible teneur en K⁺ (0,38 à 0,42 mmol⁺.kg⁻¹), Ca²⁺ (2,06 à 4,53 mmol⁺.kg⁻¹), Al³⁺ (0,1 à 0,45 mmol⁺.kg⁻¹), Fe²⁺ (293,5 à 580,9 mmol⁺.kg⁻¹), Mg²⁺ (0,73 à 1,9 mmol⁺.kg⁻¹), et Na⁺ (0,08 à 0,27 mmol⁺.kg⁻¹), La capacité d'échange cationique (CEC) des sols varie de 3,8 à 5,4 mmol⁺.kg⁻¹).

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques des sols dans l'horizon 0 – 20 cm avant l'expérimentation. pH : potentiel hydrogène ; C : carbone ; N : azote ; MO : matière organique ; P.ass : phosphore assimilable ; P.tot : phosphore total ; CEC : capacité d'échange cationique

Paramètres	SITES				
	Station	Zapata 3	Lalane	Campement Zoro	Zapata 1
Argile (%)	13,50	11,00	16,00	20,4	12,00
Limon (%)	11,20	15,00	17,00	14,3	19,40
Sable (%)	75,30	74,00	67,00	65,30	68,60
N (%)	0,10	0,10	0,20	0,13	0,12
C (%)	1,20	1,00	2,70	1,50	1,34
C/N	12,00	10,00	13,5	11,54	11,2
MO (%)	2,40	2,00	5,4	3,00	2,68
P (ass) mg/kg sol sec	32,20	8,2	7,00	2,80	3,6
P (tot) mg/kg sol sec	242,3	73,30	89,40	40,70	68,10
K ⁺ (cmolc kg ⁻¹ sol sec)	0,32	0,28	0,42	0,31	0,38
Na ⁺ (cmolc kg ⁻¹ sol sec)	0,08	0,10	0,08	0,10	0,27
Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹ sol sec)	2,12	3,67	4,23	2,06	4,53
Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹ sol sec)	0,73	1,5	0,94	1,04	1,46
Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹ sol sec)	0,26	0,12	0,35	0,45	0,10
Fe ²⁺ (ppm) mg/kg sol sec	410,35	400,00	580,90	809,70	293,50
Fe (ppm) mg/kg sol sec	4182	3200	3850	3780	2909
pHeau	4,92	5,83	5,5	5,70	5,8
pKCl	3,7	4,6	4,4	4,3	4,9
CEC (cmolc kg ⁻¹)	3,2	3,7	5,3	3,7	5,4

Effet des formulations phosphatées sur les paramètres agronomiques du riz

Rendement grain du riz

Le Tableau 5 présente les rendements moyens en grains de riz au cours des trois cycles de culture. Les différentes formulations d'amendements phosphatés ont eu un effet très hautement significatif sur le rendement moyen en grains de riz ($P < 0,0001$), et ce, pour chaque cycle de culture. Après le premier cycle, le rendement le plus élevé a été obtenu avec le traitement T6 (6,62 t/ha). En revanche, pour les cycles 2 et 3, c'est le traitement T4 qui a produit les meilleurs rendements, allant de 8,30 à 8,93 t/ha. À l'inverse, le traitement T0a a affiché les rendements moyens les plus faibles, avec seulement 2,3 t/ha sur l'ensemble des trois cycles de culture.

Tableau 5. Rendements moyens grain du riz WITA 9 sous différents traitements durant les cycles de culture. T0a : -NPK ; T0 : +NPK ; T1 : 100% RP+NPK ; T2 : 90% RP+10% SPT+NPK ; T3 : 80% RP+20% SPT+NPK ; T4 : 60% RP+40% SPT+NPK ; T5 : 20% RP+80% SPT+NPK ; T6 : 0% RP+100% SPT+NPK

Traitements	Rendement grains (t ha ⁻¹)			Moyenne par traitement
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	
T0a	2,90±0,59e	2,38±0,61e	1,61±0,36d	2,30±0,74e
T0	3,60±0,39e	3,01±0,39e	2,84±0,58c	3,15±0,55d
T1	4,69±0,51d	5,73±0,88c	7,26±0,87b	5,89±1,3b
T2	4,73±0,88cd	5,88±0,78c	7,03±0,97b	5,88±1,27b
T3	5,51±0,47c	7,08±0,93b	8,57±0,97ab	7,06±1,5ab
T4	6,43±0,92ab	8,30±1,14a	8,93±0,66a	7,89±1,82a
T5	5,84±0,64bc	4,76±0,42d	2,73±0,55c	4,44±1,9c
T6	6,62±0,73a	4,47±0,49d	2,31±0,32cd	4,47±2c
MG	5,04	5,20	5,32	5,93
CV	13,25	14,44	13,24	26,64
P>F	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Les lettres a et b dans une même colonne indiquent des valeurs moyennes différentes de façon significative au seuil de $\alpha = 0,05$.

Rendement paille du riz

Le Tableau 6 présente les rendements moyens en paille de riz sous les différentes formulations d'amendements phosphatés au cours des trois cycles de culture. Un effet très hautement significatif de ces amendements phosphatés sur le rendement en paille de riz a été observé ($P < 0,0001$), avec des rendements moyens variant de 5,61 à 8,05 t/ha. Les rendements les plus élevés ont été enregistrés avec le traitement T4 (8,05 t/ha), tandis que le traitement T0a a affiché la valeur la plus faible (2,51 t/ha).

Tableau 6. Rendement moyen paille du riz WITA 9 des différentes doses d'amendement phosphaté par cycle. T0a : -NPK ; T0 : +NPK ; T1 : 100% RP+NPK ; T2 : 90% RP+10% SPT+NPK ; T3 : 80% RP+20% SPT+NPK ; T4 : 60% RP+40% SPT+NPK ; T5 : 20% RP+80% SPT+NPK ; T6 : 0% RP+100% SPT+NPK

Traitements	RDP (t ha ⁻¹)			Moyenne par traitement
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	
T0a	3,11±0,68d	2,57±0,49f	1,84±0,51e	2,51±0,76f
T0	4,08±0,83c	3,16±0,59f	2,91±0,65d	3,38±0,84e
T1	4,83±0,64bc	5,06±0,55cd	6,94±0,94c	5,61±1,19c
T2	4,93±0,52bc	5,68±0,9c	7,38±1,09bc	6,00±1,34bc
T3	5,51±0,79ab	6,81±0,71b	7,93±0,53b	6,75±1,2b
T4	6,24±0,88a	7,68±0,69a	10,24±1,72a	8,05±1,59a
T5	5,61±0,82ab	4,44±0,31de	3,01±0,68d	4,36±1,25d
T6	6,06±1,41a	4,34±0,28e	2,46±0,4de	4,28±1,71d
MG	5,05	4,97	5,34	5,12
CV	17,08	12,03	17,59	25,15
P>F	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Les lettres a et b dans une même colonne indiquent des valeurs moyennes différentes de façon significative au seuil de $\alpha = 0,05$.

Indice de récolte du riz

Le Tableau 7 présente l'indice de récolte du riz sous les différentes formulations d'amendements phosphatés au cours des trois cycles de culture. Les résultats montrent un effet significatif des formulations d'amendements phosphatés sur l'indice de récolte du riz ($P < 0,05$). Les indices de récolte les plus élevés ont été obtenus dans les parcelles traitées avec les amendements T6, T1 et T4 tout au long de l'expérimentation.

Tableau 7. Indices de récolte du riz WITA 9 obtenus avec les différentes doses d'engrais phosphaté par année. T0a : -NPK ; T0 : +NPK ; T1 : 100% RP+NPK ; T2 : 90% RP+10% SPT+NPK ; T3 : 80% RP+20% SPT+NPK ; T4 : 60% RP+40% SPT+NPK ; T5 : 20% RP+80% SPT+NPK ; T6 : 0% RP+100% SPT+NPK

Traitements	Indice de récolte du riz (IR)			Moyenne par traitement
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	
T0a	0,483±0,04bc	0,477±0,036c	0,471±0,04c	0,477±0,038d
T0	0,472±0,039c	0,491±0,04bc	0,495±0,042bc	0,486±0,039cd
T1	0,493±0,023abc	0,53±0,034a	0,512±0,038abc	0,512±0,034ab
T2	0,488±0,029bc	0,509±0,02abc	0,488±0,025bc	0,495±0,025bcd
T3	0,501±0,035abc	0,509±0,032abc	0,519±0,031 ab	0,51±0,032ab
T4	0,507±0,024ab	0,518±0,029ab	0,538±0,06a	0,521±0,041a
T5	0,511±0,02ab	0,517±0,025ab	0,476±0,038c	0,501±0,033abc
T6	0,527±0,039a	0,506±0,02abc	0,486±0,027bc	0,51±0,033abc
MG	0,50	0,51	0,49	0,5
CV	0,04	0,09	0,02	0,05
P>F	0,06	0,06	0,03	0,001

Les lettres a et b dans une même colonne indiquent des valeurs moyennes différentes de façon significative au seuil de $\alpha = 0,05$.

Efficacité agronomique relative de l'amendement phosphaté (EAR)

Le Tableau 8 rend compte de l'efficacité agronomique relative (EAR) des différentes formulations d'amendements phosphatés sur trois cycles de culture. L'analyse de variance (ANOVA) a révélé un effet hautement significatif de la dose de RP et/ou de SPT entre les amendements en ce qui concerne l'efficacité agronomique relative ($P = 0,001$). Comparé au témoin de référence (T0), l'efficacité agronomique relative des amendements est nettement supérieure lorsque la formulation contient 40 % de RP et 60 % de SPT, avec une efficacité agronomique relative moyenne de 58,7% par rapport au témoin (T0). Les résultats montrent une diminution de l'EAR du cycle 1 au cycle 3 lorsque l'amendement phosphaté est riche en SPT, passant de 38,36 % à -4,01 % sous T5, et de 45,61 % à -22,94 % sous T6. En revanche, lorsque l'amendement est plus riche en RP, une augmentation de l'EAR est observée du cycle 1 au cycle 3, passant de 23,24 % à 60,88 % sous T1, de 23,89 % à 59,6 % sous T2, de 34,66 % à 66,86 % sous T3, et de 44,01 % à 68,2 % sous T4.

Tableau 8. Efficacité agronomique relative (EAR) de l'amendement phosphaté des différents traitements par rapport au témoin . T0a : -NPK ; T0 : +NPK ; T1 : 100% RP+NPK ; T2 : 90% RP+10% SPT+NPK ; T3 : 80% RP+20% SPT+NPK ; T4 : 60% RP+40% SPT+NPK ; T5 : 20% RP+80% SPT+NPK ; T6 : 0% RP+100% SPT+NPK

Traitements	EAR (%)			Moyenne par traitement
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	
T0a	--	--	--	--
T0	0	0	0	0
T1	23,24±2,3d	47,46±5,5cd	60,88±3,3b	43,86±3,7b
T2	23,89±5,6d	48,81±5c	59,60±4,02b	44,1±4,87b
T3	34,66±1,7c	57,5±5,8b	66,86±4,02ab	53,01±3,84ab
T4	44,01±5,76ab	63,74±6,58a	68,28±1,21a	58,65±4,54a
T5	38,36 ±3,9bc	36,76±0,7de	-4,01±0,6c	23,70±1,35c
T6	45,61±4,6a	32,66±2e	-22,94±8,1d	18,44±-0,48d
MG	34,96	47,82	38,10	40,29
$P > F$	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Les lettres a et b dans une même colonne indiquent les valeurs moyennes différentes de façon significative au seuil de $\alpha = 0,05$.

Effet résiduel de l'amendement phosphaté

Le Tableau 9 présente l'effet résiduel des amendements phosphatés sur le rendement en grains de riz. Un effet résiduel positif (2,29 à 3,06 t ha⁻¹) significatif est observé du cycle 1 au cycle 3 lorsque la dose de roche phosphatée (RP) est élevée dans l'amendement. À l'inverse, un effet résiduel négatif (-3,12 à -4,31 t ha⁻¹) est constaté sur la même période lorsque la dose desuperphosphate Triple (SPT) est plus élevée. Globalement, l'effet résiduel des amendements phosphatés a eu un impact positif sur le rendement en grains de riz.

Tableau 9. Effet résiduel (ER) de l'amendement phosphaté sur le rendement grain du riz.
T0a : -NPK ; T0 : +NPK ; T1 : 100% RP+NPK ; T2 : 90% RP+10% SPT+NPK ; T3 : 80% RP+20% SPT+NPK ; T4 : 60% RP+40% SPT+NPK ; T5 : 20% RP+80% SPT+NPK ; T6 : 0% RP+100% SPT+NPK

Traitements	Rendement grain du riz (t ha ⁻¹)			
	Cycle 1	Cycle 3	ER	Pr > t
T0a	2,90±0,59e	1,61±0,36d	-1,29±0,23d	0,0003
T0	3,60±0,39e	2,84±0,58c	-0,76±0,19	0,007
T1	4,69±0,51d	7,26±0,87b	2,57±0,36	<0,0001
T2	4,73±0,88cd	7,03±0,97b	2,29±0,09	0,0001
T3	5,51±0,47c	8,57±0,97ab	3,06±0,5	<0,0001
T4	6,43±0,92ab	8,93±0,66a	2,50± -0,26	<0,0001
T5	5,84±0,64bc	2,73±0,55c	-3,12± -0,09	<0,0001
T6	6,62±0,73a	2,31±0,32cd	-4,31± -0,41	<0,0001

Les lettres a et b dans une même colonne indiquent les valeurs moyennes différentes de façon significative au seuil de $\alpha = 0,05$.

Indice d'efficacité résiduel (IER) de l'amendement phosphaté

Quel que soit le cycle de culture, nos résultats montrent des indices d'efficacité résiduelle (IER), des amendements phosphatés sur le rendement en grains de riz, plus élevés pour les traitements T1, T2, T3 et T4, c'est-à-dire lorsque l'amendement phosphaté contient entre 40 % et 100 % de roche phosphatée (RP), avec des IER dépassant 100 %.

Tableau 10. Indice d'efficacité résiduel % (IER) de l'amendement phosphaté sur le rendement grain du riz

Traitements	C2/C1	C3/C1	C3/C2
T0a	82,07	55,52	67,65
T0	83,61	78,89	94,35
T1	122,17	154,80	126,70
T2	124,31	148,63	119,56
T3	128,49	155,54	121,05
T4	129,08	138,88	107,59
T5	81,51	46,75	57,35
T6	67,52	34,89	51,68

Discussion

Effet des caractéristiques des sols sur l'efficacité des amendements phosphatés élaborés

L'analyse des cinq parcelles rizicoles a mis en évidence une teneur élevée en phosphore total dans les sols, mais une très faible proportion sous forme assimilable par les plantes. Ce phénomène confirme les résultats d'études antérieures en Côte d'Ivoire, qui ont montré que le phosphore est souvent immobilisé par les argiles et les oxydes et hydroxydes métalliques présents dans le sol (Kpan et al., 2023 ; Koné et al., 2010). Le pH des sols, compris entre 4,9 et 5,9 avec une moyenne de 5,5, reflète une acidité modérée

(Bassolé et al., 2023). Dans cette plage de pH, le phosphore pourrait se lier aux ions aluminium (Al^{3+}) et fer (Fe^{3+}) pour former des composés insolubles, ce qui réduira sa disponibilité pour les plantes. Cette acidité est vraisemblablement à l'origine de la faible teneur en phosphore assimilable, estimée entre 7,00 et 32,2 mg P/kg de sol sec, limitant ainsi son absorption par les cultures (Drouet, 2010 ; Ablede et al., 2020). L'acidité du sol peut également avoir un impact significatif sur la dissolution des amendements phosphatés appliqués. Les roches phosphatées, en particulier, sont beaucoup plus réactives en milieu acide, facilitant leur dissolution et la libération du phosphore qu'elles contiennent (Bongoua-Devisme et al., 2024 ; Kpan et al., 2023 ; Koné et al., 2014). Cependant, les teneurs en carbone organique des sols des parcelles étudiées sont inférieures à la moyenne des sols agricoles, estimée à 18,2 g/kg (Liang et al., 2019), ce qui pourrait réduire l'assimilation des nutriments essentiels, notamment le phosphore (Koné et al., 2011).

En somme, la caractérisation des sols révèle que l'acidité élevée, associée à une teneur modérée en matière organique, jouera un rôle crucial dans la dissolution des amendements phosphatés. Ces conditions pourraient soit améliorer, soit limiter l'efficacité des apports en phosphore, influençant directement les rendements des cultures dans les parcelles rizicoles étudiées.

Effet des amendements phosphatés sur les paramètres de rendements

Les amendements phosphatés (AP) à base de roche phosphatée naturelle du Maroc (RP) et/ou de Triple Super Phosphate (TSP) ont induit des différences significatives sur plusieurs paramètres agronomiques du riz, notamment les rendements en grain (RDG) et en paille (RDP), ainsi que l'efficacité agronomique relative (EAR). Les résultats de cette étude montrent que les rendements de riz dépendent fortement des proportions de RP et de TSP dans les formulations des amendements phosphatés appliqués. L'analyse des données révèle un effet très hautement significatif des amendements phosphatés sur les rendements en grain et en paille. Les meilleures performances ont été observées sous les traitements T1, T2, T3, et T4, qui sont riches en RP, en comparaison avec T5 et T6, qui sont majoritairement composés de TSP. Ces observations sont cohérentes avec les travaux de Koné et al. (2010), qui ont constaté des augmentations de rendement avec des traitements à base de RP par rapport au TSP dans les systèmes rizicoles des zones forestières semi-montagneuses de Côte d'Ivoire. De même, Kotchi et al. (2010) ont évalué la réponse de différentes variétés de riz à des doses croissantes de RP et de TSP, et ont obtenu des résultats similaires. Des études récentes, menées par Sanogo et al. (2020) et Kpan et al. (2023) à Gagnoa, confirment également ces tendances.

En particulier, la formulation contenant 60 % de RP et 40 % de TSP (T4) a montré une amélioration notable des rendements, ce qui corrobore les

conclusions de Taktek (2015), qui a démontré qu'une réduction de 50 % des fertilisants chimiques, combinée à l'utilisation d'amendements phosphatés biologiques, optimise les résultats en termes de production agricole. Ainsi, la combinaison RP-TSP apparaît comme une solution prometteuse pour maximiser les rendements dans les systèmes rizicoles. Ces conclusions renforcent également les travaux de Sanogo et al. (2020), qui ont observé une amélioration du développement végétatif et des rendements en grain avec une fertilisation combinant phosphore et azote. En somme, l'intégration des RP dans les formulations d'amendements phosphatés offre une alternative durable et efficace pour améliorer les rendements du riz, en particulier dans les zones acides où le phosphore est moins disponible.

Nos résultats mettent en évidence l'efficacité agronomique relative (EAR) des amendements phosphatés, qui augmente significativement du cycle 1 au cycle 3, particulièrement sous les traitements enrichis en roche phosphatée (RP), notamment le traitement T4. À l'inverse, les traitements contenant du superphosphate triple (TSP) montrent une EAR moins marquée. Cette observation souligne la lente solubilisation de la RP par rapport au TSP, comme l'indiquent Kotchi et al. (2010). La solubilisation progressive de la RP permet une libération graduelle de phosphore dans le sol au fil des années, ce qui contribue à l'augmentation des rendements. Sanogo et al. (2020) confirment cette dynamique en expérimentant différentes doses de phosphore et d'azote sur le riz. Ainsi, le traitement T4, affichant la plus forte EAR, s'avère être le plus bénéfique pour améliorer le rendement du riz (bongoua -Devisme et al., 2024 ; Kotchi et al., 2010 ; Sossa, 2012 ; Sanogo et al., 2020).

L'indice d'efficacité résiduelle (IER) des traitements contenant de la RP (T1, T2, T3 et T4) est particulièrement élevé, suggérant que la RP possède une longévité d'efficacité résiduelle supérieure, en raison de sa capacité à libérer le phosphore de manière prolongée. En revanche, le TSP, en tant que fertilisant soluble, libère rapidement le phosphore, ce qui peut limiter ses effets à court terme.

Le traitement T4 présente non seulement le meilleur IER, mais également la plus haute EAR des amendements phosphatés, indiquant qu'il reste le plus efficace après trois cycles de culture de riz bas-fond en comparaison aux autres traitements. Ces résultats corroborent les travaux de Sahrawat et al. (1997) et 2001, qui ont étudié l'effet direct et l'effet résiduel du TSP sur le rendement du riz, renforçant ainsi notre compréhension des dynamiques de fertilisation en agriculture.

Conclusion

L'étude a clairement montré l'efficacité différenciée des amendements phosphatés, notamment entre la roche phosphatée (RP) et le superphosphate triple (TSP). Les résultats indiquent que les traitements riches en RP, en

particulier le traitement T4, se distinguent par leur capacité à améliorer les rendements du riz bas-fond à long terme. Cette supériorité est attribuée à la solubilisation progressive de la RP, qui permet une libération continue de phosphore dans le sol sur plusieurs cycles de culture, contrairement au TSP, dont l'effet est plus rapide mais de plus courte durée. L'indice d'efficacité résiduelle (IER) et l'efficacité agronomique relative (EAR) des traitements à base de RP confirment leur avantage à long terme, avec des effets résiduels positifs après trois cycles de culture. Le traitement T4, qui a affiché les meilleurs résultats tant pour l'EAR que l'IER, s'avère être le plus prometteur pour optimiser les rendements du riz dans les systèmes de culture de bas-fonds. Cette étude met en lumière l'importance de choisir des fertilisants adaptés aux dynamiques temporelles et aux besoins spécifiques des cultures. L'utilisation de la RP, notamment dans des traitements comme T4, se révèle être une stratégie agronomique viable et durable pour améliorer la productivité des systèmes rizicoles, tout en minimisant les pertes de phosphore et en assurant une fertilité à long terme.

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement l'Office Chérifien du Phosphate (OCP-Africa) pour le soutien financier et le Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Man et Gagnoa pour le soutien technique apporté à la réalisation du projet de recherche ASORPRI. Nous remercions également chaque paysan ayant prêté sa parcelle pour réaliser les essais sur le terrain.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abbasi, M. K., Musa N., & Manzoor, M. (2015). Mineralization of soluble P fertilizers and insoluble rock phosphate in response to phosphate-solubilizing bacteria and poultry manure and their effect on the growth and P utilization efficiency of chilli (*Capsicum annum L.*). *Biogeosciences*, 12(15), pp. 4607–4619. <https://doi.org/10.5194/bg-12-4607-2015>
2. Ablede, KA., Koudjega, K., & Ganyo, KK. (2020). Amélioration de la solubilisation des phosphates naturels de faible réactivité par phosphocompostage à base de fumier. *Bul. Rech. Agro. Ben.*: 175-181.

- http://www.slire.net/download/2583/article_22_pg_brab_n_sp_cial_it_ra_oct_2019_ablede_et_al_am_lioration_solubilisatio n.pdf
3. AgriAlerte (2008). Restrictions à l'exportation du riz : risque de pénuries dans les pays fortement importateurs. Alerte sur la situation de la champagne agricole des régions – Burkina Faso. No. 021. [www.reliefweb.int/rw/RWFiles2008.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/LRON-7DJD5Drapport_complet.pdf/\\$File/rapport_complet.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2008.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/LRON-7DJD5Drapport_complet.pdf/$File/rapport_complet.pdf) (21 March 2011).
 4. Akassimadou, F. E., Hien, M. P., Bouadou Oi, F. B., Bolou Bi, E. B., Bongoua, J. A., Ettien, J.-B. D., & Yao-kouame, A. (2017). Efficiences Des Nutriments P Et K En Riziculture Irriguée Dans Un Bas-Fond Secondaire En Zone De Savane Guinéenne De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(36), 432. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p432>
 5. Bagal, M. & Vittori, M. (2010). Les indications géographiques en Côte d'Ivoire, produits potentiels et cadre juridique pertinent. ACPEU Trade Com Facility in the context of the ACP regional workshops on Geographical Indications, April-May 2010, 43 p.
 6. Bassole, Z., Yanogo, IP., & Idana, FT. (2023). Caractérisation des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols bruns eutrophes tropicaux pour l'utilisation agricole dans le bas-fond de GoundiDjoro (Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 17(1): 247-266 DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v17i1.18>
 7. Bongoua-Devisme, A., Jeanne, W., Hippolyte Kpan, F.M., Lemounou Bahan, Brahima Koné, K-K., Hippolyte Kouadio, K., Pla Adou, & Louis Koko, A.K. (2024). "Residual Effect of Phosphate Amendments on Agronomic Parameters of Rainfed Rice in Three Agroecological Zones of Côte d'Ivoire". *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10 (3):57-71. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2024/v10i3319>.
 8. Djomo, S.H., Mbong, G. A., Malla, D. K., & Suh, C. (2017). Effect of different doses of NPK fertilizer on the growth and yield of rice in Ndop, North West of Cameroon. *AJAR* 12, 1244–1252.
 9. Drouet, T. (2010). Pédologie BING-F-302,137.
 10. FAO (2016). Production/consommation du riz en Côte d'Ivoire. FAOSTAT en ligne. (Voir <http://faostat.fao.org>). Rome. (Consulté le 10 juin 2018).
 11. FIRCA (2011). Acte 7: Filière riz. Disponible auprès de "<https://firca.ci/wp-content/uploads/2019/02/LaFiliereDuProgres07.pdf>". Consulté en février 2022.
 12. Graham, S. A., Craft, C. B., McCormick, P. V., & Aldous, A. (2005). " Forms and accumulation of soil P in natural and recently restored

- peatlands-upper Klamath Lake, Oregon, USA" *Wetlands*, 25 (2005)594 -606. DOI: [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0594:FAAOSP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0594:FAAOSP]2.0.CO;2)
13. Haynes, R.J. & Mokolobate, M.S. (2001). Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: A critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59, 47–63.
 14. Kpan, W. H., Bongoua-Devisme, A.J., Kouadio, K.-K.H., Koné, B., & Bahan, F. M. L. (2023). Response of lowland rice to phosphate amendments in three acidics agroecological zones of Côte d'Ivoire: Man-Gagnoa-Bouaké. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 8(5): 135-144. DOI: [10.22161/ijeab.85.18](https://doi.org/10.22161/ijeab.85.18)
 15. Koné, B., Ettien, JB., Amadji, GL., Diatta, S., & Camara, M. (2010a). Effets d'engrais phosphatés de différentes origines sur la production rizicole pluviale sur des sols acides en zone de forêt semi-montagneuse sous climats tropicaux Cas des hyperdystric ferralsols sous jachères en Côte d'Ivoire. *Etu. Gest. Sols.*, 17(1) : 7-18. DOI: https://www.afes.fr/wpcontent/uploads/2017/10/EGS_17_1_EG_S_17_1_web_Kone.pdf
 16. Koné, B., Saidou, A., Camara, M., & Diatta, S. (2010b). Effet de différentes sources de phosphate sur le rendement du riz sur sols acides. *Agro. Afr.*, 22(1): 55-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/aga.v22i1.62318>
 17. Koné, B., Sylvester, O., Diatta, S., Somado, E., Valere, K., & Sahrawat, KL. (2011). Response of interspecific and sativa upland rices to mali phosphate rock and soluble phosphate fertilizer. *Arch. Agro. Soil Sci.*, 57(4): 421-434. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340903563382>
 18. Koné, B., Konan-Kan, HK., Cherif, M., Oikeh, S., Felix, AE., Fernand, YG., & Firmin, KK. (2014). Rice Grain Yield Gap and Yield Declining as Affected by Different Phosphorus Fertilizers in Acid Soil Over Successive Cropping Seasons. *I. J. Biol. Sci.*, 01(01): 40-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/2.14008.7684>
 19. Kotchi, V., Yao-Kouamé, A., & Diatta, S. (2010). Réponse de cinq variétés de riz à l'apport de phosphate naturel de Tilemsi (Mali) sur les sols acides de la région forestière humide de Man (Côte d'Ivoire). pp. 1895–1905.
 20. Liang, C., Wulf, A., Johannes, L., & Matthias, K. (2019). Quantitative assessment of microbial necromass contribution to soil organic matter. *Glo. Ch. Biol.*, 25(11): 3578-3590. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14781>

21. MINAGRI (2009). Rapport national sur l'état des ressources phythogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, Ministère de l'Agriculture, Octobre 2009, 64 p.
22. Ngaresseum, D.K.T. (2010). Évolution de la production et des importations de riz en Côte d'Ivoire de 1965 à 2008. Bulletin de politique Économique et développement (BUPED) N°08/2009 de la Cellule d'Analyse de Politique Économique du Cires (CAPEC). 29p.
23. Ngaresseum, D. K. T. (2010). Evolution de la production et des importations de riz en Côte d'Ivoire de 1965 à 2008 BUPED N° 08/2009, 29 p.
24. ONDR (2012-2020). Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture en Côte d'Ivoire (SNDR 2012-2020), www.ondr.ci/sndr_2012-2020.php, consulté le 05 février 2017
25. ROPPA (2005). Bilan d'étape du parcours du ROPPA 2000-2005, Ouagadougou, 92 pp
26. Sahrawat, K. L., Jones, M., Diatta, S., & Adam, A. (2001). Response of Upland Rice to fertilizer Phosphorus and its Residual Value in an Ultisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*32 (15 & 16) : 2457 - 2468.
27. Sahrawat, K. L., Jones, M. P., Diatta, S., Africa, W., Development, R., Warda, A., & Coast, I. (1997). Direct and residual fertilizer phosphorus effects on yield and phosphorus efficiency of upland rice in an Ultisol. 209–215.
28. Sanogo, S., Paul, A. K., Zoumana, K., & Mameri, C. (2020). Evaluation de l'effet de doses d'azote et de phosphore sur des paramètres agromorphologiques et du rendement du riz : cas de la variété Djoukèmin dans un bas-fond de la région de Gagnoa
Evaluation of the effect of nitrogen and phosphorus doses on. 1, 8–16.
29. Seck, P. A., Toure, A. A., Coulibaly, J. Y., Diagne, A., & Wopereis, M. C. S. (2013). Impact of rice research on income, poverty and food security in Africa : an ex – ante analysis. In : Wopereis, M. C. S., Johnson, D. E., Ahmadi, N., Tollens, E., et Jalloh, A. (Eds.), *Realizing Africa's Rice Promise*. CAB international, Wallingford, R-U. pp. 24-33
30. Sossa, E. L. (2012). Arrières effets de la fertilisation et des résidus de récoltes du niébé (*vigna unguiculata*) sur le rendement du riz de bas-fond dans un système de culture riz-maraîchage. Thèse de Doctorat, 14-18.
31. Taktek, S. (2015). Dissolution biologique des phosphates : Interaction bactéries - mycorhizes. Université LAVAL. Québec. Canada

Facteurs socioculturels influençant l'utilisation et la gestion des eaux thermales dans la province du Sud-Kivu, en République Démocratique du Congo (RDC)

Nyamugabo Ntavuna Marc

Doctorant en Santé Environnementale : Ecole Doctorale de l'Université du Burundi (UB), Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE)/ Université du Burundi et Chef de Travaux au Département de Développement Communautaire, Section de l'Environnement et Développement durable, Institut Supérieur de Techniques de Développement (ISTD-Mulungu)/Kabare, Sud-Kivu, RDC

Nahimana Louis

Faculté des Sciences/Université du Burundi (UB), Burundi

Wimba Kayange Louise

Section Techniques Pharmaceutiques/Institut Supérieur des Techniques Médicales « ISTM » -Bukavu », Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée « UERHA »/Institut Supérieur de Pédagogie « ISP »/Bukavu-RDC

Nsambu Pascal

Section d'Hygiène et Environnement/Institut Supérieur des Techniques Médicales « ISTM-Nyangezi » RDC

Bararunyeretse Prudence

Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE), Bujumbura/ Burundi

Niyongabo Edouard

Faculté de Santé Publique, Université Espoir d'Afrique, Burundi

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n6p163](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p163)

Submitted: 23 December 2024

Accepted: 04 February 2025

Published: 28 February 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Nyamugabo Ntavuna M., Nahimana L., Wimba Kayange L., Nsambu P., Bararunyeretse P. & Niyongabo E. (2025). *Facteurs socioculturels influençant l'utilisation et la gestion des eaux thermales dans la province du Sud-Kivu, en République Démocratique du Congo (RDC)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (6), 163. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p163>

Résumé

Le présent travail a pour objet d'étudier les facteurs limitant l'utilisation et la gestion durable des sources thermales au Sud-Kivu. Il se fixe un triple objectif : évaluer les facteurs socio-culturels et sanitaires des usagers des eaux thermales ; identifier les croyances entravant la gestion durable de ces eaux ; et enfin, évaluer le niveau d'implication des pouvoirs publics dans la gestion durable des sites thermaux. Il s'agit d'une analyse ethnographique consistant à examiner les facteurs socioculturels et institutionnels qui influencent l'utilisation et la gestion des sources thermales dans la province du Sud-Kivu, en RDC. La méthodologie utilisée porte sur une enquête menée dans les six sites thermaux auprès de 380 usagers locaux ciblés et choisis aléatoirement parmi la population vivant autour de ces sites d'eau thermale. En outre, la méthode qualitative basée sur les interviews a été utilisée auprès de 4 responsables des institutions publiques ayant en charge la gestion des ressources hydrauliques et la santé au Sud-Kivu. Les données collectées pendant la période allant du mois de mai au mois d'octobre 2024 ont été analysées grâce au logiciel STATA. Le test de Chi² de Pearson a été utilisé pour calculer l'OR, la P-value, la régression logistique et le test d'ANOVA pour comprendre les liens entre les divers paramètres retenus. L'étude a abouti aux résultats selon lesquels les croyances et pratiques liées aux sites thermaux sont fortement influencées par les traditions, les coutumes, les cultures et le niveau d'étude. La perception de l'eau thermale comme un "don de Dieu" ou un "héritage des ancêtres" (90,29 %). Elle est perçue comme des opportunités et des obstacles à la gestion durable des eaux thermales, etc. Les femmes sont significativement plus susceptibles d'utiliser les eaux thermales que les hommes (OR = 2,084, p = 0,005), ce qui justifie le rôle central joué par elles sur le plan socio-culturel et familial (santé de la famille, ménage, etc.). Les personnes ayant un niveau d'études plus élevé sont moins susceptibles d'utiliser les eaux thermales (OR = 0,695, p = 0,016). En plus, les personnes ayant moins de canaux de communication relatifs aux eaux thermales sont moins susceptibles de les utiliser durablement (OR = 0,631, p = 0,0028). La présence des microbes dans l'eau thermale est fortement associée à une utilisation moins fréquente (OR = 0,013, p = 0,0346 et OR = 0,630, p = 0,007 respectivement). Les agriculteurs prédominent (35,8 %), ce qui justifie l'effet soulageant des eaux thermales sur les douleurs et les fatigues liées aux travaux champêtres chez les agriculteurs. Faible niveau d'implication des institutions publiques s'expliquant par l'absence d'un cadre réglementaire spécifique, de cadre institutionnel et de maintenances adéquates.

Mots-clés: Eaux thermales, hydrothérapie, risques sanitaires, croyances ancestrales, Sud-Kivu/RDC

Sociocultural Factors Influencing the Use and Management of Thermal Waters in the South Kivu Province, Democratic Republic of Congo (DRC)

Nyamugabo Ntavuna Marc

Doctorant en Santé Environnementale : Ecole Doctorale de l'Université du Burundi (UB), Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE)/ Université du Burundi et Chef de Travaux au Département de Développement Communautaire, Section de l'Environnement et Développement durable, Institut Supérieur de Techniques de Développement (ISTD-Mulungu)/Kabare, Sud-Kivu, RDC

Nahimana Louis

Faculté des Sciences/Université du Burundi (UB), Burundi

Wimba Kayange Louise

Section Techniques Pharmaceutiques/Institut Supérieur des Techniques Médicales « ISTM » -Bukavu », Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée « UERHA »/Institut Supérieur de Pédagogie « ISP »/Bukavu-RDC

Nsambu Pascal

Section d'Hygiène et Environnement/Institut Supérieur des Techniques Médicales « ISTM-Nyangezi » RDC

Bararunyeretse Prudence

Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE), Bujumbura/ Burundi

Niyongabo Edouard

Faculté de Santé Publique, Université Espoir d'Afrique, Burundi

Abstract

The aim of this study is to investigate the factors limiting the use and sustainable management of thermal springs in South Kivu. It has a threefold objective: - to assess the socio-cultural and health factors of thermal water users; - to identify the beliefs hindering the sustainable management of these waters; and finally, to assess the level of involvement of public authorities in the sustainable management of thermal sites. This is an ethnographic analysis examining the socio-cultural and institutional factors influencing the use and management of thermal springs in South Kivu province, DRC. The methodology used involved a survey conducted at the six spa sites with 380 targeted local users randomly selected from the population living around these thermal water sites. In addition, a qualitative method based on interviews was used with 4 officials from public institutions in charge of managing water

resources and health in South Kivu. The data collected during the period from May to October 2024 were analyzed using STATA software. The Pearson Chi² test was used to calculate the OR, the P-value, logistic regression and the ANOVA test to understand the links between the various parameters selected. The study found that beliefs and practices associated with spa sites are strongly influenced by tradition, custom, culture and level of education. The perception of thermal water as a “gift from God” or an “inheritance from the ancestors” (90.29%). It is perceived as an opportunity and obstacle to sustainable thermal water management, etc. Women are significantly more likely to use thermal waters than men (OR = 2.084, p = 0.005), which justifies the central role played by them on a socio-cultural and family level (family health, household, etc.). People with higher levels of education were less likely to use thermal waters (OR = 0.695, p = 0.016). In addition, people with fewer communication channels relating to thermal waters are less likely to use them sustainably (OR = 0.631, p = 0.0028). The presence of microbes in thermal water is strongly associated with less frequent use (OR = 0.013, p = 0.0346 and OR = 0.630, p = 0.007 respectively). Farmers predominate (35.8%), justifying the relieving effect of thermal waters on pain and fatigue associated with farm work among farmers. Low level of involvement of public institutions due to the absence of a specific regulatory framework, institutional framework and adequate maintenance.

Keywords: Thermal waters, hydrotherapy, health risks, ancestral beliefs, South-Kivu/DRC

Introduction

Les sources thermales représentent un patrimoine naturel et culturel d'une grande importance. Souvent associées à des croyances ancestrales et à des pratiques traditionnelles (Mbiti, 1969), leur exploitation fait l'objet de tensions croissantes, liées à la fois à l'augmentation de la demande en ressources naturelles et à l'évolution des modes de vie, comme le soulignent de nombreux auteurs (Descola, 2005 ; Latour, 2004). Le Sud-Kivu, regorgeant de plusieurs sources thermales, reste marqué par une histoire tumultueuse et des enjeux socio-économiques complexes (Kalonda, 2010) ; aussi, il est confronté à de nombreux défis : pauvreté, pression sur les ressources naturelles, conflits armés, sous-développement, etc. Dans ce contexte, les sources thermales apparaissent comme un potentiel vecteur de développement économique et social, comme l'ont montré plusieurs études de cas en Afrique (Mungai, 2012). Les sources thermales sont des lieux de rencontre entre les sociétés humaines et leur environnement naturel.

En analysant les représentations sociales et les pratiques liées à ces ressources, nous pouvons mieux comprendre les dynamiques socioculturelles

locales (Descola, 2005). En Europe, l'hydrothérapie et le tourisme sont plus développés grâce à ces ressources. En Italie, 70 % des usagers en ont utilisé pour traiter les troubles de la peau et les problèmes respiratoires Bortolotti et al. (2018). En France, les stations thermales créent un socle économique en offrant plus de 100 000 emplois et en générant plus de 690 millions d'euros de dépenses indirectes par an (Ammari, 2017). En Amérique, particulièrement au Pérou, les autorités locales préservent les sources thermales en intégrant les connaissances traditionnelles dans les cadres juridiques afin d'éviter une exploitation excessive et d'assurer leur pérennité Carrillo et al. (2017). Plus loin encore, en Asie, en Indonésie précisément, les eaux thermales sont perçues comme des sites sacrés logeant des esprits des ancêtres et auxquels il faut des rituels pour obtenir leurs bénédictions Purwaningsih et al. (2017). Par contre, en Afrique, ces eaux restent moins exploitées et moins valorisées en raison d'une réglementation inadéquate et de problèmes d'infrastructures Ndikumana (2020). Sauf dans certains pays, notamment le Maroc, où 80 % des usagers utilisent les eaux thermales pour soulager les douleurs chroniques et favoriser la détente psychologique (Belghiti et al. (2020). Aussi, au Sénégal, leur gestion est assurée par des communautés sur la base des normes traditionnelles locales, comme des périodes de repos pour assurer leur régénération N'Diaye et al. (2019). Tandis qu'en Algérie, des directives de bonnes pratiques ont été élaborées, garantissant un contrôle cohérent des eaux thermales (voir l'article 46 du décret exécutif n° 07-69 daté du 19 février 2007), référence au Journal officiel de la République algérienne, 2007.

En dépit de ses vertus, ces eaux peuvent présenter plusieurs risques pour la santé, notamment la croissance de germes nocifs comme *Pseudomonas aeruginosa* (à 45°C) et *Legionella pneumophila* (Capdepuy et Canellas., 1995). Les pesticides et les nitrates utilisés dans le cadre de l'agriculture provoquent des pathologies digestives et cutanées. Ces risques affectent également les personnes atteintes de maladies chroniques comme les maladies cardiaques, l'hypertension ou le diabète, car la chaleur produite impacte la tension artérielle et le stress cardiaque Tsuruoka et al. (2010). Comme le soulignent les travaux de nombreux chercheurs (Redclift, 2005), la gestion durable des ressources naturelles nécessite une prise en compte des dimensions sociales, économiques et environnementales. En identifiant les différents acteurs impliqués et leurs intérêts respectifs, il est possible de mettre en place des stratégies de gestion qui répondent aux besoins des communautés locales tout en préservant l'environnement.

En République démocratique du Congo (RDC), précisément au Sud-Kivu, le secteur thermal manque de réglementation spécifique, contrairement à l'esprit de l'article 48 de la Constitution, garantissant l'accès à l'eau potable à tous les citoyens congolais. Bien que la gestion des services publics de l'eau soit régie par la loi sur l'eau (décret n° 22/05 du 1^{er} mars 2022), la régulation

des sources thermales n'existe pas, en dépit de leur nombre important dans la province (Journal officiel, Constitution de la RDC, actualisée par la loi n° 11/002 du 20 janvier 2011) et (décret n° 22/05 du 1^{er} mars 2022). De ce fait, la valorisation de ces ressources naturelles peut être un levier important pour le développement économique et social, à condition d'être menée de manière équitable et durable (Sachs, 2005). Les sources thermales offrent un potentiel intéressant pour le développement du tourisme, secteur du transport, hôtellerie, restaurant, etc. Leur valorisation pourrait contribuer à améliorer les conditions de vie des populations locales, à diversifier les activités économiques et à préserver l'environnement, conformément aux objectifs du développement durable (Egil, F, 2015). Au vu de ce qui précède, le présent travail a pour objet d'étudier les facteurs limitant l'utilisation et la gestion durable des sources thermales au Sud-Kivu, en s'intéressant surtout à évaluer des facteurs socio-culturels et sanitaires des usagers, à identifier des croyances pouvant entraver cette gestion et à évaluer le niveau d'implication des pouvoirs publics dans la gestion durable des sites thermaux du Sud-Kivu en RDC.

Cadre d'étude et Methodologie

Cadre d'étude

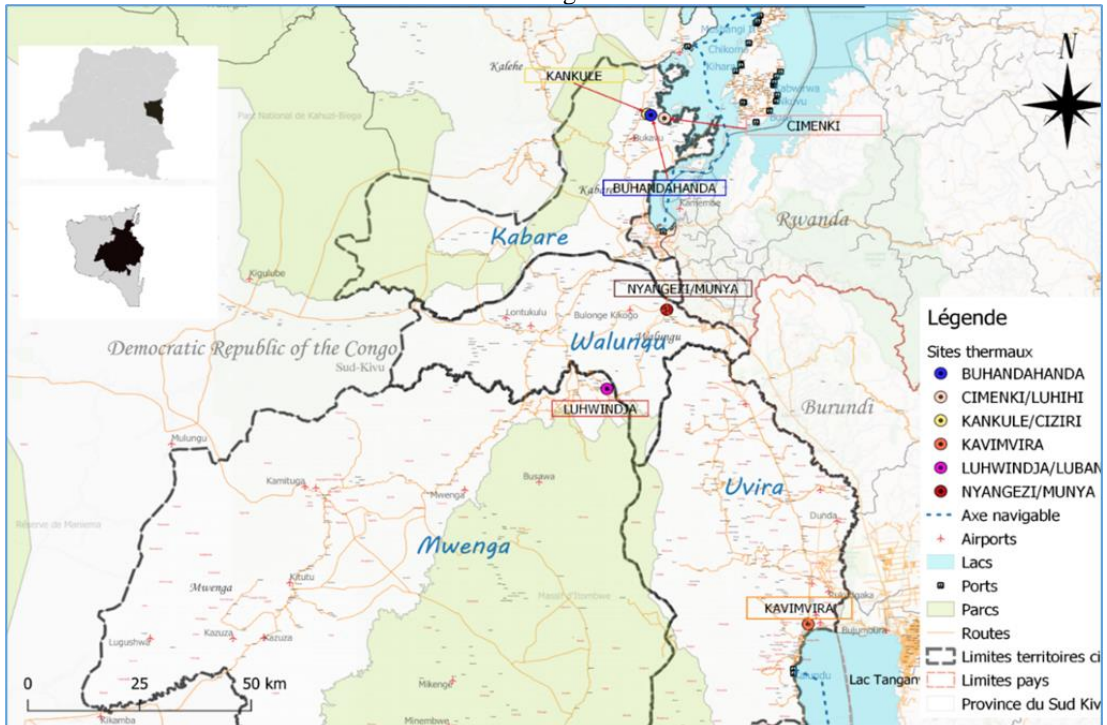
Présentation du milieu d'étude

L'étude a été menée à l'est de la RDC. Entouré à l'est par le Rwanda, le Burundi et la Tanzanie. Le Sud-Kivu est délimité à l'est par la rivière Ruzizi, les lacs Kivu et Tanganyika. Sa population est estimée à 6,2 millions d'habitants sur une superficie de 64 791 km², avec des températures moyennes annuelles comprises entre 11 °C et 25 °C. La province comprend huit territoires (Fizi, Idjwi, Kabare, Kalehe, Mwenga, Shabunda, Uvira et Walungu) et quatre villes (Baraka, Kamituga, Uvira et Bukavu) (BEIGBEDER, E,2021). Le relief est montagneux, il y a la présence de la chaîne des Mitumba, son point culminant est le mont Kahuzi-Biega à 3340m d'altitude. Un climat tropical humide marqué par une alternance de neuf mois de pluie et trois mois de saison sèche propice à l'agriculture, à l'élevage et au commerce (Akilimali, 2016). Plus de 36 sites thermaux sont identifiés à travers les huit territoires qui composent la province du Sud-Kivu. Parmi ces huit territoires, quatre ont particulièrement retenu notre attention : le territoire de Kabare (partie nord du Sud-Kivu), qui regroupe plusieurs sites thermaux importants tels que Buhandahanda (cinq sources majeures), Kankule (trois sources : Ciziri 1 et 2, Byalumba) et Kakondo/Ciminki-Luhihi (quatre sources importantes), situés autour du lac Kivu et de Kahuzi-Biega ; le territoire d'Uvira, au sud de la province, qui comprend deux sites thermaux, Kiliba et Kavimvira(1 et 2) autour du lac Tanganyika et à environ 5 km de la frontière entre la RDC et le Burundi; le territoire de Walungu, où se trouve le site de Nyangezi/Munya, avec plus de cinq sources thermales significatives ; et enfin,

le territoire de Mwenga, avec le site thermal de Luhwindja (source de Lubanda) à l'ouest du Sud-Kivu. La figure 1 montre la localisation des sites d'eaux thermales au Sud-Kivu en RDC.

Carte de six sites thermaux au Sud-Kivu

Figure 1 : Carte des sites d'eau thermale de la province du Sud-Kivu à l'Est de la RD. Congo



Source : Descentes sur le terrain mois de novembre 2023 à janvier 2024

La figure 1 montre que quatre des huit territoires de la province du Sud-Kivu ont été ciblés et visités dans le cadre de la présente étude. Six sites thermaux ont fait l'objet de la présente étude. Il s'observe que la majorité de ces sites s'agglomèrent autour du lac Kivu et le mot Kahuzi-Biega dans la partie nord-est du Sud-Kivu. Il s'agit des sites thermaux de Kankule, Buhandahanda et Ciminki/Luhihi. Tandis que vers le Sud-ouest, c'est le site de Nyangezi/Munya qui est plus proche de la rivière Ruzizi. D'autres sites thermaux se situent le long du lac Tanganyika c'est le cas de Kavimvira, et un peu plus loin vers le sud-ouest, celui de Luhwindja (Mwenga), qui est proche de la rivière Elila.

Méthodologie

Type d'étude

La présente étude est du type ethnographique et a permis d'examiner les facteurs socio-culturels dont les croyances, l'affiliation aux mutuelles de santé (MUSA), etc.

Méthode et techniques

L'étude ethnographique a permis de se rendre compte que les sources thermales constituent un endroit propice pour des échanges d'informations entre les populations locales et leur manière d'utiliser ou de gérer ces eaux. Plusieurs techniques ont été utilisées : l'observation participative, l'entretien, etc. Elle a été réalisée de mai à octobre 2024. Les enquêtes ont ciblé aléatoirement 380 usagers locaux. La méthode qualitative basée sur les interviews avait ciblé 4 responsables des institutions publiques qui gèrent les ressources hydrauliques au quotidien. Au total, 384 personnes enquêtées (840 usagers locaux et 4 responsables d'institutions) ont constitué la taille de l'échantillon. Ainsi, la taille de l'échantillon a été obtenue en suivant la formule de Schwartz (1998), ci-après :

$$n = \frac{z^2(p)(1-P)}{d^2}$$

Où ; n = taille de l'échantillon ; P = proportion estimée (5 %), lorsque p = proportion estimée de la population qui présente la caractéristique (lorsque inconnue, on utilise p = 0,5, ce qui correspond au cas le plus défavorable, c'est-à-dire à la dispersion la plus grande) ; Z = écart correspondant au degré de confiance de 95 %, est de 1,96 ; et enfin, d : degré de précision absolu = 5 % ou 0,05. Après avoir remplacé chaque variable par sa valeur, on a alors :

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}{(0,05)^2}$$
$$n = \frac{0,9604}{0,0025} = 384,16 \text{ soit } 384 \text{ personnes à enquêter}$$

Quant à la répartition de l'échantillon : six (6) sites thermaux où habitent les usagers locaux (380) ont été identifiés au Sud-Kivu. Avec la répartition disproportionnée, nous avons obtenu par site thermal : Luhwindja (64 sujets), Buhandahanda (63), Luhwindja/Lubanda (64), Ciminki (63), Nyangezi/Munya (63) et Kankule (63). Tandis qu'un (1) responsable par institution a été interviewé : coordination provinciale de l'Environnement et Développement Durable (CPEDD/SK), Division Provinciale de la Santé (DPS), Office National de l'Hydraulique Rurale (ONHR) et enfin, Division Provinciale des Ressources Hydrauliques (DVRH). Pour les deux groupes ciblés, nous avons recueilli les données quantitatives et qualitatives sur les paramètres sociodémographiques, les croyances vis-à-vis des eaux thermales. Enfin, quelques gestionnaires des institutions publiques ont été interviewés sur leur niveau d'implication dans la gestion durable des sources hydrothermales.

Resultats

Le tableau des résultats ci-après, repartit les usagers locaux des eaux thermales selon les paramètres sociodémographiques comme on peut le constater dans le tableau ci-après :

Tableau I. Répartition des usagers des eaux thermales enquêtés selon les paramètres sexe, âge, état civil, religion, niveau d'étude, etc.

Paramètres	Modalités	Sites thermaux						Total N=380	Chi ² Pearson P- value
		CIMENKI n=63	Lubanda/ Luhwindja n=64	Munya/ Nyangezi n=63	Kavimvira n=64	Buhandahanda n=63	Kankule n=63		
Sexe (eff %)	Masculin	28(7,4)	30(7,9)	46(12,1)	17(4,5)	31(8,2)	37(9,7)	189(49,7)	6,36 P=0,064
	Féminin	35(9,2)	34(8,9)	17(4,5)	47(12,4)	32(8,4)	26(6,8)	191(50,3)	
Tranche d'âge (eff %)	18-25 ans	17(4,5)	49(12,9)	16(4,2)	8(2,1)	20(5,3)	15(3,9)	125(32,9)	107,57 p=0,000
	25-33 ans	22(5,8)	6(1,6)	21(5,5)	23(6,1)	20(5,3)	16(4,2)	108(28,4)	
	34-41 ans	12(3,2)	4(1,1)	16(4,2)	13(3,4)	12(3,2)	11(2,9)	68(17,9)	
	42-49 ans	6(1,6)	5(1,3)	3(0,8)	8(2,1)	1(0,3)	5(1,3)	28(7,4)	
	50-57 ans	2(0,5)	-	-	5(1,3)	3(0,8)	6(1,6)	16(4,2)	
	58-65 ans	1(0,3)	-	3(0,8)	4(1,1)	5(1,3)	8(2,1)	21(5,5)	
	66ans plus	3(0,8)	-	4(1,1)	3(0,8)	2(0,5)	2(0,5)	14(3,7)	
Etat civil (eff %)	Célibataire	15(3,9)	51(13,4)	30(7,9)	5(1,3)	24(6,4)	18(4,7)	143(37,6)	116,03 p=0,000
	Marié(e)	44(11,6)	12(3,2)	26(6,8)	41(10,8)	36(9,5)	33(8,7)	192(50,5)	
	Veuf (ve)	4(1,1)	1(0,3)	6(1,6)	10(2,6)	2(0,5)	9(2,4)	32(8,4)	
	Divorcé(e)	-	-	1(0,3)	8(2,1)	1(0,3)	3(0,8)	13(3,4)	
Niveau d'étude (eff %)	Analphabète	41(10,8)	-	2(0,5)	19(5,0)	28(7,3)	40(10,5)	130(34,2)	224,20 p=0,000
	Primaire	13(3,4)	-	1(0,3)	23(6,1)	13(3,4)	10(2,6)	60(15,8)	
	Secondaire	9(2,4)	51(13,4)	40(10,5)	21(5,5)	15(3,9)	11(2,9)	147(38,7)	
	Universitaire	-	13(3,4)	17(4,5)	1(0,3)	6(1,6)	2(0,5)	39(10,3)	
	Poste universitaire	-	-	3(0,8)	-	1(0,3)	-	4(1,1)	
Religion (eff %)	Sans religion	-	-	1(0,3)	1(0,3)	-	2(0,5)	4(1,1)	118,45 p=0,000
	Catholique	32(8,4)	19(5)	22(5,8)	22(5,8)	15(3,9)	47(12,4)	157(41,3)	
	Protestant	31(8,2)	45(11,8)	38(10)	24(6,3)	38(10)	14(3,7)	190(50)	
	Musulman	-	-	-	16(4,2)	9(2,4)	-	25(6,6)	
	Brahmaniste	-	-	2(0,5)	-	1(0,3)	-	3(0,8)	
	Kimbanguiste	-	-	-	1(0,3)	-	-	1(0,3)	

Taille ménage (eff %)	du 3-6	24(6,3)	19(5)	20(5,3)	13(3,4)	32(8,5)	30(7,9)	138(36,4)	40,23
	6-8	24(6,3)	25(6,6)	28(7,4)	32(8,4)	24(6,3)	21(5,5)	154(40,5)	p=0,028
	8-10	12(3,2)	14(3,7)	14(3,7)	14(3,7)	6(1,6)	12(3,2)	72(18,9)	
	10-12	1(0,3)	4(1,1)	1(0,3)	5(1,3)	1(0,3)	-	12(3,2)	
	Plus de 12	2(0,5)	2(0,5)	-	-	-	-	4(1,1)	
Profession %	(eff Chômeurs	1(0,3)	15(3,9)	8(2,1)	3(0,8)	4(1,1)	3(0,8)	34(8,9)	236,50
	Agriculteurs	43(11,3)	2(0,5)	4(1,1)	9(2,4)	33(8,7)	45(11,8)	136(35,8)	p=0,000
	Enseignants	2(0,5)	1(0,3)	8(2,1)	2(0,5)	-	-	13(3,4)	
	Fonctionnaires	4(1,1)	11(2,9)	11(2,9)	7(1,8)	5(1,3)	10(2,6)	48(12,6)	
	Petits commerces	13(3,4)	32(8,4)	17(4,5)	38(10)	9(2,4)	1(0,3)	110(28,9)	
	Agent de l'ordre	-	3(0,8)	15(3,9)	1(0,3)	11(2,9)	3(0,8)	33(8,7)	
	Secteur privé	-	-	-	4(1,1)	1(0,3)	1(0,3)	6(1,6)	
Affiliation mutuelle (eff %)	Oui	1(0,3)	7(1,8)	-	1(0,3)	3(0,8)	6(1,6)	18(4,7)	14,59
	Non	62(16,3)	57(15)	63(16,6)	63(16,6)	60(15,8)	57(15)	362(95,3)	p=0,012

Source : Résultats d'enquêtes de terrain de mai à octobre 2024 ; eff. = effectif des enquêtes, % = pourcentage

Les résultats du tableau I montrent qu'il existe des disparités très significatives du test χ^2 de Pearson. On voit les valeurs de p-value strictement inférieures à 0,005 pour tous les paramètres sociodémographiques retenus : sexe (0,000), tranche d'âge (0,000), état civil (0,000), niveau d'étude (0,000), religion (0,000), taille de ménage (0,028), profession (0,000) et affiliation à la mutualité de santé (0,012). Les femmes (50,3 %) utilisent plus ces ressources que les hommes (49,7 %). Âgés entre 18 et 41 ans, mariés (50,5 %), avec un niveau d'études secondaires (38,7 %), il reste une grande partie des communautés locales (34,2 %) n'ayant fréquenté aucune école qui utilise ces ressources. D'autres parts, il se dégage une nette domination d'une population constituée des agriculteurs usagers (35,8 %) au vu de la localisation rurale de l'ensemble des sites thermaux en étude, mais on rencontre d'autres qui pratiquent le petit commerce, les fonctionnaires, les agents de l'ordre, les enseignants, etc. Par contre, il a été remarqué que 95,3 % des usagers ne sont affiliés à aucune mutuelle de santé (assurance maladie) pour bénéficier des soins appropriés eu égard aux risques sanitaires que présentent les sources thermales.

Tableau II. Paramètres des croyances de la population usagère de l'eau thermale

Paramètres	Modalités	Sites thermaux						Total N=380	Chi ² de Pearson P value
		CIMENKI n=63	Lubanda/ Luhwindja n=64	Munya/ Nyangezi n=63	Kavimvira n=64	Buhandahanda n=63	Kankule n=63		
Don de Dieu (eff%)	Oui	63(16,6)	64(16,8)	63(16,6)	45(11,8)	60(15,8)	61(16,1)	356(93,7)	90,299 P=0,000
	Non	-	-	-	2(0,5)	3(0,8)	1(0,3)	6(1,6)	
	Ne sais pas	-	-	-	17(4,5)	-	1(0,3)	18(4,7)	
Bien des ancêtres (eff%)	Oui	63(16,6)	26(6,8)	57(15)	52(13,7)	43(11,3)	34(8,9)	275(72,4)	146,064 P=0,000
	Non	-	7(1,8)	1(0,3)	-	10(2,6)	19(5)	37(9,7)	
	Ne sais pas	-	17(4,5)	1(0,3)	12(3,2)	10(2,6)	10(2,6)	50(13,2)	
	Jamais	-	14(3,7)	4(1,1)	-	-	-	18(4,7)	
Endroit de sanctification et purification (eff%)	Oui	4(1,1)	32(8,4)	1(0,3)	-	1(0,3)	3(0,8)	41(10,8)	240,548 P=0,000
	Non	59(15,5)	22(5,8)	29(7,6)	48(12,6)	62(16,3)	59(15,5)	279(73,4)	
	Ne sais pas	-	5(1,3)	24(6,3)	16(4,2)	-	-	45(11,8)	
	Jamais	-	5(1,3)	9(2,4)	-	-	1(0,3)	15(3,9)	
Endroit où les vaches sans cornes sortent (eff%)	Oui	1(0,3)	52(13,7)	2(0,5)	-	-	1(0,3)	56(14,7)	339,027 P=0,000
	Non	58(15,3)	3(0,8)	30(7,9)	49(12,9)	52(13,7)	51(13,4)	243(63,9)	
	Ne sais pas	4(1,1)	7(1,8)	18(4,7)	4(1,1)	11(2,9)	10(2,6)	54(14,2)	
	Jamais	-	2(0,5)	13(3,4)	11(2,9)	-	1(0,3)	27(7,1)	

Source : Résultats d'enquêtes de terrain de mai à octobre 2024 ; eff. =effectif des enquêtes, %=pourcentage

Tableau III. Niveau de considération du lieu des sites thermaux pour les communautés locales

Paramètres	Modalités	Sites thermaux						Total N=380	Chi ² de Pearson P value
		CIMENKI n=63	Lubanda n=64	Munya n=63	Kavimvira n=64	Buhandahanda n=63	Kankule n=63		
Lieu sacré (eff %)	Oui	6(1,6)	2(0,5)	6(1,6)	3(0,8)	-	3 (0,8)	20 (5,3)	42,835 P=0,000
	Non	51(13,4)	41(10,8)	42(11,1)	49(12,9)	61(16,1)	57(15)	301(79,2)	
	Ne sais pas	6(1,6)	21(5,5)	15(3,9)	12(3,2)	2(0,5)	3(0,8)	59(15,5)	
Lieu dangereux la nuit où les esprits se rencontre (eff %)	Oui	10(2,6)	9(2,4)	5(1,3)	1(0,3)	8(2,1)	12(3,2)	45(11,8)	84,431 P=0,000
	Non	25(6,6)	32(8,4)	18(4,7)	55(14,5)	41(10,8)	45(11,8)	216(56,8)	
	Ne sais pas	28(7,4)	21(5,5)	37(9,7)	7(1,8)	14(3,7)	5(1,3)	112(29,5)	
	Jamais	-	2(0,5)	3(0,8)	1(0,3)	-	1(0,3)	7(1,8)	
Lieux miraculeux (eff %)	Oui	12(3,2)	35(9,2)	4(1,1)	5(1,3)	22(5,8)	19(5)	97(25,5)	89,815 P=0,000
	Non	50(13,2)	25(6,6)	42(11,1)	48(12,6)	41(10,8)	40(10,5)	246(64,7)	
	Ne sais pas	1(0,3)	4(1,1)	16(4,2)	11(2,9)	-	3(0,8)	35(9,2)	
	Jamais	-	-	1(0,3)	-	-	1(0,3)	2(0,5)	
Lieu des cultes ancestraux (eff %)	Non	63(16,6)	64(16,8)	53(13,9)	59(15,5)	63(16,6)	61(16,1)	363(95,5)	29,973 P=0,000
	Ne sais pas	-	-	10(2,6)	5(1,3)	-	2(0,5)	17(4,5)	
	Jamais	-	-	-	-	-	-	-	
Lieu qui calme les esprits (eff %)	Oui	-	2(0,5)	1(0,3)	1(0,3)	1(0,3)	-	5(1,3)	88,410 P=0,000
	Non	63(16,6)	62(16,3)	37(9,7)	47(12,4)	62(16,3)	59(15,5)	330(86,8)	
	Ne sais pas	-	-	25(6,6)	16(4,2)	-	4(1,1)	45(11,8)	

Source : Résultats d'enquêtes de terrain de mai à octobre 2024 ; eff. = effectif des enquêtes, % = pourcentage

Le tableau III veut comprendre comment les communautés locales perçoivent les lieux thermaux et quelles significations ils leur attribuent. Ainsi, les résultats montrent une grande diversité de perceptions concernant les sites thermaux. Les communautés locales attribuent à ces lieux des considérations variées, allant du miraculeux (25,5 %) en passant par le lieu dangereux (11,8 %), sacré (5,3 %), et l'ancestral que personne ne discute. Les résultats du test chi-deux montrent que les perceptions varient significativement d'un site à l'autre des paramètres ; lieu sacré ($p < 0,05$), lieu dangereux la nuit où les esprits se rencontrent ($p < 0,05$), lieu miraculeux ($p < 0,05$) et lieu des cultes ancestraux ($p < 0,05$). Certaines croyances sont plus répandues sur certains sites que sur d'autres. Il sied de souligner l'importance du contexte culturel dans la perception des sites thermaux. Les croyances et les pratiques liées à ces sites thermaux sont fortement influencées par les traditions et les histoires locales. Les résultats qui cadrent avec le niveau de considération du lieu des sites thermaux (lieu sacré, lieu dangereux la nuit où les esprits se rencontrent, lieu miraculeux et lieu des cultes ancestraux) pour les communautés locales en fonction des sites thermaux sont présentés dans le tableau III.

Tableau IV. Régression multivariée des facteurs associés aux paramètres sociodémographiques et connaissances locales des usagers des eaux thermales

Caractéristiques	Odds Ratio (IC à 95%)	Coefficients	P-value
Paramètres sociodémographiques			
Age	0,960 (0,770-1,196)	-0,363	0,716
Sexe	2,084 (1,247-3,482)	2,805	<u>0,005</u>
Fonction	0,927 (0,789-1,090)	-0,074	0,364
Etat civil	0,778 (0,440-1,377)	-2,250	0,390
Niveau d'étude	0,695 (0,518-0,934)	-0,362	<u>0,016</u>
Religion	1,211 (0,773-1,896)	0,837	0,402
Taille de ménage	1,173 (0,828-1,662)	0,159	0,368
Affiliation à une MUSA	2,475 (0,802-7,639)	0,906	0,114
Connaissance des usagers de l'eau thermale			
Canaux de connaissance sur l'ET	0,631 (0,467-0,853)	-2,991	<u>0,0028</u>
Définition donnée à l'ET/ les usagers	0,991 (0,768-1,278)	-0,0088	0,9458
Monnayage de l'eau thermale	0,660 (0,050-8,629)	-0,4149	0,7517
Aspect désagréable de l'eau thermale	0,918 (0,452-1,861)	-0,0846	0,8149
Effet inodore de l'eau thermale	2,040 (0,803-5,184)	0,7134	0,1334
Effet salé de l'eau thermale	1,067 (0,459-2,479)	0,065	0,8798
Effet d'avoir un gestionnaire de source thermale	5,715 (3,025-7,012)	3,6877	0,982
Effet sacré de l'eau thermale	1,796 (0,904-3,569)	0,5859	0,0944
Présence des microorganismes dans l'eau thermale	0,013 (0,000-0,731)	-4,3248	<u>0,0346</u>
Risques sanitaires eaux thermales	0,630 (0,451-0,881)	-0,4611	<u>0,007</u>
Effet de produire de l'électricité	0,905 (0,704-1,162)	-0,0997	0,4349
Effet sacré de l'eau thermale	1,357 (1,049-1,755)	0,3054	<u>0,0199</u>
Absence des microorganismes	2,615 (1,149-5,951)	0,9614	<u>0,0219</u>
Présence des minerais dans l'ET	1,212 (0,938-1,566)	0,1925	0,1408
Types des risques sanitaires	0,902 (0,762-1,067)	-0,1032	0,2296
Utilité de l'eau thermale	0,975 (0,784-1,214)	-0,0244	0,8269

Source : Résultats d'enquêtes de terrain de mai à octobre 2024

Ce tableau IV présente les issues d'une analyse de régression multivariée visant à identifier les facteurs sociodémographiques et les connaissances qui influencent l'utilisation des eaux thermales. Les résultats sont présentés sous forme d'Odds ratio (OR), de coefficients de régression et de p-value. En ce qui concerne les facteurs socio-démographiques, il est remarqué que les femmes sont significativement plus susceptibles d'utiliser les eaux thermales que les hommes (OR = 2,084, $p = 0,005$). Du niveau d'étude : les personnes ayant un niveau d'étude plus élevé sont moins susceptibles d'utiliser les eaux thermales (OR = 0,695, $p = 0,016$). Affiliation à une MUSA : les personnes affiliées à une mutuelle de santé sont plus susceptibles d'utiliser les eaux thermales, mais cette association n'est pas statistiquement significative ($p = 0,114$), comme les autres variables sociodémographiques (âge, fonction, état civil, religion, taille du ménage) n'ont pas d'effet significatif sur l'utilisation des eaux thermales. Des facteurs de connaissances locales et de perceptions des usagers et les canaux de connaissance : les personnes ayant moins de canaux de connaissance sur les eaux thermales sont moins susceptibles de les utiliser (OR = 0,631, $p = 0,0028$). Par ailleurs, la perception d'un effet désagréable ou salé de l'eau thermale est associée à une utilisation moins fréquente, mais ces associations ne sont pas statistiquement significatives. De même, la perception de l'eau thermale comme étant sacrée est associée à une utilisation plus fréquente, mais cette association n'est pas toujours statistiquement significative. La perception d'une présence de microbes ou de risques sanitaires associés à l'eau thermale est fortement associée à une utilisation moins fréquente (OR = 0,013, $p = 0,0346$ et OR = 0,630, $p = 0,007$ respectivement). La présence d'un gestionnaire de source thermale ou la production d'électricité à partir de l'eau thermale n'ont pas d'effet significatif sur l'utilisation.

Tableau V. Répartition des autorités provinciales selon l'analyse qualitative liée à leur implication dans la gestion des sites thermaux au Sud-Kivu

Institutions publiques ayant en charge les ressources hydriques et santé-hygiène communautaire	facteurs liés à la gestion des sites thermaux par les institutions publiques						
	Existence des sites thermaux aménagés en province du Sud-Kivu	Analyse des ET avant leur usage par la population	Type d'analyse faite (physico-Chimiques et microbiologiques)	raison de ne pas faire les analyses	Existence de normes/directives consacrées aux eaux thermales en RDC	de	Elaboration de guide de bonnes pratiques pour la prévention des risques sanitaires
Division provinciale de l'énergie et ressources hydrauliques/Sud-Kivu	Aucun	Aucune	Projet à venir	Manque de matériels et réactifs	Non		Non
coordination provinciale de l'environnement et développement durable /Sud-Kivu	Aucun	Aucune	Aucune	Manque de matériels et réactifs	Non		Non
Office national de l'Hydraulique Rurale (ONHR) /Sud-Kivu	Existe	Aucune	Aucune	Manque de matériels et réactifs	Oui		Non
division provinciale de la santé (DPS) /Sud-Kivu	Aucun	Aucune	Aucune	Ce n'est pas une exigence	Ne sait pas		Non

Source : Enquêtes sur les terrains de mai en octobre 2024

Dans ce tableau V d'analyse qualitative de l'implication des institutions publiques en charge de l'eau et santé-hygiène au Sud-Kivu, il est mis en évidence un manque criant d'implication des institutions publiques dans la gestion des sites thermaux. Malgré le potentiel économique et sanitaire de ces ressources, plusieurs facteurs limitent leur exploitation et leur protection. Les institutions publiques ayant en charge les ressources hydrauliques et hygiène-sanitaires sous leur responsabilité déclarent qu'en majorité, les sites thermaux ne sont pas aménagés par leurs services, ce qui témoigne d'un manque d'intérêt ou de moyens pour valoriser ces ressources, sauf l'avis contraire de l'Office National de l'Hydraulique Rurale (ONHR) du Sud-Kivu. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux thermales, essentielles pour évaluer leur qualité et leur potentiel, ne sont pas réalisées en raison d'un manque de matériel et de réactifs. D'autre part, les exigences pour acquérir un permis d'exploitation ne sont pas clairement définies ou inexistantes. Quant aux directives et réglementations, malgré l'existence de certaines normes au niveau national et provincial, leur application concrète sur le terrain semble limitée. Les principaux constats sont les suivants : Les sites thermaux ne bénéficient d'aucun statut juridique spécifique qui leur conférerait une protection particulière. Il n'existe pas de normes ou de directives nationales consacrées spécifiquement aux eaux thermales, ce qui laisse un vide juridique important. Aucune règle précise n'est définie pour assurer une gestion durable et équitable des ressources en eau thermale et il n'existe pas de document de référence pour prévenir les risques sanitaires liés à l'utilisation des eaux thermales.

Discussion

Caractéristiques sociodémographiques des usagers des eaux thermales au Sud-Kivu

Partant du genre des usagers, les résultats du tableau 1 attestent que le genre a été pris en compte dans le présent travail. On note une légère majorité féminine (50,3 %) parmi les utilisateurs. Ceci se justifie par le fait que les femmes jouent un rôle central dans la société traditionnelle, surtout dans les zones rurales où cette étude a été réalisée. Entre autres rôles, la santé familiale en utilisant les eaux thermales (ET) à des fins préventives ou curatives, même les douleurs articulaires, s'ajoutent aussi à la lessive, à la cuisson et au bain. Selon Belghiti et al. (2020), au Maroc et dans la plupart des pays africains, elles jouent les mêmes rôles en recourant aux ET pour optimiser leur bien-être personnel et celui de leurs familles. Le travail de Férérol, M E. (2023) appuie les résultats de ce travail en montrant que la moitié des gens qui fréquentent les ET, ce sont des femmes. Par occasion, certaines des classes aisées en profitent pour s'émanciper ou du moins pour être davantage conscientes de leurs corps. Ainsi, les résultats de ce travail ont montré que les femmes sont

significativement plus susceptibles d'utiliser les eaux thermales que les hommes (OR = 2,084, $p = 0,005$).

Quant à la tranche d'âge, les jeunes adultes de 18 à 41 ans priment, signe d'une population dynamique et en quête de solutions pour préserver leur santé dans un contexte d'accès limité aux services médicaux modernes suite au taux de chômage accru au sein de ce groupe. D'habitude, les jeunes sont de plus en plus soucieux de l'emploi des ET, ce qui n'est pas le cas chez les personnes d'âge plus avancé, avec une représentation minoritaire en raison de limitations physiques ou d'interprétations culturelles qui relient le recours aux ET à des rituels particuliers. L'inaccessibilité géographique aussi, la plupart des sources thermales sont situées dans des vallées, ce qui est un obstacle aux personnes plus âgées.

Du niveau d'étude : le taux élevé d'utilisateurs analphabètes (34,2 %) révèle les défis éducatifs persistants dans les zones rurales où se situent les sites thermaux. Cependant, la présence d'une minorité ayant un niveau d'études secondaire (38,7 %) ou universitaire (10,3 %) met en évidence une prise de conscience croissante des bienfaits potentiels parmi les couches les plus instruites de la population. Cette antithèse reflète une opportunité pour adapter des campagnes d'éducation sanitaire afin d'informer les différentes catégories d'utilisateurs sur les avantages et les risques des ET. Les résultats trouvés (cfr Tab.1) prouvent que les personnes ayant un niveau d'étude plus élevé sont moins susceptibles d'utiliser les eaux thermales (OR = 0,695, $p = 0,016$). De la profession, la primauté des agriculteurs (35,8 %) est éloquent du caractère rural des sites thermaux étudiés. Dans ces milieux, les méthodes agricoles utilisées sont encore rudimentaires, ce qui fait que les agriculteurs, souvent confrontés à des douleurs musculaires ou à des maladies chroniques liées à des conditions de travail exigeantes, perçoivent les ET comme une alternative naturelle aux soins de santé conventionnels. Ceci établit des situations similaires à celles observées en Asie, où les populations rurales utilisent les ET pour les mêmes raisons Purwaningsih et al. (2017).

De l'affiliation aux MUSA : les résultats du tab. 1 révèlent que le taux d'affiliation aux MUSA est largement faible (4,7 %). Ce chiffre explique que la majorité des utilisateurs des ET ne disposent pas d'une couverture adéquate pour accéder à des soins modernes ou pour traiter les éventuels effets secondaires liés à l'utilisation de ces eaux. L'extrême pauvreté vécue dans ces milieux serait l'un des freins de l'accessibilité de la population aux soins de santé modernes. Par conséquent, cela augmente leur vulnérabilité face aux risques sanitaires, surtout ceux liés aux microbes comme *Pseudomonas aeruginosa* et *Legionella pneumophila* (Capdepuy et Canellas, 1995). L'absence de systèmes d'assurance maladie locaux constitue un frein à la gestion intégrée des risques sanitaires dans cette région. Les résultats soutiennent que les personnes affiliées à une mutuelle de santé sont plus

susceptibles d'utiliser les eaux thermales, mais cette association n'est pas statistiquement significative ($p = 0,114$), comme les autres variables sociodémographiques (âge, profession, état civil) n'ont pas d'effet significatif sur l'utilisation des eaux thermales.

Croyances de la population locale vis-à-vis des eaux thermales

Les sujets enquêtés perçoivent les ET comme un "don de Dieu" ou un "héritage des ancêtres", qui prouvent des influences culturelles profondes. Ces perceptions peuvent être interprétées comme des opportunités et des obstacles à la gestion durable. Par exemple, dans des régions similaires, comme en Indonésie Purwaningsih et al. (2017) avaient signalé que de telles croyances ont été mobilisées pour établir des pratiques communautaires de protection des sources. Au Sud-Kivu, ces croyances pourraient être intégrées dans des programmes de sensibilisation à la gestion durable, avec un rôle accru des chefs traditionnels. Le test du chi-deux montre des variations significatives d'un site à l'autre. Une analyse complémentaire pourrait explorer comment des variables telles que l'éducation, l'histoire sociale des communautés influence ces différences. Cela permettrait de développer des approches différenciées pour mobiliser les usagers dans la gestion des sites.

Conclusion

Les caractéristiques sociodémographiques des usagers révèlent une prédominance des femmes, des jeunes adultes, des agriculteurs et des populations peu ou pas instruites, reflétant le contexte rural des sites étudiés. Les résultats montrent que les communautés locales attribuent à ces lieux des considérations variées : lieu miraculeux (25,5 %), lieu dangereux (11,8 %), sacré (5,3 %), et ancestral que personne ne conteste. Le test du chi-deux montre que les perceptions varient significativement d'un site à l'autre : lieu sacré ($p < 0,05$), lieu dangereux où les esprits se rencontrent ($p < 0,05$), lieu miraculeux ($p < 0,05$) et lieu des cultes ancestraux ($p < 0,05$). Toutefois, la gestion de ces sources est freinée par plusieurs défis : absence de réglementation, infrastructures insuffisantes et sensibilisation limitée. D'où les croyances locales, à double tranchant, peuvent soutenir ou compliquer une gestion durable. Leur intégration dans les stratégies de gestion, via des campagnes éducatives et l'implication des dirigeants traditionnels, permet de combiner savoirs traditionnels et approches modernes.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Agishwe, M.N et AKILIMALI, MS. (2016). Les géoressources du Sud-Kivu et perspectives de leur valorisation, le cahier du BEGE-RDC, n° 1, pp. 4-5.
2. BEIGBEDER, E. (2021). Pauvreté et privations de l'enfant en République Démocratique du Congo : cas de la province du Sud-Kivu.
3. Bouaamlat, H., Hadi, N, Belghiti, N, Sadki, H, Naciri, BM, Abdi, F et Abarkan, M. (2020). Dielectric properties, AC conductivity, and electric modulus analysis of bulk, (1), 8689150.
4. Capdepuy, M & Canellas, J. (1995). Bacterial flora in thermal and mineral waters. Houille blanche. Grenoble, (2), 70-72.
5. Champiat, S., Dercle, L, Ammari, S, Massard, C, Hollebecque, A, Postel-Vinay, S & Ferté, C. (2017). Treated by anti-PD-1/PD-L1. *Clinical Cancer Research*, 23(8), 1920-1928.
6. Cros, V., Bortolotti, P, Romera, M, Talatchian, P, Tsunegi, S, Abreu Araujo, F, & Grollier, J. (2018). Vowel recognition with four coupled spin-torque nano-oscillators. *Nature*, 563(7730), 230-234.
7. Egil, F. (2015). Les Objectifs de développement durable, nouveau «palais de cristal». *Politique africaine*, 140(4), 99-120.
8. Lézy, E & Chouquer, G. (2006). Autour du livre de Philippe Descola. Par-delà nature et culture (paris, Gallimard, « bibliothèque des sciences humaines », 2005, 624 p.). *Études rurales*, (178), 229-252.
9. Journal officiel de la République algérienne, n° 07-69 de l'Aouel Safar 1428 correspondant au 19 février 2007 fixant les conditions et les modalités d'octroi de la concession d'utilisation et d'exploitation des eaux thermales. 20 pages
10. Journal officiel, Constitution de la RDC, actualisée par la loi n° 11/002 du 20 janvier 2011) et (décret n° 22/05 du 1^{er} mars 2022).
11. Kalonda, M. (2010). *Les conflits armés au Sud-Kivu*. Paris : Karthala.
12. Latour, B. (2004). *Politiques de la nature*. La Découverte.
13. Li, H., Ravey, A, N'Diaye, A, & Djerdir, A. (2019). Online adaptive equivalent consumption minimization strategy for fuel cell hybrid electric vehicle considering power sources degradation. *Energy Conversion and Management*, 192, 133-149.
14. Mungai, P. (2012). Le tourisme thermal en Afrique de l'Est : enjeux et perspectives Paris : ajoutez l'édition et le nombre de pages de l'ouvrage
15. Purwaningsih, Noviyanti., Priyo Sambodo. (2017). infestasi cacing saluran pencernaan pada kambing kacang peranakan ettawa di

- kelurahan amban kecamatan manokwari barat kabupaten manokwari provinsi papua barat gastrointestinal helminth infestation on ettawa crossbreed goat in amban subdistrict manokwari barat district manokwari regency west papua province. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* Vol. 5(1): 8 - 12,
16. Redclift, M. (2005). *Développement durable : concepts, enjeux, stratégies*. Armand Colin.
 17. Sachs, J. D. (2005). *La fin de la pauvreté*. Albin Michel.
 18. Tsuruoka, K., et al. (2010). « Impact de la thérapie thermique répétée chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque chronique. » *Journal of Cardiology*, 56(1), 27-32.
 19. Uwimana, A., Legrand, E, Stokes, B. H, Ndikumana, JL M, Warsame, M., Umulisa, N & Menard, D. (2020). Emergence and clonal expansion of in vitro artemisinin-resistant *Plasmodium falciparum* kelch13 R561H mutant parasites in Rwanda. *Nature medicine*, 26(10), 1602-1608.