

European Scientific Journal, *ESJ*

March 2025

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

March 2025 edition vol. 21, No. 9

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 Homberger 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 Lorinczi,
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 Olavegogeoascocoechea,
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 Saliaj,
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 Brajcic,
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 Politécnica 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 Supérieure des Sciences et Techniques (ESSET), Cameroon

Benie Aloh J. M. H.,
Felix Houphouët-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 Supérieure (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 Guédé University, Cote d'Ivoire

Sufi Amin,
International Islamic University, Islamabad 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,
Dnoproptetrovsk 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 Essoh 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

Nouredine 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 Beloke,
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 Bektashi,
"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 Suef 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'Education 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:

Exploring Prevalence and Implications of Burnout Among Nurse Practitioners in Canada.....	1
--	----------

Roberta Heale

Radionuclide diagnosis of Meckel's diverticulum: A case report.....	15
--	-----------

Arben Dhima

Esilda Trushaj

Amarildo Blloshmi

Nutrition Quality of the Child Feeds and Child Feeding Practices of Children Aged Between 6 and 24 Months in Marsabit County, 2023.....	23
--	-----------

Rose Chepkorir

Agatha Christine Onyango

David Masinde

Caroline Patricia Musita

Prediction of Hernia Formation or Cracking of Boiler Water Tubes due to Corrosion.....	36
---	-----------

Sibiri Traore

Enhancing Portal System Resilience with a Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) for Cyber Threat Detection.....61

O.O. Green

M.B. Abdulrazaq

B. Yahaya

Z. Haruna

S.O. Omogoye

A.S. Adegoke

Pratiques Reclusives Post-Patum et Sante Maternelle chez les Odzukru de Côte d’Ivoire.....86

Romuald Atchory Eliasson Mel

Zié Adama Ouattara

Evaluation de la pollution en éléments traces métalliques du sol sur Moringa (Moringa oleifera L.) et Basilic (Ocimum basilicum L.) au Centre de Recherches Géologique et Minière de Niamey au Niger, en Afrique de l’Ouest.....111

Mahamane Moustapha Souley Barhadje

Hama Oumarou

Mahaman Sanoussi Sani Issa

Abdourahamane Tankari Dan Badjo

Facteurs pronostiques de l'accouchement du siège à la Maternité du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé, Togo, du 1er avril 2022 au 31 mars 2023.....132

Baguilane Douaguibe

Pankéyédou Tongou

Dédé R. Ajavon

Ayoko Ketevi

Romario Mawougbe

Abdoul-Samadou Aboubakari

Pauvreté des ménages et recours thérapeutiques en cas d'Infections Respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire.....143

Ibrahima Diarrassouba

Hamidou Kone

Paul Roger Libite

Connaissance des parents sur les effets des écrans chez les enfants de zéro à cinq ans du Centre Hospitalier Régional de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire).....170

Karo Stéphane Georgette Konan N'zue

Adja Evelyne Akaffou

Née Coulibaly Fatoumata Thanon

Caractéristique du peuplement ligneux et stock de carbone le long d'un gradient forêt sacrée-champs de culture dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun.....188

Bertine Tiokeng

Sikati Armel Gabin Tuedom

Tsobou Roger

Sob Kevine Matane

Victor François Nguetsop

Efficacité agronomique de *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. sur la croissance et le rendement du Sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en plein champ en Basse Casamance (Senegal).....211

Boubacar Camara

André Amakobo Diatta

Ibrahima Ndiaye

Lémou Ndiaye

Alioune Ndiaye

Daouda Ngom

Apport et performance de la coloscopie dans le diagnostic des pathologies digestives basses chez les sujets âgés de plus 60 ans : étude descriptive dans la ville de Yaoundé (Cameroun).....229

Antonin Wilson Ndjitoyap Ndam

Marie Josiane Ntsama Essomba

Mohamed Njoya Manjeli

Isabelle Dang Babagna

Désiré Bakelak Domissek

Georges Bougha

Paul Talla

Andoulo Firmin Ankouane

Elie Claude Ndjitoyap Ndam

Exploring Prevalence and Implications of Burnout Among Nurse Practitioners in Canada

Roberta Heale

Full Professor, Laurentian University, Canada

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p1](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p1)

Submitted: 02 January 2025

Accepted: 06 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Heale R. (2025). *Exploring Prevalence and Implications of Burnout Among Nurse Practitioners in Canada*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p1>

Abstract

Introduction: Nurse Practitioners are experiencing unprecedented levels of burnout which is exacerbated by factors unique to this professional group. Additional factors include undervalued professional worth, lack of autonomy, and organizational and systems pressures. This study was conducted to explore NP Burnout in Canada. **Methods:** The NP Burnout Survey, which was designed to capture the unique factors impacting NP burnout, was delivered to 229 NPs across Canada. Responses underwent descriptive and binomial logistic regression analysis. **Results:** More than one-third of NPs are experiencing high levels of burnout. NPs with high burnout are 17 times more likely to leave their position and 66 times more likely to leave the profession. **Conclusion:** Urgent attention and viable solutions are required to mitigate NP's exodus from the profession. Addressing the issues impacting NP burnout will ensure that this profession will meet its full potential in Canada's healthcare system.

Keywords: Nurse practitioners, NPs, burnout, intention to leave, practice autonomy

Introduction

The World Health Organization defines burnout as an 'occupational phenomenon.' It's not a diagnosis, rather it's been classified as a syndrome, directly related to one's occupation. Symptoms of burnout include exhaustion, mental distancing from one's job, feeling negative or cynical about one's job,

and reduced professional efficacy (World Health Organization, 2019). Some common factors among professions that lead to burnout include higher demands, lower resources, lower adaptive organizational attitudes, and female gender (Schlemmer, 2020; West et al., 2018).

Nurse Practitioners (NPs) are regulated across all jurisdictions in Canada and hold significant potential to enhance the healthcare system. NPs have the authority to order diagnostic tests, diagnose and prescribe from the full compendium of pharmaceuticals (Canadian Nurses Association, n.d.) With their broad scope of practice, they are equipped to deliver comprehensive care in various settings, presenting a promising solution to the shortage of primary healthcare providers nationwide. However, many NPs report challenges in fully utilizing their practice potential and experience burnout due to the demands of the current practice environment (Heale, 2021).

A recent study involving 23 NPs across Canada, conducted through four focus groups, validated this assumption. The findings identified distinct challenges contributing to NP burnout, categorized into three main themes: undervalued professional worth, lack of autonomy, and organizational and systemic pressures (Heale, 2025). These issues manifest in various ways. The only option for employment for most NPs is government-appointed positions which are characterized by stagnant and inadequately adjusted remuneration, and limited autonomy within physician-led models and other organizations. Additionally, NPs continuously strive for recognition within the healthcare system and among the general public (Nelson, n.d.). There is often an ongoing need to justify the NP role despite decades of practice, micromanagement that restricts even simple decisions like appointment scheduling, and inequities in remuneration policies. Together, these challenges lead to frustration and exhaustion, exacerbated by a relentless struggle against entrenched systemic barriers.

Social constructs also impact the level of NP burnout. Ninety-one percent of nurses in Canada, including NPs, identify as female (Canadian Nurses Association, 2025). Women respond differently to workplace stress, experiencing significantly higher levels of burnout, in particular emotional exhaustion (Schlemmer, 2020). This gendered disparity in burnout further highlights the need to explore the level of NP burnout in Canada, to develop supportive strategies and policies targeted to the unique stressors of women.

A few examples help to provide context to the NP experience. Both the rate of increase of remuneration and the practice settings which receive public funding for NP positions, play a part in burnout. In the province of Ontario, Bill 124 capped public sector wages, including those of NPs, and although repealed and other public sector worker's salaries increased, there has been no increase in public sector NP funding for years (Jones, 2024). Frustrated by these conditions and the lack of healthcare access, many NPs

have turned to private-pay clinics. Instead of collaborating with NPs to create fair remuneration systems, governments have subjected them to intense scrutiny and criticism and NPs have often had to endure attacks by the media and some professional nursing organizations (MacMillan, 2024).

Competition amongst healthcare providers has even led to the use of political tools to restrict NP practice, highlighting how ‘systems barriers’ continue to add to NP burnout. In this example, a private member’s bill was proposed in Ontario that specifically targeted NPs, aiming to prevent them from charging for care covered by public health insurance (Bill 203, Keeping Primary Care Fair Act (Restricting Private Payments for Nurse Practitioner Services), 2024). It is not illegal for NPs to open private pay clinics, yet this legislation singled out NPs while overlooking other providers, such as physicians, who charge patients even when they alone have the option of billing provincial health plans.

Failing to address NP burnout has serious consequences. Job satisfaction among NPs is low, and the intention to leave the profession remains high (Bourdeanu et al., 2020; Faraz, 2017; Hagan & Curtis, 2018). NPs perceive their care to be a lower quality when they experience burnout (Abraham et al., 2021). The factors contributing to NP burnout directly affect their ability to perform at an optimal level, diminishing their capacity to deliver effective healthcare (Heale, 2021).

This study aimed to assess the extent and particularly the consequences of NP burnout in Canada. The survey offered not only an overview of NP burnout but also underscored the key issues affecting NPs, identifying areas of focus that could help reduce burnout, empower NPs, and improve healthcare delivery.

Methods

NP Burnout Survey

The NP Burnout Survey was used in this study. The complete development process and full psychometric evaluation of this tool will be published elsewhere. This article focuses on the findings of the NP Burnout Survey and their implications.

NP burnout is a complex construct that is influenced by a variety of elements including internal (depression, preparedness for practice, overwhelmed, etc.) (Faraz, 2017); occupational (administration, teamwork, workload, etc.) (Athey et al., 2016; Bourdeanu et al., 2020; Chen et al., 2022; Nelson, n.d.) and external (perception of NP role, regulation, health policy, etc.) (Hagen & Curtis, 2018; Jones, 2024; Nelson, n.d.) each of which impacts outcomes (undervalued professional worth, lack of autonomy, organizational & systems pressures, job satisfaction, intent to leave, family and social disruption, etc.) (Heale, 2025; Nelson, n.d.). The NP Burnout Survey includes

5-point Likert-style items that reflect these areas and captures the extent to which NPs experience burnout in specific categories.

The 79-item NP Burnout Survey was distributed to NPs across Canada through NP Associations, NP professional groups (e.g. NP Central), and social media. Interested parties were directed to the Nurse Practitioner Global Initiatives website where a description of the research was posted along with a button that brought those interested to the survey tool. All phases of the NP Burnout research study including focus groups, survey development, and distribution were approved by the Laurentian University Research Ethics Board, in Sudbury, Ontario, Canada.

The NP Burnout Survey was completed by 229 NPs from March to May 2024. The construct and face validity of the items were confirmed in the development process (Heale & Twycross, 2015). Cronbach's alpha coefficient = 0.812 indicated a high level of internal consistency for this survey (Laerd Statistics, 2018). The item-total statistics reveal that Cronbach's alpha remains above 0.8 even if any item is deleted, confirming high internal consistency, that each item in the NP Burnout Survey contributes strongly and is appropriate (Laerd Statistics, 2018). Factor analysis revealed that while some common themes emerged, many essential items did not load strongly onto distinct factors. As a result, the decision was made not to categorize the items into specific subscales or calculate an overall score, ensuring that individual responses could be interpreted independently.

Analysis

Analysis of the participant responses to the NP Burnout Survey was undertaken. Data were added to SPSS 29. Reverse-scored Likert questions were re-coded. It was determined that the missing data were random. Missing values were imputed into each incomplete variable using the expectation-maximization method (Sammaknejad, 2019), representing up to 17% of total cases (Madley-Dowd et al., 2019). Descriptive statistics were analyzed to provide an overview of the characteristics of the participants.

An analysis was conducted to determine the likelihood and extent to which a variable contributed to NP burnout. A model for binomial regression analysis was constructed as it allows for the estimation of odds ratios, providing insights into the relative impact of predictors (Laerd Statistics, 2018). The dependent variable 'To what extent do you feel burned out in your NP role' was recoded into a dichotomous variable with 'not at all'; 'slightly' and 'moderately' coded as 1= low (n=149) to moderate burnout and 'very much' and 'extremely' to 2= high burnout (n=80).

In order to focus on the contribution of organizational, or systems items to NP burnout, variables related to the personal outcome of burnout on an individual's mental health, or the personal lives of participants were

removed from the model. Correlations explored associations between the remaining items and the new dichotomous burnout variable. Survey items that were not significant were removed from the regression analysis along with demographic items age, time as an NP, type of NP license, and highest level of education, which were not significant. Using this process a total of 24 items were not included in the regression model.

The fittingness of the model was demonstrated through The Omnibus test of model coefficients, the overall fit of the model, was statistically significant ($p < 0.001$). Hosmer and Lemeshow Test goodness of fit test was not significant ($p = 0.10$), suggesting that the model is a good fit, and the Nagelkerke R Square value explains >80% of the variation in the model (Laerd Statistics, 2018).

Results

The Mean age of participants was 46.45. The minimum age was 27 and the maximum was 70; The range of age was 43 years. The mean time in practice as a NP was 12.15 years with a range of 50 years. Additional characteristics of the sample are presented in Figures 1, 2, 3, and 4.

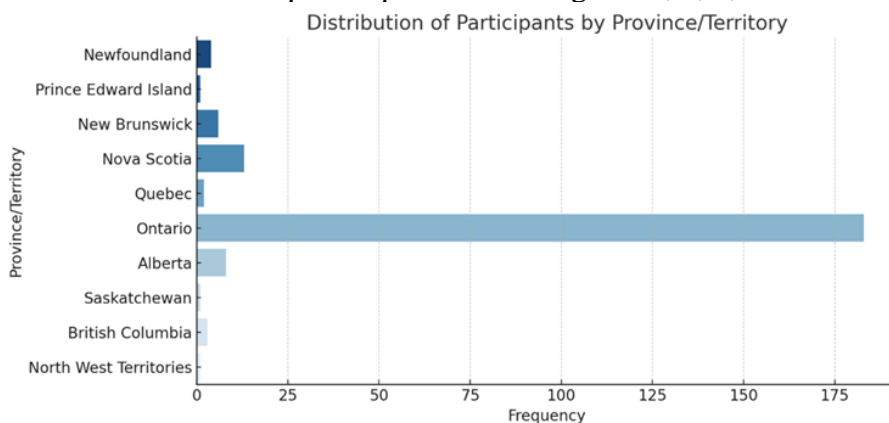


Figure 1: Distribution of Participants by Province/Territory

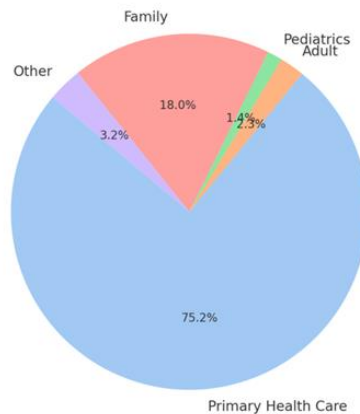


Figure 2: License Category of Participants

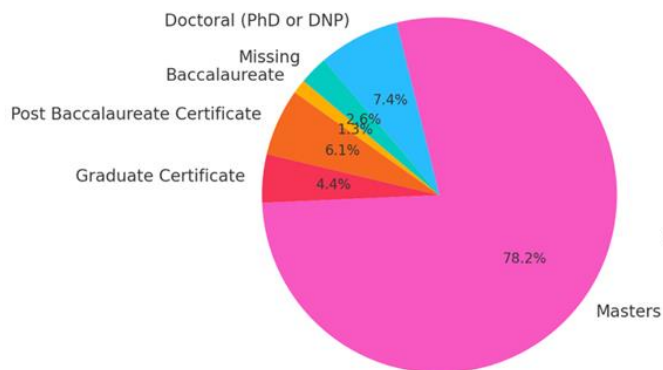


Figure 3: Education Level of Participants

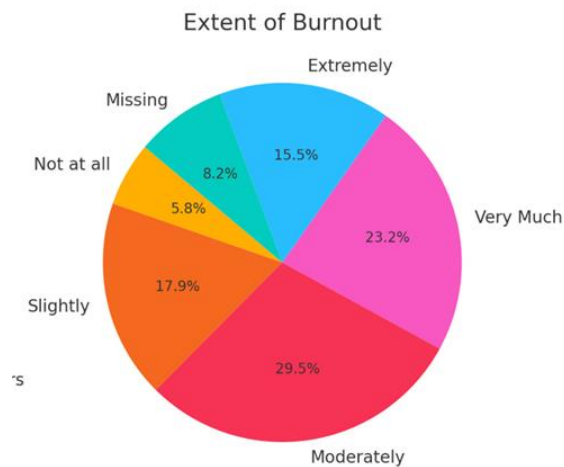


Figure 4: Level of Burnout of Participants

Using the dichotomous variable for NP burnout, chi-square tests of association were used to analyze the level of burnout related to the clinical practice site. None of the sites was significantly associated with high NP burnout except for NPs who worked in nurse practitioner-led clinics: $\chi^2(1) = 8.079, p = 0.005$.

The binomial regression analysis presented in Table 1 highlights several significant associations with nurse practitioner (NP) burnout. Notably, items with statistically significant odds ratios less than 1 are italicized and won't be discussed in this article. However, items with particularly strong associations are bolded for emphasis.

Table 1: NP Burnout Survey Regression Analysis

To what extent ...	B	S.E.	Wald	p	Odds	CI C.I. 95% for Odds	
						Lower	Upper
do you think other NPs in your organization, or colleagues are burnt out?	3.588	1.623	4.887	.027	36.152	1.502	870.058
do you find your practice meaningful?	1.934	1.009	3.674	.055	6.916	.957	49.970
are you micromanaged in your current workplace?	-1.472	.915	2.591	.107	.229	.038	1.378
are the treatment plans you develop for your patients altered by other providers or because of administrative policies?	-1.937	1.186	2.669	.102	.144	.014	1.472
would you have chosen an NP position in a different setting, model, or organization, had it been available to you?	<i>-1.589</i>	<i>.745</i>	<i>4.546</i>	<i>.033</i>	<i>.204</i>	<i>.047</i>	<i>.880</i>
has as an NP student or a practicing not at all NP, has a strong and powerful NP role been modeled?	<i>-4.184</i>	<i>1.559</i>	<i>7.200</i>	<i>.007</i>	<i>.015</i>	<i>.001</i>	<i>.324</i>
do you feel like an equal to physicians not at all in your practice setting?	1.409	.797	3.123	.077	4.093	.858	19.540
do you practice in isolation?	.246	.704	.123	.726	1.279	.322	5.080
does your practice extend beyond care for medical conditions, into addressing patient's social determinants of health?	1.382	.844	2.680	.102	3.984	.761	20.844
would you classify your patient not at all population as vulnerable and/ or complex?	1.529	1.049	2.126	.145	4.615	.591	36.052
are you intending to leave your current not at all job?	2.834	1.103	6.600	.010	17.009	1.958	147.770
are you interested in finding employment outside of the NP role?	4.195	1.578	7.064	.008	66.340	3.008	1462.912
would you find an NP position in a healthcare sector other than the one you are currently working in?	-1.092	.695	2.471	.116	.336	.086	1.310
is the purpose of your practice to fill gaps in physician practices?	.937	.783	1.433	.231	2.553	.550	11.843
Is remuneration a factor in your level of burnout?	-1.578	1.052	2.247	.134	.206	.026	1.624
are you able to determine numbers of not at all patients in your practice?	<i>-2.415</i>	<i>.926</i>	<i>6.804</i>	<i>.009</i>	<i>.089</i>	<i>.015</i>	<i>.549</i>
are you able to determine the addition of new patients to your workload?	-.498	.745	.448	.503	.608	.141	2.615

do the members of your team (physicians, administration, other) know, or understand your role (scope of practice)?	4.147	1.805	5.282	.022	63.264	1.841	2173.622
are the members of your team (physicians, other health care providers, administration) supportive of your role?	-6.799	2.121	10.274	.001	.001	.000	.071
does ambiguity of your role contribute not at all to your level of burnout?	1.201	.914	1.724	.189	3.322	.553	19.942
are you able to flex your time in your position?	-1.602	1.005	2.541	.111	.202	.028	1.445
does your organization support and endorse self-care to prevent burnout and address mental health concerns?	1.468	.716	4.198	.040	4.339	1.066	17.669
do you think the health issues of patients you see are beyond your personal professional capacity to manage?	1.353	.969	1.951	.163	3.870	.579	25.845
do you worry about making a mistake in a treatment plan that harms a patient?	.168	.737	.052	.819	1.183	.279	5.020
do you feel 'decision fatigue' (the feeling of not wanting to solve any more patient problems)?	.730	.743	.964	.326	2.074	.483	8.900
do you feel 'compassion fatigue' (inability to continue to feel an emotional connection to patients)?	-1.136	.776	2.141	.143	.321	.070	1.470
you feel that your education program prepared you to practice in your current NP position?	-3.597	1.553	5.367	.021	.027	.001	.575
does your NP position require knowledge and skills that were not part of your NP education program?	1.940	1.135	2.919	.088	6.957	.752	64.405
did you in the past, or do you now, none at all receive mentorship?	-1.796	1.000	3.222	.073	.166	.023	1.179
are you expected to take on additional responsibility such things as 'on call', reception, or administrative issues such as policy development?	1.597	.670	5.679	.017	4.939	1.328	18.372
are you able to collaborate with other not at all providers for the care of your patients (including slightly physicians, social workers, physiotherapists etc.)?	-2.648	1.140	5.397	.020	.071	.008	.661
does regulation impact your level of burnout (e.g. scope of practice regulation, laws related to remuneration etc.)?	-1.425	1.018	1.960	.161	.241	.033	1.768
society's view, or understanding of the NP role impact your level of burnout?	-2.704	1.372	3.886	.049	.067	.005	.985
you feel 'heard' when you bring up issues in your workplace?	-.874	.898	.947	.330	.417	.072	2.426
do you feel respected in your not at all workplace?	-.793	1.158	.469	.494	.452	.047	4.381
do you feel respected by your professional organizations?	6.821	2.542	7.200	.007	916.768	6.287	133681.83
Do you feel respected by not at all regulators/government?	-1.130	1.086	1.081	.298	.323	.038	2.717
do you feel demoralized in your NP practice?	1.681	1.381	1.481	.224	5.369	.359	80.398

is critique, or feedback in your workplace directed to you personally and not related to NP practice?	.381	.704	.293	.588	1.464	.368	5.819
do you think the 'constant systems fight' (for recognition, regulation, pay etc.) contributes to your level of burnout?	1.604	.856	3.511	.061	4.972	.929	26.615
do strategies and lobbying by physician groups for better benefits for themselves influence your level of burnout?	-2.039	.925	4.864	.027	.130	.021	.797
do you feel exploited in your NP role?	1.089	.813	1.791	.181	2.970	.603	14.626
are you expected to shoulder the full clinic load while physician colleagues work elsewhere?	.847	.678	1.560	.212	2.333	.617	8.812
do you feel confident in your practice?	.991	1.388	.510	.475	2.693	.177	40.879
do you feel motivated in your practice?	-3.596	1.322	7.396	.007	.027	.002	.366
are you able to complete patient documentation?	.295	.709	.173	.677	1.343	.335	5.387
are you expected to complete unfinished work at home?	.268	.651	.169	.681	1.307	.365	4.680
do you stay late to complete unfinished work?	3.012	1.320	5.208	.022	20.34	1.530	270.25
do you experience moral injury in your workplace (distress as a response to acting or rarely witnessing behaviors that go against your values and moral beliefs)	-2.813	1.338	4.420	.036	.060	.004	.827
do you think the expectations for the NPs in your workplace unrealistic?	.316	.781	.164	.686	1.372	.297	6.346
do you have enough resources to adequately provide care in your practice?	1.054	.738	2.043	.153	2.870	.676	12.185
are you expected to complete statistics, or reports to demonstrate the value of your position?	-.710	.660	1.158	.282	.492	.135	1.792
is the funding for your position precarious?	.433	.734	.347	.556	1.541	.366	6.497
are you able to provide holistic care?	-.039	1.032	.001	.970	.962	.127	7.269
are you able to take part in continuing education opportunities?	-2.925	1.523	3.688	.055	.054	.003	1.062
do you feel that NPs are in competition with physicians in the healthcare system?	-1.563	.902	3.003	.083	.210	.036	1.227

df= 1

Figure 5 includes a Bubble Chart of these values.

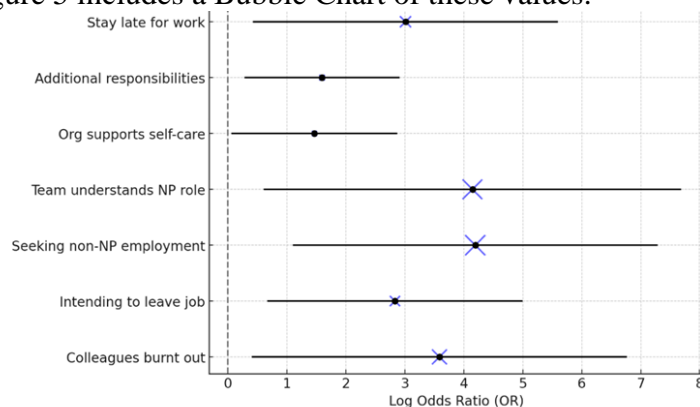


Figure 5. Bubble Table Highlighting Strongest Associations in the Regression Analysis

These findings include the following: NPs who perceive their colleagues as experiencing burnout are 36 times more likely to report burnout themselves ($p = 0.03$). NPs who are experiencing high levels of burnout are 17 times more likely to intend to leave their role ($p = 0.01$), and 66 times more likely to consider employment outside the NP profession ($p = 0.01$). Burned-out NPs have 63 times higher odds of reporting that their team understands their scope of practice ($p = 0.02$) and are 4 times more likely to work in organizations that promote self-care and mental health initiatives to address burnout ($p = 0.04$). NPs who frequently stay late to complete unfinished work are 20 times more likely to experience burnout ($p = 0.02$). Additionally, those expected to take on non-clinical responsibilities, such as being on call, handling reception duties, or engaging in administrative tasks like policy development, have 4 times higher odds of reporting burnout ($p = 0.02$).

Discussion

The findings are deeply troubling, indicating that burnout among NPs is widespread and has profound implications. While it is well-documented that burnout contributes to high turnover intentions among NPs, the staggering likelihood of leaving their current position and, particularly leaving the profession altogether, is alarming. NPs hold immense potential in addressing healthcare challenges such as shortages in primary care providers, and to significantly improve health system outcomes. Yet, despite this potential, the conditions leading to such severe burnout have been allowed to persist.

Some findings provide context for this phenomenon. For instance, when NPs report that their teams understand their scope of practice, it suggests they are practicing to the full extent of their knowledge and skill. It is anticipated that NPs in NPLCs will work to their full regulated scope. While this is ideal in theory, in practice, it often results in increased clinical burdens without adequate support or resources. Even organizations that offer self-care initiatives may fall short when the expectations for NPs are excessive as evidenced by such things as the need to stay late to complete charting. Although working to the full scope of practice is associated with reduced burnout, achieving this requires autonomy over one's practice (Athey et al., 2016). Even with the added responsibilities and burdens of solo practice, the ability to make independent practice decisions results in less burnout in this model (Edwards et al., 2018).

Combined with the persistent systemic struggles for recognition, equitable pay, and practice autonomy, burnout is compounded by added responsibilities and liability without appropriate authority, leading to an ongoing fight for fairness (Heale, 2025). Addressing systemic inequities remains a monumental challenge.

Social Impact and Future Research

These findings could help inform strategies to reduce burnout in NPs, aiming to prevent a loss of professionals from the healthcare field and ensure they are able to work to their full potential. Clinical issues such as micromanaging details of NP practice appear to arise from current organizational structures. Addressing the systemic barriers to NP practice has the potential to change the dynamic within clinical settings and reduce NP burnout. These barriers include legislative changes that advocate for equitable remuneration policies, such as revising public sector wage freezes or caps and ensuring NPs receive fair compensation for their work (Nelson, n.d.). Additionally, reforming regulations to grant NPs greater autonomy in decision-making and practice is essential (Athey et al., 2016). This would require the allocation of sufficient funding to ensure NPs have access to the necessary tools, staff, and infrastructure for efficient practice (Brom et al., 2016; Chen & Lin, 2022).

Vital, but more difficult changes are required in promoting awareness of the NP role to increase recognition of their contributions to healthcare. This should be tied to the development and implementation of policies that encourage effective interprofessional collaboration and respect for all roles within the healthcare system (Nelson, n.d.).

Finally, an investment in ongoing research to monitor NP burnout rates and develop evidence-based interventions tailored to their needs would demonstrate commitment to addressing the needs of NPs. Future research could be focused on the impact of changes to practice management as well as legislation on the level of NP burnout to ensure that the strategies are achieving their aim.

Limitations

This study has limitations that should be considered when interpreting the findings and their implications for addressing burnout in the NP workforce. The survey was delivered to 229 NPs across Canada, which, while valuable, may not be fully representative of the broader NP population and reduces the generalizability of the findings to the national NP workforce. The voluntary nature of the survey may have introduced response bias, as individuals experiencing higher levels of burnout may have been more motivated to participate, potentially skewing the results toward more severe outcomes. The majority of respondents were from one province. Disproportionate regional representation could limit the applicability of the findings to specific provinces or territories. The cross-sectional nature of the survey provides a snapshot of burnout levels at a single point in time, limiting the ability to infer causality or evaluate temporal trends in burnout among NPs. The study does not address contextual variables, such as healthcare system differences, patient

demographics, or broader societal stressors like the COVID-19 pandemic, which may have influenced burnout levels. Finally, the reliance on self-reported measures of burnout and intentions to leave the profession introduces subjectivity, as responses may be influenced by personal perception and recall bias.

Conclusions

Nurse Practitioners (NPs), like other healthcare professionals in Canada and across the world, are experiencing unprecedented levels of burnout (Nelson, n.d.). Unlike other health professionals, the factors influencing NPs include issues of professional recognition, value, and autonomy over their practice. Systemic barriers, coupled with a lack of meaningful support, exacerbate burnout and drive many NPs to consider leaving their roles, or the profession entirely. A one-size-fits-all approach to strategies for reducing burnout will not have a significant impact on NPs. These professionals, their employers, regulators, and the public must be made aware of the challenges faced by NPs to ensure that the issues are appropriately addressed to provide optimal healthcare.

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

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

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

Declaration for Human Participants: This research followed the Government of Canada Panel on Research Ethics' Tri-Council Policy for Ethical Conduct for Research Involving Humans. The research was approved by the Research Ethics Board at Laurentian University, Sudbury, Ontario, Canada.

References:

1. Abraham, C. M., Zheng, K., Norful, A. A., Ghaffari, A., Liu, J., & Poghosyan, L. (2021). Primary care nurse practitioner burnout and perceptions of quality of care. *Nursing Forum*, 56(3), 550–559. <https://doi.org/10.1111/nuf.12579>
2. Athey, E. K., Leslie, M. S., Briggs, L. A., Park, J., Falk, N. L., Pericak, A., El-Banna, M. M., & Greene, J. (2016). How important are autonomy and work setting to nurse practitioners' job satisfaction? *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 28(6), 320–326. <https://doi.org/10.1002/2327-6924.12292>
3. Bill 203, Keeping Primary Care Fair Act (Restricting Private Payments

- for Nurse Practitioner Services), 2024, Bill 203.
<https://www.ola.org/en/legislative-business/bills/parliament-43/session-1/bill-203>
4. Bourdeanu, L., Zhou, Q. P., DeSamper, M., Pericak, K. A., & Pericak, A. (2020). Burnout, workplace factors, and intent to leave among hematology/oncology nurse practitioners. *Journal of the Advanced Practitioner in Oncology*, 11(2), 141–148.
<https://doi.org/10.6004/jadpro.2020.11.2.2>
5. Brom, H. M., Melnyk, B. M., Szalacha, L. A., & Graham, M. (2016). Nurse practitioners' role perception, stress, satisfaction, and intent to stay at a Midwestern academic medical center. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 28(5), 269–276.
<https://doi.org/10.1002/2327-6924.12278>
6. Canadian Nurses Association. (2025). Nursing Statistics Retrieved from: <https://www.cna-aic.ca/en/nursing/regulated-nursing-in-canada/nursing-statistics>
7. Canadian Nurses Association. (n.d.). Nurse Practitioners. What are nurse practitioners. Retrieved from: [https://www.cna-aic.ca/en/nursing/advanced-nursing-practice/nurse-practitioners#:~:text=Nurse%20practitioners%20\(NPs\)%20are%20registered,Perform%20medical%20procedures](https://www.cna-aic.ca/en/nursing/advanced-nursing-practice/nurse-practitioners#:~:text=Nurse%20practitioners%20(NPs)%20are%20registered,Perform%20medical%20procedures)
8. Chen, Y. J., & Lin, K. P. (2022). Association among work characteristics, role transition, and job burnout in nurse practitioners in Taiwan. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 59, 004695802210814.
<https://doi.org/10.1177/00469580221081403>
9. Edwards, S. T., Marino, M., Balasubramanian, B. A., Solberg, L. I., Valenzuela, S., Springer, R., Stange, K. C., Miller, W. L., Kottke, T. E., Perry, C. K., Ono, S., & Cohen, D. J. (2018). burnout among physicians, advanced practice clinicians and staff in smaller primary Care practices. *Journal of General Internal Medicine*, 33(12), 2138–2146. <https://doi.org/10.1007/s11606-018-4679-0>
10. Faraz, A. (2017). Novice nurse practitioner workforce transition and turnover intention in primary care. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 29(1), 26–34.
<https://doi.org/10.1002/2327-6924.12381>
11. Hagan, J., & Curtis, D. L. (2018). Predictors of nurse practitioner retention. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 30(5), 280–284. <https://doi.org/10.1097/JXX.0000000000000049>
12. Heale, R. (2021). Theory of the evolution of nurse practitioner practice. *Nurse Practitioner Open Journal*, 1(1), 23–36.
<https://doi.org/10.28984/npoj.v1i1.340>

13. Heale, R., & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. *Evidence Based Nursing*, 18(3), 66–67. <https://doi.org/10.1136/eb-2015-102129>
14. Heale, R. (2025). An exploration of the unique factors contributing to NP burnout. *Nurse Practitioner Open Journal*, Online First. <https://npopenjournal.com/index.php/npoj/article/view/478>
15. Jones, A. (2024, March 15). Ontario has to pay public sector workers \$6B and counting in Bill 124 compensation. *The Canadian Press*.
16. Laerd Statistics. (2018). *Cronbach's Alpha (α) using SPSS Statistics*. Laerd Statistics. <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/cronbachs-alpha-using-spss-statistics.php>
17. MacMillan, S. (2024, March 1). Murky rules for nurse practitioners give rise to private clinics in Ontario Clinics are popping up across the province, says Nurse Practitioners' Association of Ontario. *CBC News*.
18. Madley-Dowd, P., Hughes, R., Tilling, K., & Heron, J. (2019). The proportion of missing data should not be used to guide decisions on multiple imputation. *Journal of Clinical Epidemiology*, 110, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.02.016>
19. Nelson, J. (n.d.). *A silent struggle: Medscape nurse practitioner burnout & depression report 2024*. Medscape Nurses. <https://www.medscape.com/slideshow/2024-np-burnout-rpt-6017518#2>
20. Sammaknejad, N., Zhao, Y., & Huang, B. (2019) A review of the expectation maximization algorithm in data-driven process identification. *Journal of Process Control*, 73, 123–136. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2018.12.010>.
21. Tanya Schlemmer. (2020). Nurse practitioner occupational burnout: A focus on the variables and themes. *International Journal of Nursing and Health Care Research*. <https://doi.org/10.29011/2688-9501.101160>
22. West, C. P., Dyrbye, L. N., & Shanafelt, T. D. (2018). Physician burnout: Contributors, consequences and solutions. *Journal of Internal Medicine*, 283(6), 516–529. <https://doi.org/10.1111/joim.12752>
23. World Health Organization. (2019). *Burn-out an "occupational phenomenon:" international classification of diseases*. https://www.who.int/mental_health/evidence/burn-out/en/

Radionuclide diagnosis of Meckel's diverticulum: A case report

Arben Dhima

Radiologist, Head of Department of Imaging and Nuclear Medicine,
American Hospital, Albania

Esilda Trushaj

Radiology resident in the Department of Imaging and Nuclear Medicine,
QSUT, Lecturer at the University of Medicine, Tirana, Albania

Amarildo Blloshmi

Radiology resident in the Department of Imaging and Nuclear Medicine,
QSUT, Albania

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p15](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p15)

Submitted: 23 November 2024

Accepted: 25 February 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dhima A., Trushaj E. & Blloshmi A. (2025). *Radionuclide diagnosis of Meckel's diverticulum: A case report*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 15.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p15>

Abstract

Introduction: Meckel's diverticulum is a common congenital anomaly of the small intestine that results from the incomplete obliteration of the vitelline duct (omphalomesenteric duct). The most common symptom leading a patient to the emergency department is painless gastrointestinal bleeding. The most sensitive diagnostic test is the Meckel radionuclide scan using ^{99m}Tc-pertechnetate, commonly known as the Meckel scan. This case report presents an 18-year-old patient who came into the emergency department with gastrointestinal bleeding and was diagnosed with Meckel's diverticulum using Meckel scan. **Methodology and Discussion:** An 18-year-old male patient presented to the emergency department with hematochezia, several days of abdominal pain, nausea, and vomiting. After clinical assessment and objective examination, several tests were conducted, all of which returned normal results. The clinical suspicion pointed towards Meckel's diverticulum. The diagnosis was confirmed with a simple examination: scintigraphy, a nuclear imaging method in which technetium-99m is injected and absorbed by the mucous-producing cells of the ectopic gastric mucosa. The patient underwent

laparotomy and the histopathological examination confirmed the diagnosis of Meckel's diverticulum. **Conclusion:** Scintigraphy is the appropriate diagnostic modality in cases of unexplained gastrointestinal bleeding when Meckel's diverticulum is suspected. This radionuclide scan has very high specificity and sensitivity when performed according to protocol. Additionally, it is a low-cost examination with lower radiation exposure compared to other imaging modalities.

Keywords: Meckel's diverticulum, nuclear medicine, scintigraphy, technetium-99m, gastrointestinal bleeding

Introduction

Meckel's diverticulum is a common congenital anomaly of the small intestine that results from the incomplete obliteration of the vitelline duct (omphalomesenteric duct). In early fetal life, the vitelline or omphalomesenteric duct that connects the midgut to the yolk sac is normally obliterated by the sixth week. (MSD manuals, Jul 2024). If the portion connecting to the ileum fails to atrophy, a Meckel diverticulum results. This congenital diverticulum arises from the antimesenteric margin of the intestine and contains all layers of the normal bowel and is thus a true diverticulum. In less than 25% of patients, a Meckel diverticulum also contains heterotopic tissue of the stomach that are parietal cells that secrete hydrochloric acid, pancreas, or both.

Its prevalence is 3-5 times higher in males than in females and occurs in about 2% of the population (Chang YC et al, 2021). Most patients are asymptomatic and the most common symptom that leads a patient to present to the emergency department is painless gastrointestinal bleeding, as the ectopic gastric mucosa secretes acid that is not neutralized, leading to ulceration. In all ages, intestinal obstruction is manifested by cramping abdominal pain, nausea, and vomiting. Acute Meckel diverticulitis is characterized by abdominal pain and tenderness typically localized below or adjacent to the umbilicus. Its occurrence in males and females is equal, but incidence of complications is three to four times greater in males. The most frequent complications in the adults are: obstruction due to the intussusception or adhesive band (14%-53%); ulceration (<4%); diverticulitis; and perforation. (Sagar et Kumar, 2006).

It is important to emphasize that imaging diagnosis remains challenging. The most preferred diagnostic method is laparoscopy in doubtful cases. However, laparoscopy is not an initial step of diagnostic modalities as it is more invasive compared to conventional imaging methods (Malik et al, 2010). Ultrasonography it is not specific for diagnosis, it may reveal only the disease complications. Computed tomography may reveal a gas-filled

structures or blind-ending fluid in continuity with the small intestine. Angiograms of the arteria mesenterica superior may display the location of the hemorrhage and the reason for the hemorrhage. Nevertheless, the most sensitive imaging examination and non-invasive commonly used is the Meckel scan, a Meckel radionuclide scan with ^{99m}Tc -pertechnetate.

Laparoscopy is the instrument most commonly chosen for symptomatic Meckel's diverticula. The diverticulum should be resected with primary closure of the small intestine. It is important to ensure that all ectopic mucosa is resected. If the lesion is resected for bleeding the intestinal mucosa should be inspected for the presence of an ulcer.

Literature review

Meckel's diverticulum is the most common congenital abnormality of the gastrointestinal tract, but it is often difficult to diagnose because the symptoms are not specific. The most useful method of detection of a Meckel's diverticulum is technetium- 99m pertechnetate scanning. There are studies that reveal that In children, the scan has a sensitivity of 85 percent and a specificity of 95 percent. (Martin et al, 2000).

The protocols are very important when performing Meckel scan for accurate results. Studies have shown that the sensitivity of a Meckel's scan can be increased by administering pentagastrin, glucagon, or H_2 antagonists or by imaging with single-photon emission CT instead of the usual planar imaging (Kotha et al, 2014). Based on The Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (SNMMI) guidelines, preexamination fasting of 3 to 4 hours may improve sensitivity for the detection of ectopic gastric mucosa. If possible, all drugs or procedures that may irritate the gastrointestinal tract should be stopped for 2 to 3 days before the study.

It is found that younger patients (especially those younger than 4 years) tend to present with obstruction, whereas older patients tend to present with bleeding. The frequency of symptomatic Meckel diverticulum decreased with age in the pediatric population and in the adult population. (Park et al, 2005) Because of the rare incidence of Meckel diverticulum, most publications are case reports. In an article similar to us, a seventeen-year-old boy was presented to the emergency department with massive hematochezia. It was performed abdominal computed tomography as the first radiological exam. There was a suspicion for Meckel diverticulum and after that technetium- 99m ^{14}mci was administered intravenously. The scintigraphy images revealed a focal area of increased radiotracer in the right lower abdominal quadrant. Laparoscopy and histopathology later confirmed the diagnosis. (Ramadas et Janis, 2005).

Objective

In this case report, we present the case of an 18-year-old male patient who presented to the emergency department and was diagnosed with Meckel's diverticulum using the Meckel scan. The objective of this report is to evaluate and demonstrate the importance of scintigraphy in diagnosing this pathology.

Methodology and Discussion

An 18-year-old male patient presented to the emergency department with hematochezia, abdominal pain lasting several days, nausea, and vomiting. He had no prior history of similar pain and his medical history revealed no previous diseases or surgical interventions. After clinical assessment and objective examination, several tests were performed, including fibrogastroscopy, colonoscopy, abdominal computed tomography (CT) without contrast, abdominal CT angiography, and abdominal magnetic resonance imaging with contrast. All these examinations were normal, showing no vascular thrombosis, no free peritoneal fluid, or evidence of contrast extravasation and intestinal obstruction.

A few days later, the patient underwent a repeat abdominal CT scan, which revealed changes indicative of intestinal obstruction, with dilated intestinal loops up to 30 mm in diameter. The only diagnostic suspicion remained a segment of the ileum with a hyperdense lumen, suspicious for Meckel's diverticulum.

It has been proved that preoperative diagnosis is difficult and a suspicion of Meckel's diverticulum must be investigated if the patient is presented with abdominal pain, bleeding per rectum, or intestinal obstruction (An and Zabbo, 2024).

The diagnosis was confirmed with a simple examination: scintigraphy, a nuclear study performed by injecting technetium-99m, which is absorbed by the mucous-producing cells of the ectopic gastric mucosa, secreted into the intestinal lumen, and allows for visualization of the diverticulum. The image showed an increased focus of radiotracer activity 5-10 minutes after injection. The intensity of the radiotracer activity varies based on intestinal peristalsis and secretions.

The patient underwent laparotomy, and an ileo-ileal anastomosis was performed 50 cm from the ileocecal valve. The specimen was sent to the pathology department for histopathological analysis which confirmed the diagnosis of Meckel's diverticulum with ectopic gastric mucosa.

The technique used to perform the Meckel scan is crucial for obtaining accurate results, which includes stopping medications or procedures that irritate the gastrointestinal tract and premedicating with proton pump inhibitors. A dose of 37 MBq (1 mCi) is administered intravenously. The images are taken dynamically, and the examination lasts around 30 minutes.

Lateral and oblique views are used to differentiate the diverticulum from renal activity.

When performed correctly, the Meckel scan is an effective method for detecting diverticulum with approximately 100% sensitivity and specificity (Farrell and Zimmerman, 2020). Numerous studies have shown that it has a very low false positive rate and high negative predictive value, preventing unnecessary surgery (Titley-Diaz and Aziz, 2024). If the examination is performed with the correct technique, sensitivity and specificity can reach up to 90%, particularly in children. (Devi et al, 2022).

Our patient underwent several costly and radiation-intensive tests without diagnostic results. On the contrary, the scintigraphy examination is low-cost, affordable, and quick. (Kwak et al, 2023). When compared to a standard chest X-ray, the Meckel scan involves ~30 times less radiation (3.33 mSv), (Jaramillo et al, 2021) far less than an abdominal CT scan (5.56 mSv).

While our diagnostic method proved cost-effective and accurate for the presented case, acknowledge that further cases need to be evaluated before concluding that our approach is the most accurate. It is important to emphasize that scintigraphy is not commonly ordered by surgeons or pathologists in Albanian hospitals. However, by correctly diagnosing the patient with the Meckel scan, we highlight how this diagnostic method can efficiently resolve challenging cases, offering a quick, cost-effective solution with minimal radiation exposure.



Figure 1. A non-contrast abdominal CT scan that shows a blind ending structure in distal ileum with hyperdense content



Figure 2. A non-contrast abdominal CT scan performed five days after the first one that shows signs of intestinal obstruction



Figure 3. An image of scintigraphy that shows a tubular configuration of the radiotracer activity in the Meckel's diverticulum on the right

Conclusion

The Meckel scan is the appropriate modality in cases of unexplained gastrointestinal bleeding when there is a clinical suspicion of Meckel's diverticulum. To achieve high sensitivity and specificity, pre-procedural and imaging protocols must be strictly followed. In addition, it is a low-cost examination with less radiation compared to other imaging modalities.

Acknowledgment

We would like to acknowledge and thank A.L., the patient presented in this case, for providing us with permission to use images to help educate future radiologists.

Author contributions

The authors' contributions are as follows: Esilda Trushaj conceived and developed the idea for the paper and revised the manuscript; Arben Dhima contributed to imaging interpretation. Amarildo Blloshmi contributed to medical data collection; All authors read and approved the final manuscript.

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 ethics committee at the University Medical Center of Tirana “Mother Theresa,” and the principles of the Helsinki Accords for *Ethical Principles For Medical Research Involving Human Subjects* were followed. The authors assert that all procedures contributing to this work comply with all the ethical standards. Consent was obtained by the patient in this study.

References:

1. Chang YC, Lai JN, Chiu LT, Wu MC, Wei JC. Epidemiology of Meckel's diverticulum: A nationwide population-based study in Taiwan: Characteristics of the cases from surgery between 1996 and 2013. *Medicine (Baltimore)*. 2021 Dec 17;100(50):e28338. doi: 10.1097/MD.00000000000028338. PMID: 34918715; PMCID: PMC8678020.
2. Sagar J, Kumar V, Shah DK. Meckel's diverticulum: a systematic review. *J R Soc Med*. 2006 Oct;99(10):501-5. doi: 10.1177/014107680609901011. Erratum in: *J R Soc Med*. 2007 Feb;100(2):69. PMID: 17021300; PMCID: PMC1592061.

3. Malik AA, Shams-ul Bari, Wani KA, et al. Meckel's diverticulum-revisited. *Saudi J Gastroenterol* 2010;16:3-7. DOI: 10.4103/1319-3767.58760
4. Martin JP, Connor PD, Charles K. Meckel's diverticulum. *Am Fam Physician*. 2000 Feb 15;61(4):1037-42, 1044. PMID: 10706156.
5. Kotha VK, Khandelwal A, Saboo SS, Shanbhogue AK, Virmani V, Marginean EC, Menias CO. Radiologist's perspective for the Meckel's diverticulum and its complications. *Br J Radiol*. 2014 May;87(1037):20130743. doi: 10.1259/bjr.20130743. Epub 2014 Feb 17. PMID: 24611767; PMCID: PMC4075535.
6. Park JJ, Wolff BG, Tollefson MK, Walsh EE, Larson DR. Meckel diverticulum: the Mayo Clinic experience with 1476 patients (1950-2002). *Ann Surg*. 2005 Mar;241(3):529-33. doi: 10.1097/01.sla.0000154270.14308.5f. PMID: 15729078; PMCID: PMC1356994.
7. Ramadas Satya, Janis P. O'Malley, Case 86: Meckel Diverticulum with Massive Bleeding Sep 1 2005
<https://doi.org/10.1148/radiol.2363031026>
8. An J, Zabbo CP. Meckel Diverticulum. [Updated 2023 Jan 30]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499960/>
9. Meckel's Diverticulum Imaging MaryBeth Farrell, Joyce Zimmerman *Journal of Nuclear Medicine Technology* Sep 2020, 48 (3) 210-213; DOI: 10.2967/jnmt.120.251918
10. Titley-Diaz WH, Aziz M. Meckel Scan. [Updated 2023 Jul 25]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560500/>.
11. Devi GK, Goei AHY, Ragavendra K, Lim X, Choo CSC, Ong LY, Eu-Leong Teo HJ, Laksmi NK. Meckel's Diverticulum - Clinical Presentation and Pitfalls in Diagnosis in the Pediatric Age Group in Singapore. *J Indian Assoc Pediatr Surg*. 2022 May-Jun;27(3):340-344. doi: 10.4103/jiaps.JIAPS_392_20. Epub 2022 May 12. PMID: 35733589; PMCID: PMC9208684.98.
12. Utility of Meckel's scan: Retrospective review of 368 cases Jennifer Kwak, Amanda Baker, S. Ted Treves, Frederick Grant *Journal of Nuclear Medicine* May 2013, 54 (supplement 2) 535;
13. Jaramillo C, Jensen MK, McClain A, Stoddard G, Barnhart D, Ermarth AK. Clinical diagnostic predictive score for Meckel diverticulum. *J Pediatr Surg*. 2021 Sep;56(9):1673-1677. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.12.013. Epub 2020 Dec 26. PMID: 33422327; PMCID: PMC8233404

Nutrition Quality of the Child Feeds and Child Feeding Practices of Children Aged Between 6 and 24 Months in Marsabit County, 2023

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.v21n9p23](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p23)

Submitted: 19 November 2024

Accepted: 18 February 2025

Published: 31 March 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). *Nutrition Quality of the Child Feeds and Child Feeding Practices of Children Aged Between 6 and 24 Months in Marsabit County, 2023*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 23.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p23>

Abstract

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. Globally, 1 in 3 children under five are not obtaining adequate nutrition and thus are not growing well. In ASAL regions of Kenya, the main driver of acute malnutrition is poor dietary intake coupled with inappropriate feeding practices. In Marsabit County, undernutrition prevalence varies in different sub-counties. There are areas where malnutrition is very high whereas other areas are relatively low. In the same setting, however, there are children with good health and nutritional status. Therefore, this study aimed to determine the nutrition quality of the child feeds used among children aged 6 to 24 months in Marsabit County. This study adopted an experimental design for laboratory analysis of the food samples. The snowballing technique was used to select 9 women groups with children aged 6-24 months for participatory assessment of child feeding practices. Focus Group Discussion guides were used to obtain qualitative data.

A child food sample collection guide was used during the collection of child feeds for laboratory analysis. Univariate analysis was used to obtain the frequency distribution of nutrition quality of the child feeds. Laboratory analysis results on the nutrient content of child foods indicated high nutrient levels, especially for foods that have gone through fermentation, germination, roasting, drying, and frying processes. The study concludes that the nutritional quality of feeds has a significant effect on child-feeding practices in Marsabit County, Kenya. Based on the findings this study recommends that the Marsabit County government should promote traditional food processing methods, such as fermentation, germination, roasting, drying, and frying, through community nutrition programs to enhance the nutrient content of child foods. These programs should focus on educating mothers and caregivers on how to effectively apply these methods to local foods to improve their nutritional value.

Keywords: Nutrition Quality of the Child Feeds, Children Aged 6 to 24 Months in Marsabit County

Introduction

Globally, 1 in 3 children under the age of five are not obtaining adequate nutrition and thus are not growing well (UNICEF, 2019). Data indicate that the burden of malnutrition is much higher in South Asia and Africa relative to other parts of the world (World Bank, 2023). Inadequate infant and young child feeding practices contribute to high rates of malnutrition in Kenya (USAID, 2018). In ASAL regions as well, the main driver of acute malnutrition is poor dietary intake exacerbated by reduced milk production and consumption, which forms the main diet for children (Integrated Phase Classification, 2021). Childhood malnutrition results from several factors that are related to sub-optimal nutrition and recurrent infectious diseases such as diarrhea and acute respiratory infection (UNICEF, 2013). Nutrition and health outcomes of a child depend on the level of nutrients consumed in daily food intake. Consumption level is determined by the quality and quantity of a meal. High quality and enough quantities to meet body needs results in good health whereas consumption of poor quality and inadequate quantity results in health deficits (Goldbohm et al., 2016).

Over the years, child malnutrition at the population level has received attention and recognition in developing countries, especially in resource-limited settings. Poor areas are often considered to be lacking food resources, ASAL regions in Kenya for instance. Poor nutrition status reported across the ASAL counties is mostly due to poor dietary intake coupled with inappropriate feeding practices. Marsabit County, in particular, poor feeding practices as a result of food insecurity brought about by prolonged drought contribute to the

limited availability of varieties of food in the community. Such situations continue to undermine the health and nutrition status of young children. Although exclusive breastfeeding rates are very high in Marsabit, (84.54%), malnutrition rates are still very high. According to Standardized Monitoring and Assessment of Relief and Transitions (SMART) survey findings conducted annually in the county, varying trends of undernutrition prevalence have been reported in different sub-counties. There are areas where malnutrition is very high whereas other areas are relatively low. In the year 2022 for instance, severe acute malnutrition prevalence in Laisamis was 5.5%, in North Horr it was 4.4%, in Moyale it was 2.2% and in Saku Sub County it was 1.2%. However, in the same sub-counties, within the same environment, there are children with optimal health and nutrition status. This could be attributed to caregivers successfully applying positive deviant child-feeding practices that the caregivers of undernourished children are not practicing. Therefore, this study aimed to determine the nutrition quality of the child feeds used among children aged 6 to 24 months in Marsabit County.

Methods

A cross-sectional study design was used to collect data. Both quantitative and qualitative approaches were employed.

Analytical food samples were calculated according to Cochran, 1977 as follows:

$$n = \frac{\sigma^2 z^2}{e^2}$$

Where;

n = sample size (unit)

σ = standard deviation of the sample ($\sigma = 15$)

e = acceptable sampling error $\approx (\pm 5\%)$

z = z value at the reliability level or significance level is 1.96 corresponding to 95%

Therefore,

$$n = \frac{15^2 \times 1.96^2}{5^2} = 35 \text{ samples}$$

However, according to Cochran (1977), the cost of sampling can be included in the equation as well. Therefore, a suitable number of samples based on the available cost estimates for nutrient analysis in the laboratory was:

Cost of one sample = Ksh 30,800,

Available total cost for nutrient analysis= 460,000,

Therefore, the final samples to be analyzed = $\frac{460000}{30800} = 15$ samples.

Qualitative data were collected through free uninterrupted conversations between the women during focus group discussions. The FGDs were based on narrative interviews that were recorded in totality for later transcription. The FGD discussants were identified through the snowball sampling technique, with the entry point being the women groups from various communities in the county. A total of 9 women groups were included in this process. The women from the 9 groups provided child feed samples for laboratory analysis. A total of 10 samples were collected. This is shown in Table 1.

Table 1: Sample foods for laboratory analysis

No	Women Group	Child foods collected for Nutrient content analysis
	Jiru Dansa Women Group	1. Koche: Dried mix (Barley, goat meat-mix of mandazi eggs, flour, milk, sugar, water, oil, ghee, cardamom urgo, sugar
	Sakuye Cultural Group	1. Porridge mix: maize, beans (little amount), peanuts (roasted), cassava, sorghum palm/pearl millet, omena (sardines)
	Dub Goba Women Group	1. Porridge mix: Cassava Omena (sardines), wheat, groundnut, sorghum, millet, barley, salt
	Biftu Cultural Group	1. Porridge mix: sorghum, omena (sardines), amaranth seeds/ rafu, peanut, fenugreek, barley, cardamom, teff, maize, beans 2. Koche: Meat, ghee, barley, sugar
	Kayolaida Women Group	1. Qaboth: Maize, barley, sorghum (Germination process)
	Star Women Group	1. Porridge mixture (for 6-12 months' child) with pumpkin flesh 2. Porridge mixture (1yr-5yrs): Unique here are the pumpkin seeds which are dense in antioxidants and micronutrients
	Fin Horacha Women Group	1. Paw Paw jam 2. Dried kales (Sukuma wiki)

Qualitative data from recorded FGDs was transcribed to texts by a local translator. The transcripts were then translated back to English. Two coders read the text files and then developed codes from the patterns found in the data independently. Differences in coding were discussed and resolved by consulting other researchers with experience in qualitative research. Codes were cleaned and those with similar patterns were grouped into themes depending on the research questions. Coding and thematization were used to

explain child nutrient quality and feeding practices. The resulting data was presented textually to demonstrate the findings.

Data was managed using SPSS version 25 (IBM Corp, 2017). Descriptive data was analyzed using means, standard deviations, frequencies, and percentages. Inferential statistics was conducted using correlation and regression analysis to show the relationship between the independent variables and the dependent variable.

Results

The objective of this study was to determine the nutrition quality of the child feeds used among children aged 6 to 24 months in Marsabit County. The respondents were requested to rate their level of agreement on various statements relating to the nutrition quality of the child feeds used among children aged 6 to 24 months in Marsabit County. The results are as indicated in the following sub-sections.

Child feeding Practices

Indigenous local knowledge is largely input into the feeding of children. Common child foods were porridge, potatoes, pumpkin, butternut, meat stew, moringa leaves, 'koche' (deep fried meat mainly camel meat mixed with mandazi and roasted barley), 'ugali' (made from maize flour), goat meat, 'qita' (Fresh maize pounded and fried in cooking oil), 'chapati' (wheat product shallow fried), 'mandazi' (Wheat product deep fried), spinach, kales, beans, rice, spaghetti, tea, 'injera' (prepared from fermented teff flour), camel milk, goat milk and cow's milk in a small extent. Porridge fed to children is prepared from a mixture of flour (dried maize, dried sorghum, dried millet, roasted barley, roasted beans, roasted omena, roasted groundnuts, roasted fenugreek-medicinal, amaranth seeds, dried cassava). Porridge is offered to a child interchangeably with other foods at least 2-3 times a day. Mothers perceive that the porridge mixture is highly nutritious.

"Since we started giving our children this porridge, there is no malnourished child in our group"

FGD 3

Macronutrients and Energy (per 100g)

The results indicated a provision of 70 and 85 percent of the RDA for children aged 6-12 months and 13-24 months respectively as in Table 2. This is in relation to the average feeding frequency indicated by the women, as 4 times in 24 hours.

Table 2: Macronutrient Lab Analysis Results

Sample ID	Energy(kcal)	Protein %	Carbohydrates	Fat %	Fiber %
Infants reference (6-12 months) per day	700	11g	95g	30g	5g
Children reference (13-24 months) per day	1300	13g	150g	39g	14g
Fermented porridge mix (6-24) Star	347.09	12.41	62.1	5.45	2.92
Non - fermented porridge mix (6-24) Star	367.26	11.31	67.77	5.66	2.92
Fermented porridge mix (2-6 yrs) Star	351.17	10.18	65.53	5.37	1.93
Non-fermented porridge mix (2-6 yrs) Star	368.38	11.28	72.22	3.82	2.71
Fermented porridge mix (Dub-Goba)	369.04	11.11	71.07	4.48	1.47
Non- Fermented porridge mix (Dub-Goba)	374.35	9.71	73.28	4.71	1.49
Fermented porridge mix (Sakuye)	330.39	8.49	70.8	1.47	1.55
Non- Fermented porridge mix (Sakuye)	366.21	8.04	75.57	3.53	1.65
Qaboth (Kayolaidha) (Germinated)	363.91	8.13	75.76	3.15	1.55
Marqa	370.73	2.53	85.02	2.45	1.55
Koche (Jiru)	404.05	61.72	8.31	13.77	2.51
Koche (Biftu)	515.94	22.31	40.93	29.22	0.91
Pawpaw jam	304.99	0.79	74.94	0.23	0.69
Dried Sukuma wiki	292.59	19.88	47.44	2.59	8.88
Butter (Milk fat)	868.17	1.35	4.26	93.97	0.55

On foods that were considered snacks, *Biftu Koche* consisting of *roasted and pound barley, dried and pound meat, ghee and grounded sugar*, has higher nutritional content as compared to the *Jiru Koche* consisting of *a mixture of roasted barley, deep-fried meat, mandazi* -made from a mix of *eggs, flour, milk, sugar, water, oil, ghee cardamom and urgo*, as a result of the variation in ingredients and value addition processes. Dried vegetables are also important in the provision of energy, proteins and fiber, during the dry seasons, as compared to a complete absence of vegetables.

With reference to butter (milk fat), this is a good source of energy, with the provision of 868.17 Kcal per 100g, and when available, can be used in small amounts to boost the energy requirements of complementary feeding.

Both the fermented and non-fermented porridge mix from the Dub-Goba group have a higher provision of energy, proteins, and carbohydrates, as compared to the porridge mixes of the Star women group (Uvji). This is due to the variation of ingredients and mixing ratio, where the star porridge mix has fewer carbohydrate food sources.

Micronutrients and Antioxidant Stimulants

The sampled foods were analyzed to determine the content of Vitamin A, Iron, Zinc, and Vitamins of B group. The results are as indicated in Table 3.

Table 3: Micronutrient Lab Analysis Results

Sample ID	Vit A	Vit. C mg	Vit B1	Vit B2	Vit B3	Vit B6	Vit B9	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Total phenolic Content (mg/100g)
Infants reference (6-12 months) per day	-	50	0.3	0.4	6	0.3	80	11	20	220microg	
Children reference (13-24 months) per day		15	0.5	0.5	10	0.5	150	7	20	340micg	
Fermented porridge mix (6-24) Star	0.03		15.21	1.47	65.26	1.72	0.96	131.5	22.58	2.95	
Non - fermented porridge mix (6-24) Star	0.04		64.34	0.61	66.95	2.43	0.26	80.34	14.19	3.09	
Fermented porridge mix (2 – 6 yrs) Star	0.03		17.18	2.22	75.44	0.71	1.28	148.82	26.84	2.67	
Non-fermented porridge mix (2- 6 yrs) Star	0.04		16.43	1.21	95.75	0.61	0.96	127.6	23.09	3.06	
Fermented porridge mix (Dub-Goba)	0.43		17.9	0.19	46.93	1.73	0.26	124.74	32.89	2.63	
Non- Fermented porridge mix (Dub-Goba)	0.11		16.43	1.91	77.67	1.86	1.28	122.48	33.27	3.40	
Fermented porridge mix (Sakuye)	1.96		13.93	0.67	39.17	3.70	0.55	82.6	25.73	2.54	
Non- Fermented porridge mix (Sakuye)	0.01		12.33	1.70	55.58	1.67	2.98	36.7	28.95	3.22	
Qaboth (Kayolaidha) (Germinated)	0.003		21.74	1.22	0.74	1.49	9.45	66.35	26.02	2.95	
Marqa	0.13		44.73	1.80	32.94	0.69	1.94	42.42	33.34	3.01	
Koche (Jiru)	0.99	7.97	132.0	0.75	26.20	1.79	2.36	78.99	52.76	3.00	67.13
Koche (Biftu)	0.76	17.35	67.02	0.59	28.60	1.37	15.98	86.97	35.21	BDL	41.59
Pawpaw jam	14.2 B-carotene	60.89	1.54	0.10	15.55	0.76	15.34	44.83	12.25	0.94	48.27
Dried Sukuma wiki								37.3	9.38	5.66	254.83
Butter (Milk fat)								7.34	3.75	BDL	42.75

* ND- Not done

* BDL – Below Detectable Limits

The results indicated an increased concentration of some of these micronutrients, in fermented porridge mixes than in non-fermented porridge mix and other feeds. This is a result of the removal of some nutrient inhibitors, which bind the micronutrients, reducing their bioavailability. The nutrients of concern are mainly Zinc and Iron. Zinc plays an important role in immunity buildup, while iron is vital for the transportation of oxygen.

For instance, the fermented porridge mixes for the Star and Dub-Goba groups had higher concentrations of iron than their non-fermented counterparts. Hence, fermentation is a food processing mechanism that is to be promoted.

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 (nutrition quality), Table 4.

Table 4: Correlation Coefficients

		Child Feeding Practices	Nutrition Quality of Child Feeds
Child Feeding Practices	Pearson Correlation	1	
	Sig. (2-tailed)		
	N	278	
Nutrition Quality of Child Feeds	N	278	
	Pearson Correlation	.813**	1
	Sig. (2-tailed)	.001	
	N	278	278

From the results, there was a very strong relationship between the nutrition quality of food and child feeding practices in Marsabit County, Kenya ($r = 0.813$, $p\text{-value} = 0.001$). The relationship was significant since the $p\text{-value}$ of 0.001 was less than 0.05 (significant level). The findings are in line with the findings of Kasimba, *et al*, (2019) who indicated that there is a very strong relationship between nutrition quality and child-feeding practices.

Regression Analysis

Multivariate regression analysis was used to assess the relationship between the independent variable (nutrition quality of food) and the dependent variable (child feeding practices in Marsabit County, Kenya), Table 5.

Table 5: Model Summary

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

a. Predictors: (Constant), nutrition quality of food

The model summary was used to explain the variation in the dependent variable that could be explained by the independent variables. The $r\text{-squared}$ for the relationship between the independent variables and the dependent variable 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 (nutrition quality of food).

The ANOVA was used to determine whether the model was a good fit for the data. F calculated was 510.14 while the F critical was 2.405. The $p\text{-value}$ was 0.002. Since the $F\text{-calculated}$ was greater than the $F\text{-critical}$ and the $p\text{-value}$ 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 the nutrition quality of food on child feeding practices in Marsabit County, Kenya.

Table 6: 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), nutrition quality of food

$$Y = 0.335 + 0.341X_1 + \varepsilon$$

The regression model was as follows (Table 7):

Table 7: Regression Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	0.335	0.085		3.941	0.000
nutrition quality of Child Foods	0.341	0.091	0.340	3.747	0.003

Discussion

Indigenous local knowledge is largely input into the feeding of children in Marsabit County. Mothers also feed locally available traditional foods to their children for example teff, 'koche' and 'qita'. The WHO advocates that complementary food be based on: 'adequate amounts of indigenous foodstuffs and local foods' (WHO, 2003). Traditional foods from local environments have received global attention due to their potential to contribute to better quality and more sustainable diets (FAO, 2013).

In the feeding and nutrition process, macronutrients are the nutrients that are consumed in large quantities for the provision of energy. These include carbohydrates, proteins, and fats (Sparingly) In this case, the sampled foods were subjected to nutrient analysis, which was further compared with the Recommended Dietary Allowance (RDA) of children aged 6-12 months and 13-24 months respectively. The results indicated a provision of 70 and 85 percent of the RDA for children aged 6-12 months and 13-24 months respectively.

A study in Kenya showed that the nutrient composition of the indigenous cereals, legumes, oil seeds, vegetables, and fish are good sources of essential nutrients (Kunyanga et al., 2013).

Study findings indicated that foods that were considered a snack, *Biftu Koche* had higher nutritional content as compared to the *Jiru Koche*, as a result of the variation in ingredients. This was on the Energy, Proteins, and Fats. Findings indicated porridge mix from the *Dub-Goba* group both fermented and non-fermented had a higher provision of energy, proteins, and carbohydrates, as compared to the porridge mixes of the Star women group (Uvji). This is due to the variation of ingredients and mixing ratio, where the star porridge mix has fewer carbohydrate food sources.

Micronutrients are those that are required in small quantities, with the function of building immunity in the body. These include vitamins and minerals. In any human growth and development, all micronutrients are important. However, in child feeding, Vitamin A, Iron, Zinc, and Vitamins of the B group are required in higher amounts. The study findings indicated an increased concentration of some of these micronutrients, in fermented porridge mixes than in non-fermented porridge mixes and other feeds. This is a result of the removal of some nutrient inhibitors, which bind the micronutrients, reducing their bioavailability. Fermentation has been shown to increase the bioavailability of iron and zinc while enhancing probiotic content, supporting gut health and immunity (Gabaza et al., 2018). Germination improves vitamin C levels and reduces phytates, enhancing mineral absorption critical for child growth and development (Platel & Srinivasan, 2017). Roasting and drying preserve food while maintaining nutrient density, crucial for food security in arid regions like Marsabit (Nkhata et al., 2018). Frying, when done appropriately, enhances energy density, making it beneficial for undernourished children who require high-calorie diets (WHO, 2021).

According to the results, the nutritional quality of food has a significant effect on child-feeding practices in Marsabit County, Kenya ($\beta_1=0.341$, p value= 0.003). The relationship was considered significant since the p -value of 0.003 was less than the significant level of 0.05. The findings are in line with the findings of Kasimba, *et al*, (2019) who indicated that there is a very strong relationship between nutrition quality and child-feeding practices.

Conclusion

The study concludes that the nutrition quality of food has a significant effect on child feeding practices in Marsabit County, Kenya. Mothers feed their children food that they perceive is highly nutritious and prepared using techniques that improve the nutritional content of these foods. Laboratory analysis results on the nutrient content of child foods indicated high nutrient levels, especially for foods that have gone through fermentation, germination, roasting, drying, and frying processes. This agrees with the mothers' perception of these foods as of good quality.

Recommendation

The study recommends that the Marsabit County government promote traditional food processing methods-such as fermentation, germination, roasting, drying, and frying-through community nutrition programs to enhance the nutrient content of child foods. Evidence suggests that these methods improve the bioavailability of essential micronutrients, reduce antinutritional

factors, and enhance food preservation, making them particularly valuable in resource-limited settings.

Community nutrition programs should focus on educating mothers and caregivers on how to effectively apply these methods to local foods, ensuring practical, culturally acceptable, and nutritionally beneficial dietary practices. Integrating laboratory findings with traditional knowledge ensures that children in Marsabit County receive high-quality, nutrient-dense diets, particularly in resource-constrained environments.

Furthermore, local health and agricultural authorities should support the dissemination of this knowledge through hands-on demonstrations, evidence-based nutritional guidelines, and collaborations with local women's groups and schools. Studies have shown that such community-driven interventions significantly improve maternal knowledge and child nutrition outcomes (Ruel et al., 2018). Reinforcing these methods at both household and community levels will maximize their impact on child health and food security.

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: 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. Bandura, A. (1989). Social foundations of thought and action: a social cognitive theory. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
2. Bujang M. A. (2021). A Step-by-Step Process on Sample Size Determination for Medical Research. Malays J Med Sci, 28(2):15-27.
3. Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. (3) Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis (CFSVA). (2014). Ethiopia. CrossrefPubMedWeb of Science@Google Scholar
4. Duran, P., Caballero, B., and De Onis, M. (2006). The association between stunting and overweight in Latin American and Caribbean preschool children. Food and Nutrition Bulletin, 2(7), 300–305.
5. 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
6. Gabaza, M., Shumoy, H., & Raes, K. (2018). Effect of fermentation on the nutritional and sensory properties of cereal-based complementary foods. *Food Chemistry*, 259, 301–310.
 7. 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.
 8. 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
 9. IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
 10. 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.
 11. Kasimba, S., Covic, N., Motswagole, B., Laubscher, R. & Claasen, N. (2019). Consumption of Traditional and Indigenous Foods and Their Contribution to Nutrient Intake among Children and Women in Botswana. *Ecology of Food and Nutrition*, 58(3), 281-298.
 12. 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).
 13. 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
 14. Nkhata, S. G., Ayua, E., Kamau, E. H., & Shikany, J. M. (2018). Fermentation and germination improve the nutritional value of cereals and legumes through the activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition*, 6(8), 2446–2458.
 15. PAHO/WHO (2002). Guiding principles for complementary feeding of the breastfed child. Washington DC: Pan American Health Organization/World Health Organization.
 16. 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

17. Platel, K., & Srinivasan, K. (2017). Bioavailability of micronutrients from plant foods: An update. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1604–1617.
18. UNICEF. (1992). The UNICEF conceptual framework of the determinants of malnutrition
19. UNICEF. (2013). Improving Child Nutrition: The achievable imperative for Global progress. Retrieved from <http://data.unicef.org/resources/improving-child-nutrition-the-achievable-imperative-for-global-progress/>
20. UNICEF. (2019). The State of the World's Children 2019. Children, Food, and Nutrition: Growing well in a changing world. UNICEF, New York.
21. United Nations Children's Fund. (2012). The state of the world's children. UNICEF annual report.
22. United Nations Children's Fund & World Health Organization. (2018). Protecting, promoting and supporting breastfeeding in facilities providing maternity and newborn services: The revised Baby-Friendly Hospital Initiative. Geneva: UNICEF and WHO
23. USAID. (2018). Kenya: Nutrition profile. Retrieved from <https://www.usaid.gov/sites/>
24. WHO. (2003). Global Strategy for Infant and Young Child Feeding
25. 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
26. World Health Organization. (2015). Complementary Feeding. World Vision Food Security End Phase Report. Nyatike IPA Reports. 6 (2014), 34-39.
27. World Health Organization (WHO). (2021). Feeding and nutrition of infants and young children: Guidelines for child health and development. WHO Press.

Prediction of Hernia Formation or Cracking of Boiler Water Tubes due to Corrosion

Sibiri Traore, PhD

Department of Mechanical Engineering
Institut Pédagogique National de l'Enseignement Technique
et Professionnel (IPNETP), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p36](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p36)

Submitted: 08 October 2024
Accepted: 25 February 2025
Published: 31 March 2025

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

Cite As:

Traore S. (2025). *Prediction of Hernia Formation or Cracking of Boiler Water Tubes due to Corrosion*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 36.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p36>

Abstract

This work is part of the preventive maintenance of steam power plant equipment and installations. In boiler water pipes, hernia formation, cracking and perforation are recurrent and occur when the thermal power plant is operating at full capacity. This damage is largely due to corrosion and thinning of the tube wall. When corrosion progresses, the thinning of the tubes progresses simultaneously. From a certain value of the wall thickness, under the effect of water/steam pressure, the tubes deform and burst. In such a situation, it is important to predict approximately when these damages will occur, so that appropriate maintenance measures can be undertaken. For this, we seek to determine the corrosion rate and stresses in the tubes due to water/steam pressure, with a view to finding the maximum time limit not to exceed when replacing the tubes. Among the various methods for determining corrosion rate, it is the method based on weight measurement that has attracted our attention. Tube coupons were taken from a corroded boiler tube and from a new tube of the same characteristics, thus avoiding a study over a very long period, since corrosion takes several years to produce its mechanical effects. Knowing the difference in weight between a coupon of the new tube and that of the corroded tube, and the time of exposure of the tubes until damage, it became easy to determine the corrosion rate. From the corrosion rate and the calculation of stresses in the corroded tube, the maximum time limit to be exceeded for replacing tubes was determined, that is a maximum operating

period of 10 years. The tubes must be replaced, in preventive maintenance, before the end of this time limit to prevent the aforementioned damage.

Keywords: Corrosion rate, stress, tube, boiler, operating time limit

Introduction

Hernia formation, cracking and perforation are major problems in the operation of steam thermal power plants. This damage results from a combined action of mechanical stress and an electrochemical reaction between the metal and the corrosive medium. This damage is often unpredictable and forces the operator to stop the production of electrical energy, in order to carry out the appropriate maintenance actions resulting in the cut of the damaged tubes and their replacement. The shutdown of electricity production thus caused inconvenience in businesses and other users: lack of air conditioning and damage to products kept cold, shutdown or decrease in production in businesses, late delivery and penalty for shortage of unproductive products, etc.

According to the writings of Baroux (2014), Bensabra (2016) and Chattopadhyay, (1995), it is noted that the deterioration of the tubes is largely due to metal corrosion. Corrosion is a relevant problem caused by boiler water. It is due to low pH, dissolved oxygen or carbon dioxide. It also results from the roughness of the metal surface or even the nature of the metal directly attacked. Other factors such as specific acid and chemical (corrosive) conditions, mechanical stress, fatigue, speeds and operating severity can have a significant influence on corrosion rate and produce different forms of attack,

Corrosion can be uniform over a wide area (promoting hernia formation and cracking) or can be much localized (promoting local perforation or pitting). In cases of attack of the metal by uniform corrosion, the effect is the thinning, over time, of the pipe wall, followed consequently by the formation of hernia or cracking under the effect of internal pressure exerted by water or steam.

In the hypothesis that the corrosion of the tubes would be uniform and only due to the interaction between water and metal, the aim is to predict the moments of appearance of damage at the level of the tubes (hernia and cracking). These times being known, preventive maintenance actions can be scheduled for tube replacement. In other words, production shutdowns can be planned, and to prevent inconvenience due to damage to the tubes, the decision may be to replace them at the appropriate time, with notice to users in time of the power cut for maintenance work. This would allow them to make arrangements to plan their activities taking into account the anticipated electricity shortage period.

In the literature several works such as these of Benguedda (2024), Dinesh (2022), Drastiwati (2017), Duarte-Cordon (2017), Gauri (2014) and Ifeanyi (2023) deal with the damage of boiler tubes and its causes, among which corrosion, but do not lead to a true determination of the time limit for use of the tubes after which these must be replaced in preventive maintenance. This is why one of the important points in this work is to place particular emphasis on determining the operating time limit for boiler tubes.

The objectives

The objectives of this work are at three levels:

Firstly, the aim is to contribute to the reduction of unplanned production shutdowns due to corrosion damage to the tubes. In other words, it is to improve the maintenance efficiency by reducing the failure rate, increasing the boiler reliability and reducing the costs associated.

Secondly, it is important to know when the risk of hernia formation and tube cracking will be highest. For this, it is necessary to determine the stresses in the tube by considering the progressive thinning of the tube wall thickness due to corrosion. The knowledge of this moment makes it possible to trigger preventive maintenance actions, in particular the planning of the replacement of the tubes.

Finally, from an economic point of view, increasing productivity is an ongoing objective that calls for reducing operating and maintenance costs, particularly those related to the maintenance of water-steam system components. Water and steam losses due to damage to the water tubes, associated production shutdowns due to maintenance of the tubes and power cuts generate significant costs that constitute economic losses for the plant.

Achieving these objectives will not only increase the overall performance of the plant, but will reduce the inconvenience to users whenever there is a shutdown of power generation.

Methodology

To carry out this project, the first step is to understand and characterize the evolution of corrosion in the boiler tube wall, through a mathematical model. The aim is to determine the corrosion rate, which corresponds to the rate of thinning of the boiler tube. The method used to determine the corrosion rate is based on the weight loss per year of an experimental coupon cut from a tube undergoing corrosion. This method involves weighing the sample before and after exposure for a certain time to a corrosive environment. At the end of the exposure time, the specimen is cleaned and weighed. The corrosion rate is obtained by dividing the mass lost by the exposure time.

In a second step, it is essential to determine at the level of the tube the stresses due to the internal pressure of water or steam, taking into account the

rate of tube thinning and the mechanical properties of the material that constitutes it. Determining the rate of thinning is equivalent to knowing the residual thickness of the tube wall, which decreases as corrosion progresses. As the residual thickness decreases, the stresses in the tube increase to reach or even exceed the yield stress.

By establishing a relationship between the rate of thinning and the stresses in the tube coupon, it becomes easy to determine the theoretical time at which hernias and cracks appear. As a result, it's possible to make judicious decisions in terms of the time required to replace corroded tubes as part of preventive maintenance.

Hypothesis: The rate of tube thinning is determined by considering that the corrosion is extended to the entire inner wall of the tube and evolves homogeneously, at the constant heating temperature.

Results

Uniform corrosion

Although there are several morphologies of corrosion, the one that concerns us in this work is uniform or generalized corrosion. This form of corrosion occurs in the same way on the entire inner surface of the boiler tube wall. The entire inner surface of the metal in contact with the boiler water/steam is attacked identically (Photos 1 below).

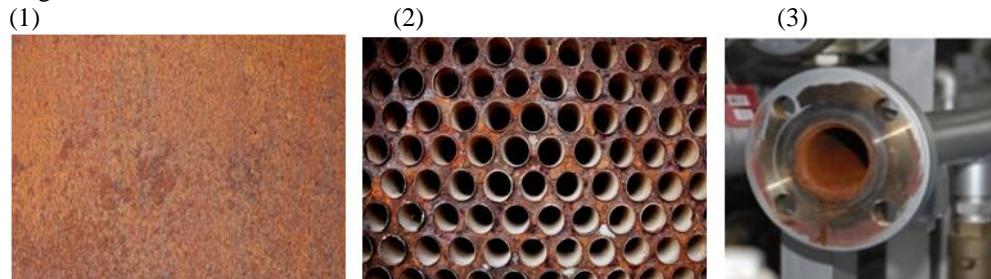
Uniform corrosion is the simplest and most classic of all other types of corrosion. It results from the manifestation of several individual electrochemical processes that occur uniformly across the considered surface. Inside the boiler tubes, it usually appears when the alkalinity of the water is low or when the metal is exposed to the oxygen contained in this water during service or downtime.

It results in a steady decrease in the thickness of the pipe wall if the corrosion products are soluble or uniform deposition over the entire surface of the metal if they are not. It progresses at constant speed over the entire surface of the metal exposed to water/steam. This rate of corrosion is therefore expressed by a decrease in the thickness of the metal per unit of time. It can also be expressed in weight loss per unit area and per unit time.

Uniform corrosion can be reduced or prevented by a suitable choice of boiler tube material, cathodic protection or modification of the aqueous medium (adequate treatment of boiler water, its degassing and its conditioning by the addition of anti-corrosion products).

Photos 1: Examples of uniform corrosion.

Regular decrease of the tube wall.



Deposits of non-soluble corrosion products (sludge).



Sources: (1) Learn quality (2021); (2) Collaton consultancy limited (2020); (3) TLV, (4) Shutterstock (2020), (5) The news (2004), (6) Rasmussen mechanical services, Waldron R. (2022).

Expression of corrosion rate

For the determination of the corrosion rate by the weight loss method, this consists in cutting a specimen in section from a cylindrical tube of metal, cleaning it and to proceeding to its initial weighing (mass m_1).

Then, a corrosive test fluid is maintained inside the tube section for a predefined exposure time (Δt). At the end of this period, the section is emptied of the fluid, thoroughly cleaned of corrosion products, and then weighed again (mass m_2).

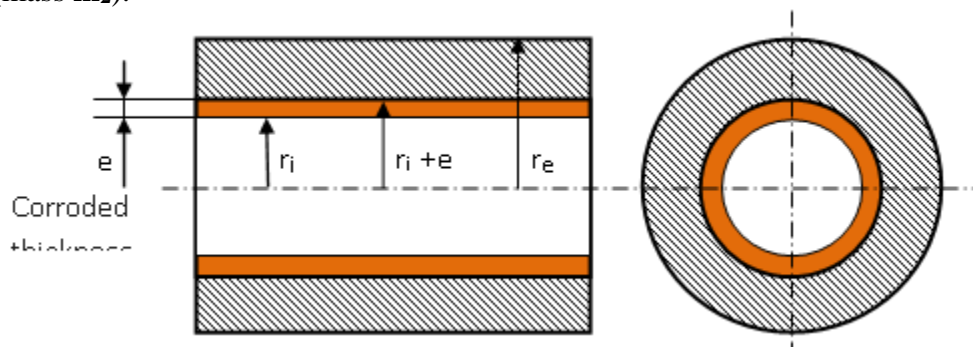


Figure 1: Test tube section in progressive uniform corrosion phase

The lost mass due to corrosion is obtained by the difference between the initial mass (m_1) and the mass of the corroded metal (m_2).

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

Through this formula, the corrosion rate is the result of dividing the lost mass (Δm) by the exposure time (Δt). It is defined as the loss of mass per unit time or the decrease in thickness per unit time. In practice, corrosion rate calculation is carried out for an annual time Δt of exposure of the metal to corrosive fluid, in order to obtain a significant lost thickness. It is therefore expressed in grams lost per year (g/year), which can be converted into millimeters per year (mm/year) corresponding to the wall thickness lost per year or the thinning rate.

Thus, as the lost mass is Δm during a period Δt , the corrosion rate designated by V_c is expressed by the relationships:

$$V_c = \frac{\text{Sep}}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (\text{mass lost per year})$$

Or:

$$V_c = \frac{e}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\rho S \Delta t} \quad (\text{thickness lost per year})$$

With the characteristics of the tube:

r_i : inner radius of the tube wall ;

r_e : outer radius of the tube wall ;

S : surface area of the sample in contact with the fluid (in cm^2) ;

e : total thickness lost (mm) ;

ρ : density of the metal (in g/cm^3) ;

E : Young's modulus ;

Δt : duration of exposure (in years) ;

Δm : mass loss over the exposure time (in g) ;

V_c : corrosion rate, in mass or thickness lost per year (g/year or mm/year).

Stresses in a boiler tube under corrosion

Based on the theories on strength of materials developed by Timoshenko (1968), it is a question of determining the stresses due to the steam pressure in the boiler tubes at full operating speed, taking into account the variation of thickness caused by corrosion (thinning of the wall of the tubes). Indeed, as corrosion progresses, the wall becomes thinner and causes the increase of stresses in the boiler tubes. In other words, the rate of corrosion has an influence on the increase of the stresses in the

boiler tubes, and must be taken into account in the determination of these stresses.

We consider a section of thick boiler tube, represented by Figure 2 below, such that its extreme cross sections are sufficiently far from the extreme sections of the long tube.

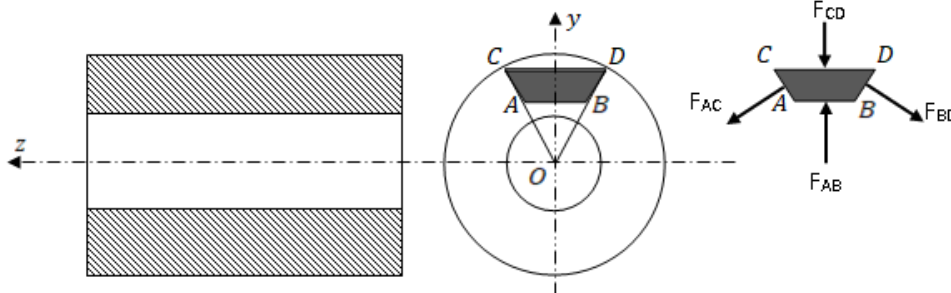


Figure 2: Boiler tube section

Assumptions

- During deformation, the plane sections before deformation remain flat after deformation if they are sufficiently far from the extreme sections of the tube where the axial stresses are zero and where the distribution of the other forms of stresses is complex;
- The fluid temperature is assumed to be constant and symmetrically distributed with respect to the tube axis throughout the duration of the test;
- The deformation is also symmetrical to the tube axis.

Elementary Volume Equilibrium Equation (ABCD)

An elementary tube volume (ABCD) represented by Figure 2 above is considered. We propose to establish the equation relating to the forces exerted on its facets.

Force on the facet (AB)

The radial stress σ_r is uniform at any point of the facet (AB). It is the tensile stress (in the radial direction) known as the external strength per unit area of the material resulting in the stretch of the material. Its basic expression is: $\sigma_r = F_{AB}y/ds$, where $F_{AB}y$ is the strength applied on the area ds of facet (AB). $F_{AB}y$ is determined in function of σ_r as follows: $\vec{F}_{AB}y = -\sigma_r ds \vec{y} = -2r \sin(d\varphi/2) l_0 \sigma_r \vec{y} = -2r(d\varphi/2) l_0 \sigma_r \vec{y} = -r \sigma_r d\varphi l_0 \vec{y}$

With $d\varphi$ = angle between lines (AC) and (BD) and $\sin(d\varphi/2) \approx d\varphi/2$ (because infinitely small).

Force on the facet (CD)

The stress $\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr$ is uniform in all point of the facet (CD).

The strength of this facet is expressed as follows: $\vec{F}_{CDy} = \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) \times 2(r + dr) \sin(d\varphi/2) l_o \vec{y} = \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) \times 2(r + dr) (d\varphi/2) l_o \vec{y}$ (with : $\sin(d\varphi/2) \approx d\varphi/2$) $= \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) \times 2(r + dr)(d\varphi/2) l_o \vec{y} = \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) (r + dr) d\varphi \times l_o \vec{y} = \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) (r + dr) d\varphi \times l_o \vec{y} = \left(r\sigma_r + \sigma_r dr + r \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr^2 \right) d\varphi \times l_o \vec{y} = \left(r\sigma_r + \sigma_r dr + r \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) d\varphi l_o \vec{y}$

With $\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr^2$ negligible, because $dr^2 \approx 0$, infitly small of higher order.

Force on Facet (AC)

The circumferential (or tangential) stress σ_t is expressed in the same manner as σ_r , but with deforming force tangent to a circular line in the cross-section of the material. It acts on a line perpendicular to the longitudinal and the radial stresses. This stress is caused by internal pressure and attempts to separate the pipe wall in the circumferential direction. It is not uniformly distributed at any point of the facet (AC). The one corresponding to a uniform distribution is the mean tangential stress σ_{tm} such as:

$$\sigma_{tm} = \frac{1}{2} \left(\sigma_t + \sigma_t + \frac{\partial \sigma_t}{\partial r} dr \right) = \sigma_t + \frac{\partial \sigma_t}{2 \partial r} dr$$

Facet strength (AC) is expressed as: $\vec{F}_{ACy} = - \left(\sigma_t + \frac{\partial \sigma_t}{2 \partial r} dr \right) \times ds \times \sin(d\varphi/2) \vec{y} = - \left(\sigma_t + \frac{\partial \sigma_t}{2 \partial r} dr \right) \times dr \times (d\varphi/2) l_o \vec{y}$ (with : $\sin(d\varphi/2) \approx d\varphi/2$) $= - \frac{1}{2} \left(\sigma_t dr + \frac{\partial \sigma_t}{2 \partial r} dr^2 \right) \times d\varphi \times l_o \vec{y} = - \frac{1}{2} \sigma_t dr d\varphi l_o \vec{y}$ with : $dr^2 \approx 0$

Force on the facet (BD)

The force on the facet (BD) is identical to that on the facet (AC).

$$\vec{F}_{BDy} = - \frac{1}{2} \sigma_t dr d\varphi l_o \vec{y}$$

Equilibrium equation according to $O\vec{y}$

The sum of the forces is zero according to $O\vec{y}$.

$$\sum \vec{F}_y = \vec{0} - r\sigma_r d\varphi l_o + \left(r\sigma_r + \sigma_r dr + r \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) d\varphi l_o - \sigma_t dr d\varphi l_o = 0$$

$$-r\sigma_r + r\sigma_r + \sigma_r dr + r \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr - \sigma_t dr = 0 \quad \sigma_r - \sigma_t + r \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = 0$$

We have an equation with two unknowns. We need a second equation to determine σ_r and σ_t .

It should be noted that the equilibrium equation following $O\vec{x}$ is without interest, because one finds an obvious equation of the form: $\sigma_r - \sigma_t = 0$.

Unit deformations of elementary volume (ABCD)

Radial deformation

We consider $U = U(r)$ the radial displacement of the surface (AB) of radius r .

The surface displacement (CD) of radius $r + dr$ is:

$$U + \frac{\partial U}{\partial r} dr$$

The total radial elongation Δl_r of the elementary volume will be:

$$\Delta l_r = U + \frac{\partial U}{\partial r} dr - U = \frac{\partial U}{\partial r} dr$$

It is the elementary volume deformation due to the tensile force in the radial direction. Its general expression is: $\Delta l_r = l_r - l_o$, where l_r is the length of the specimen after deformation and l_o its initial length.

The radial unit elongation ε_r of the elementary volume will be:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta l_r}{dr} = \frac{\frac{\partial U}{\partial r} dr}{dr} = \frac{\partial U}{\partial r}$$

The radial tensile strain (ε_r) is the relative length of deformation exhibited by the elementary volume subjected to a tensile force in the radial direction. In the general form, its expression is: $\varepsilon_r = \Delta l_r / l_o$.

Tangential deformation

For the surface element (AB) of radius r , before tangential deformation, the arc is:

$$\widehat{AB} = rd\varphi$$

After deformation, the new radius is $r + U$ and the new arc is:

$$\widehat{A'B'} = (r + U)d\varphi$$

The tangential deformation Δl_t is then:

$$\Delta l_t = (r + U)d\varphi - rd\varphi = Ud\varphi$$

The tangential unit elongation ε_t of the elementary volume will be: $\varepsilon_t = \frac{\Delta l_t}{rd\varphi} = \frac{Ud\varphi}{rd\varphi} = \frac{U}{r}c$ (corresponding to deformation in circonfrential direction)

Hooke's law on radial and tangential deformations

It gives the unitary deformations ε_r and ε_t as a function of the stresses σ_r and σ_t .

$$\begin{cases} \varepsilon_r = \frac{\sigma_r}{E} - \frac{\nu\sigma_t}{E} \\ \varepsilon_t = \frac{\sigma_t}{E} - \frac{\nu\sigma_r}{E} \end{cases} \quad (\text{where } E \text{ is Young's modulus and } \nu \text{ is Poisson's ratio})$$

Young's modulus (E) is a property of the material that tells us how easily it can stretch and deform and is defined as the ratio of tensile stress (σ) to tensile strain (ε).

Poisson's ratio (ν) is the ratio of transverse contraction strain to longitudinal extension strain in the direction of the stretching force.

After solving the system of equations with respect to σ_r and σ_t , we obtain:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1 - \nu^2} (\varepsilon_r + \nu\varepsilon_t) \\ \sigma_t = \frac{E}{1 - \nu^2} (\varepsilon_t + \nu\varepsilon_r) \end{cases}$$

We replace ε_r and ε_t by their expressions as a function of U to obtain:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial U}{\partial r} + \nu \frac{U}{r} \right) \\ \sigma_t = \frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{U}{r} + \nu \frac{\partial U}{\partial r} \right) \end{cases}$$

Determination of σ_r and σ_t

We determine U by replacing σ_r and σ_t by their expressions (Hooke's law) in the previous equilibrium equation to obtain:

$$\frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{U}{r} + \nu \frac{\partial U}{\partial r} \right) - \frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial U}{\partial r} + \nu \frac{U}{r} \right) - r \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial U}{\partial r} + \nu \frac{U}{r} \right) \right] = 0$$

$$\frac{U}{r} + \nu \frac{\partial U}{\partial r} - \frac{\partial U}{\partial r} - \nu \frac{U}{r} - r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial U}{\partial r} + \nu \frac{U}{r} \right) = 0$$

$$\frac{U}{r} + \nu \frac{\partial U}{\partial r} - \frac{\partial U}{\partial r} - \nu \frac{U}{r} - r \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{\nu}{r} \frac{\partial U}{\partial r} - \nu \frac{U}{r^2} \right] = 0$$

$$\frac{U}{r} + \nu \frac{\partial U}{\partial r} - \frac{\partial U}{\partial r} - \nu \frac{U}{r} - r \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} - \nu \frac{\partial U}{\partial r} + \nu \frac{U}{r} = 0$$

$$\frac{U}{r} - \frac{\partial U}{\partial r} - r \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = 0$$

Dividing this equation by r gives a homogeneous second-order differential equation with non-constant Euler coefficients:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{\partial U}{r \partial r} - \frac{U}{r^2} = 0$$

Solving the differential equation

To solve this equation of variable r, we make a change of variable in order to make the coefficients constant by assuming that:

$$r = e^\alpha \text{ (where } \alpha \text{ is the new variable)} \quad \partial r = e^\alpha \partial \alpha, \text{ so } \frac{\partial r}{\partial \alpha} = e^\alpha$$

$$\frac{\partial U}{\partial r} = \frac{\partial U}{\partial \alpha} \times \frac{\partial \alpha}{\partial r} = \frac{\partial U}{\partial \alpha} / \frac{\partial r}{\partial \alpha} = \frac{\partial U}{\partial \alpha} / e^\alpha = \frac{\partial U}{e^\alpha \partial \alpha}$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial U}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial U}{e^\alpha \partial \alpha} \right) = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{\partial U}{e^\alpha \partial \alpha} \right) \times \frac{\partial \alpha}{\partial r} = \frac{\frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{\partial U}{e^\alpha \partial \alpha} \right)}{\frac{\partial r}{\partial \alpha}}$$

$$= \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{\partial U}{e^\alpha \partial \alpha} \right) / e^\alpha = \left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} e^\alpha - \frac{\partial U}{\partial \alpha} e^\alpha \right) / e^{2\alpha} \right] / e^\alpha = \left(\frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} - \frac{\partial U}{\partial \alpha} \right) / e^{2\alpha}$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = \left(\frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} - \frac{\partial U}{\partial \alpha} \right) / e^{2\alpha}$$

By using the expressions of $\frac{\partial U}{\partial r}$ and $\frac{\partial^2 U}{\partial r^2}$ in the differential equation, we obtain:

$$\frac{\left(\frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} - \frac{\partial U}{\partial \alpha} \right)}{e^{2\alpha}} + \frac{\frac{\partial U}{\partial \alpha}}{e^{2\alpha}} - \frac{U}{e^{2\alpha}} = 0 \text{ or merely } \frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} - U = 0$$

We have a second-order differential equation with constant coefficients. We are looking for two particular integrals of the form $U = e^{k\alpha}$, where k is a constant to be determined.

We have:

$$U = e^{k\alpha}; \frac{\partial U}{\partial \alpha} = m e^{k\alpha}; \frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} = m^2 e^{k\alpha}$$

Carrying it into the differential equation with constant coefficients, we obtain:

$$k^2 e^{k\alpha} - e^{k\alpha} = 0, \text{ which is reduced to: } k^2 - 1 = 0$$

The solutions are then: $k_1 = 1$ and $k_2 = -1$.

The particular integrals sought are then:

$$U_1 = e^\alpha \text{ et } U_2 = e^{-\alpha} = \frac{1}{e^\alpha}$$

Returning to the variable r , we obtain:

$$U_1 = r \text{ et } U_2 = \frac{1}{r}$$

The general integral we are looking for is: $U = C_1 U_1 + C_2 U_2 = C_1 r + \frac{C_2}{r}$ (where C_1 and C_2 are constants to be determined)

The unit deformations ε_r and ε_t are written as a function of r as follows:

$$\begin{cases} \varepsilon_r = \frac{\partial U}{\partial r} = C_1 - \frac{C_2}{r^2} \\ \varepsilon_t = \frac{U}{r} = C_1 + \frac{C_2}{r^2} \end{cases}$$

Expressions of σ_r and σ_t

Replacing ε_r and ε_t in the expressions of σ_r and σ_t gives:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1-\nu^2} \left(C_1 - \frac{C_2}{r^2} + \nu C_1 + \frac{\nu C_2}{r^2} \right) \\ \sigma_t = \frac{E}{1-\nu^2} \left(C_1 + \frac{C_2}{r^2} + \nu C_1 - \frac{\nu C_2}{r^2} \right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1-\nu^2} \left[C_1(1+\nu) - \frac{C_2(1-\nu)}{r^2} \right] \\ \sigma_t = \frac{E}{1-\nu^2} \left[C_1(1+\nu) + \frac{C_2(1-\nu)}{r^2} \right] \end{cases}$$

The constants C_1 and C_2 are determined by referring to the boundary conditions. Let P_i be the pressure at the inner surface of the tube and P_e the pressure at the outer surface of the tube.

We have:

$$\begin{aligned} \sigma_{ri} &= -P_i & (\text{compression}) \\ \sigma_{re} &= -P_e & (\text{compression}) \end{aligned}$$

Introducing P_i and P_e into the expression of σ_r , we have:

$$\begin{cases} -P_i = \frac{E}{1-\nu^2} \left[C_1(1+\nu) - \frac{C_2(1-\nu)}{r_i^2} \right] \\ -P_e = \frac{E}{1-\nu^2} \left[C_1(1+\nu) - \frac{C_2(1-\nu)}{r_e^2} \right] \end{cases}$$

$$\begin{cases} -P_i = \frac{EC_1}{1-\nu} - \frac{EC_2}{(1+\nu)r_i^2} \\ -P_e = \frac{EC_1}{1-\nu} - \frac{EC_2}{(1+\nu)r_e^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_i = \frac{-EC_1}{1-\nu} + \frac{EC_2}{(1+\nu)r_i^2} \\ -P_e = \frac{EC_1}{1-\nu} - \frac{EC_2}{(1+\nu)r_e^2} \end{cases}$$

By adding the two equations, we derive:

$$P_i - P_e = \frac{EC_2}{(1 + \nu)} \left(\frac{r_e^2 - r_i^2}{r_e^2 r_i^2} \right) E$$

$$C_2 = \frac{(P_i - P_e)(1 + \nu)r_e^2 r_i^2}{E(r_e^2 - r_i^2)}$$

$$C_1 = \frac{(1 + \nu)(r_i^2 P_i - r_e^2 P_e)}{E(r_e^2 - r_i^2)}$$

The stresses σ_r and σ_t then take the expressions:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{r_i^2 P_i - r_e^2 P_e}{r_e^2 - r_i^2} - \frac{(P_i - P_e)r_e^2 r_i^2}{r^2(r_e^2 - r_i^2)} \\ \sigma_t = \frac{r_i^2 P_i - r_e^2 P_e}{r_e^2 - r_i^2} + \frac{(P_i - P_e)r_e^2 r_i^2}{r^2(r_e^2 - r_i^2)} \end{cases}$$

Expressions of σ_r and σ_t in the case where the external pressure $P_e = 0$

When the boiler is in operation, the pressure outside the tubes is considered to be negligible compared to the zero steam pressure ($P_e \approx 0$). The nullity of P_e translates in terms of equation by:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{r_i^2 P_i}{r_e^2 - r_i^2} - \frac{P_i r_e^2 r_i^2}{r^2(r_e^2 - r_i^2)} \\ \sigma_t = \frac{r_i^2 P_i}{r_e^2 - r_i^2} + \frac{P_i r_e^2 r_i^2}{r^2(r_e^2 - r_i^2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{r_i^2 P_i}{r_e^2 - r_i^2} \left(1 - \frac{r_e^2}{r^2} \right) \\ \sigma_t = \frac{r_i^2 P_i}{r_e^2 - r_i^2} \left(1 + \frac{r_e^2}{r^2} \right) \end{cases}$$

In the interval $[r_i, r_e]$ we consider the functions $f(r)$ and $g(r)$ such as:

$$f(r) = 1 - \frac{r_e^2}{r^2} \quad \text{et} \quad g(r) = 1 + \frac{r_e^2}{r^2}$$

$f(r) \leq 0$ and $g(r) > 0$ (because r is always less than r_e), hence σ_r is always a compressive stress, and σ_t is always a tensile stress.

For $r = r_i$, $g(r)$ is maximum, so:

$$\sigma_t = \sigma_{t \max} = \frac{P_i(r_e^2 + r_i^2)}{r_e^2 - r_i^2} \quad (\text{on the inner surface of the tube})$$

For $r = r_e$, $g(r)$ is minimum, so:

$$\sigma_t = \sigma_{t \min} = \frac{2P_i r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \quad (\text{on the outer surface of the tube})$$

Radial deformation of the tube

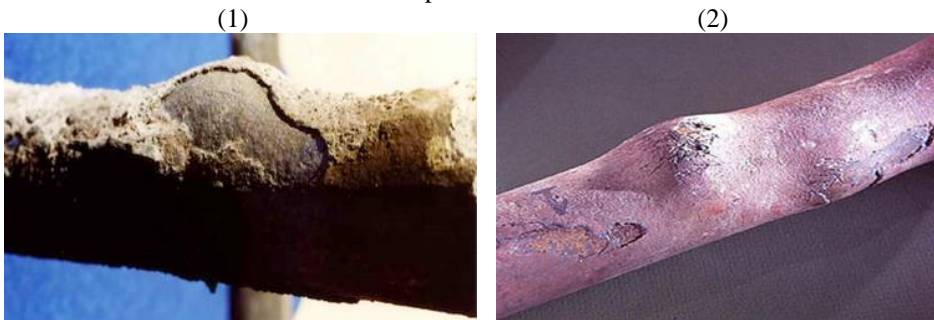
The expression of the radial strain is known:

$$U(r) = C_1 r + \frac{C_2}{r} = \frac{r(1+\nu)(r_i^2 P_i - r_e^2 P_e)}{E(r_e^2 - r_i^2)} + \frac{(1+\nu)(P_i - P_e)r_e^2 r_i^2}{rE(r_e^2 - r_i^2)}$$

For $P_e = 0$, the radial displacement of the inner surface of the tube is: $U(r) = \frac{r(1+\nu)(r_i^2 P_i - r_e^2 P_e)}{E(r_e^2 - r_i^2)} + \frac{(1+\nu)(P_i - P_e)r_e^2 r_i^2}{rE(r_e^2 - r_i^2)} = \frac{r_i P_i}{E} \left(\frac{r_i^2 + r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} + \nu \right)$

In this case, the radial displacement is outward. This can result in a hernia formation followed by a bursting of the boiler tube (see photos 2 below), if the wall of the tube decreases in thickness due to corrosion, or if the pressure P_i increases beyond the permissible limit value of the material.

Photos 2: Hernia and bursting of tubes due to the combined action of corrosion and pressure.





Sources : (1) Ait drivex (2017), (2) Veolia water technologies & solutions, (3) Buecker B. & Hughes T. (2020), (4) Yena engineering. (2017).

Maximum shear stress resulting from the combination of σ_r and σ_t

The maximum shear stress is defined by:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_t - \sigma_r}{2} = \left[\frac{P_i(r_i^2 + r_e^2)}{r_e^2 - r_i^2} + \frac{P_i(r_e^2 - r_i^2)}{r_e^2 - r_i^2} \right] = \frac{P_i r_e^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

Shear stress is *the component of stress* denoted by τ and arises from the shear force T parallel to the specimen cross section S . It tends to cause deformation of a material by slippage along a plane also parallel to the specimen cross section. Its general expression is: $\tau = T/S$.

When corrosion occurs, the thickness of the pipe wall decreases as operation continues over time. Knowledge of the corrosion rate makes it possible to determine when the corroded pipe needs to be replaced (as a preventive measure against possible breakage). Then it becomes essential to calculate the maximum shear stress as a function of the corrosion rate.

Let r_c be the inner radius of the boundary surface between the part of the tube undergoing corrosion and the non-corroded part which we define by:

$$r_c = r_i + e = r_i + V_c \times \Delta t$$

With: r_i = initial inner radius of the tube at the beginning of operation;

V_c = predefined tube corrosion rate;

Δt = duration of exposure of the tube in a corrosive environment;

$e = V_c \times \Delta t$ = loss of tube thickness due to corrosion during the exposure time Δt (corresponding to the increase in radius r_i).

The expression of the maximum shear stress τ_{\max} becomes:

$$\tau_{\max} = \frac{P_i r_e^2}{r_e^2 - (r_i + V_c \Delta t)^2}$$

Tube Strength Condition

Let τ_l be the elastic limit stress of the tube at shear. The condition of the tube resistance to fracture is such that:

$$\tau_{\max} \leq \tau_l = R_{pg} = R_{eg}/s$$

Where: R_{pg} = practical elastic limit stress on sliding
 R_{eg} = elastic limit stress on sliding
 s = safety factor

Moment of Hernia Formation and Cracking (or Explosion)

Deterioration (herniation and then cracking) of the tube will occur when:

$$\tau_{\max} > \tau_l = R_{pg}$$

$$\frac{P_i r_e^2}{r_e^2 - (r_i + V_c \Delta t)^2} > \tau_l$$

$$\tau_l [(r_i + V_c \Delta t)^2 - r_e^2] + P_i r_e^2 > 0$$

$$\tau_l (r_i^2 + V_c^2 \Delta t^2 + 2r_i V_c \Delta t - r_e^2) + P_i r_e^2 > 0$$

Considering that V_c^2 is negligible, the inequality becomes:

$$\tau_l r_i^2 + 2\tau_l r_i V_c \Delta t - \tau_l r_e^2 + P_i r_e^2 > 0$$

$$\Delta t > \frac{\tau_l (r_e^2 - r_i^2) - P_i r_e^2}{2\tau_l r_i V_c} = \frac{R_{pg}(r_e^2 - r_i^2) - P_i r_e^2}{2\tau_l r_i V_c}$$

Period of Operation

The maximum operating time limit Δt_{\max} will be such that:

$$\Delta t_{\max} = \frac{R_{pg}(r_e^2 - r_i^2) - P_i r_e^2}{2\tau_l r_i V_c}$$

This is the time of hernia formation followed by cracking.

Application to the boiler tubes of a steam thermal power plant (a real case)

The tube sample used was steel with mechanical characteristics defined in the catalog of the Chinese supplier, Superheater (2021).

Mechanical characteristics for JIS G3462 - STBA12 type steel used:

Outer diameter = **60.3 mm**, thickness = **3.2 mm**, Re = **206 Mpa** (elastic limit stress).

We deduce from this:

$Reg = 0.5Re = 0.5 \times 206 = 103 \text{ Mpa}$ (elastic resistance to slippage)

$s = 1.3$

$\tau_i = Rpg = Reg/s = 103/1.3 = 79 \text{ Mpa}$ (practical slip resistance)

$P_i = 45 \text{ bar}$

$r_e = 60,3 \text{ mm}$ (see figure 1)

$r_i = 57,1 \text{ mm}$ (see figure 1)

V_c (to be determined)

$\tau_{\max i}$ (to be determined)

Δt_{\max} (to be determined)

Corrosion rate

The corrosion rate was determined by the method based on the measurement of weight loss mentioned previously (section 3-2). Taking advantage of the downtime for corrective maintenance, a coupon (of length $L = 200 \text{ mm}$) of this corroded tube was taken, which put us in an experimental study situation closer to reality. Because reproduce the study in the laboratory, over a long period, under the same conditions as those in a running boiler (pH, alkalinity, conductivity, content of impurities, oxygen concentration, operating temperature, and other characteristics of the water/steam) proved difficult and more expensive. A coupon of the same dimensions was taken from the replacement tube with the same mechanical characteristics as the corroded tube.

Exposure period Δt of the corroded tube to water/steam

The exposure period Δt of the water/steam corroded tube in the boiler was determined by differentiating between its crack date and its commissioning date (known from records).

$$\Delta t = (\text{September 16, 2023}) - (\text{April 12, 2015}) = (8 \text{ years} + 4 \text{ months} + 2 \text{ weeks}) = \mathbf{8.38 \text{ years.}}$$

Lost mass

The corrosion loss mass Δm was determined by differentiating between the mass m_1 of the new replacement tube coupon and the mass m_2 of the corroded tube coupon.

$m_1 = 900.7 \text{ g}$ (obtained by weighing)

$m_2 = 417.8 \text{ g}$ (obtained by weighing)

$\Delta m = m_1 - m_2 = 900.7 - 417.8 = \mathbf{482.9 \text{ g}}$

Corrosion rate in lost mass per year

In the case of a loss of mass m over time t , corrosion rate V_c is expressed by the relation:

$$V_c = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{482,9}{8,38} = 57,62 \text{ g/an} \quad (\text{mass lost per year})$$

Corrosion rate in lost thickness per year

The corrosion rate can be expressed in lost thickness per year from the previous results as follows:

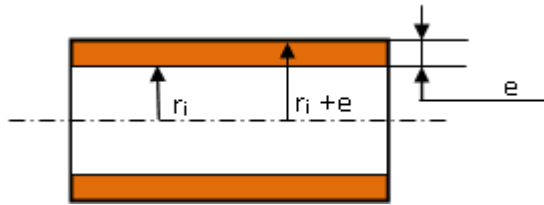


Figure 3: Portion of the corroded tube coupon corresponding to the lost mass

The mass lost m is expressed by the formula:

$$\Delta m = \pi \rho L [(r_i + e)^2 - r_i^2] = \pi \rho L (r_i^2 + e^2 + 2er_i - r_i^2) = \pi \rho L (e^2 + 2er_i) \quad \text{where } e \text{ is the total thickness lost during the exposure time of the corroded tube } \Delta t.$$

$$m/\pi \rho L = e^2 + 2er_i$$

$$e^2 + 2er_i - \Delta m/\pi \rho L = 0$$

$$e^2 + 2 \times 2.695e - 482.9/3.14 \times 7.85 \times 20 = 0$$

$$e^2 + 5.39e - 0.98 = 0$$

$$\Delta = (5.39)^2 + 4 \times 0.98 = 32.97$$

$$e_1 = (-5.39 + (32.97)^{1/2})/2 = 0,176$$

$$e_2 = (-5.39 - (32.97)^{1/2})/2 = -5.565 \text{ (impossible case)}$$

The corrosion rate V_c in lost thickness per year is given as follows:

$$V_c = e_1/\Delta t = 0.176/8.38 = \mathbf{0.021 \text{ cm/year} = 0.21 \text{ mm/year}}$$

Limited Operating Time

The operating life limit Δt_{\max} corresponding to the beginning of tube damage is calculated from its structural formula in subsection 3-3-5-3:

$$\Delta t_{\max} = [79(3.015^2 - 3.015)^2 - 4.5(3.015)^2]/(2 \times 79 \times 2.695 \times 0.021) = \mathbf{11.56}$$

years

$$\Delta t_{\max} = \mathbf{11 \text{ years} + 6 \text{ months} + 3 \text{ weeks.}}$$

Shear stress

The shear stress is obtained using the expression developed in subsection 3-3-5:

Shear stress just before shutdown for corrective maintenance

$$\tau = [4.5 \times (3.015)^2] / [(3.015)^2 - (2.695 + 0.021 \times 8.38)] = \mathbf{48.26 \text{ Mpa}} < R_{pg} = 79 \text{ Mpa}$$

Maximum shear stress corresponding to the moment of hernia formation

$$\tau_{\max} = [4.5 \times (3.015)^2] / [(3.015)^2 - (2.695 + 0.021 \times 11.56)] = \mathbf{89.16 \text{ Mpa}} > R_{pg} = 79 \text{ Mpa}$$

It is noted that the maximum shear stress τ_{\max} exceeds the practical elastic limit stress at the slip R_{pg} , giving rise to the formation of hernia followed by cracking. The calculations show that the practical yield stress at slip $R_{pg} = 79 \text{ Mpa}$ corresponds to a duration of operation $\Delta t = 11.09 \text{ years} \approx 11 \text{ years} + 1 \text{ month}$. Since the temperature and characteristics of the water in the boiler are not stable, the corrosion rate is not absolutely controllable, despite the provisions of good operating practices. To operate the boiler tubes under conditions of lower risk of deterioration, we recommend an operating life of $\Delta t_{\max} = \mathbf{10 \text{ years}}$, corresponding to a maximum shear stress $\tau_{\max} = 62.81 \text{ Mp} < R_{eg}$. At the end of these 10 years, the tubes should be replaced for preventive maintenance.

Illustration of the evolution of the operating life limit in relation to the corrosion rate

For several successive corrosion rate values, the corresponding values of the operating limit time Δt_{\max} are given in the table below and are represented graphically by Figure 4.

Table: Maximum operating time Δt_{\max} as a function of the corrosion rate

Vc (mm/year)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δt_{\max} (year)	24,29	12,14	8,09	6,07	4,85	4	3,47	3,03	2,7	2,43

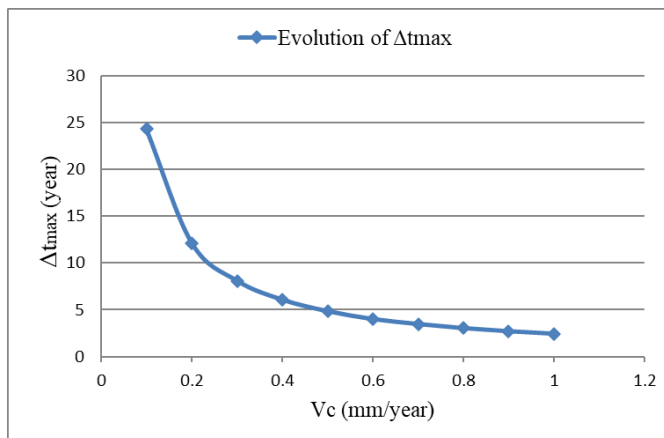


Figure 4: Trend of the evolution of the maximum duration Δt_{\max}

The curve shows that the greater the corrosion rate V_c , the shorter the operating time Δt_{max} of the tubes before deterioration. It is the responsibility of the maintenance worker to determine the corrosion rate and to associate it with the corresponding Δt_{max} on the curve. The planning of tube replacement is then made by deciding on a time lower than Δt_{max} .

For greater accuracy, the curve can be exploited using other (not available to us) practical means to inspect and determine the corrosion rate at regular time intervals from knowledge of the residual thickness. These include:

- Phased array;
- Conventional ultrasound;
- Eddy currents multi-element;
- Time-of-flight diffraction of ultrasound;
- Guided waves;
- Fluorescence and X-ray diffraction;
- Remote visual inspection.

The corrosion rate could be deduced from the value indicated by the measuring device and entered into the expression of Δt_{max} .

Photos 3: Measurement of the evolution of corrosion.



Sources: (1) Sofranel (2025), (2) Evident, (3) & (4) Kapayeva (2017).

Other factors responsible for boiler tube bursting

In addition to corrosion, other factors to watch out for can cause boiler tube bursting:

- Poor quality of boiler design, manufacturing, and installation;
- The poor quality of the material used to make the tubes or the has serious defects;
- Early wear of the tubes by combustion products;
- Poor water circulation due to the presence of various objects forgotten in the boiler during maintenance operations;
- The formation of scale in the tubes;
- A severe shortage of water in the boiler causing the local temperature of the tube wall to be too high;
- The concentration of local heat in tubes, due to inadequate adjustment of the burner angle;
- The absence or irregularity of chimney sweeping, causing uneven or irregular heating of the tubes in the combustion chamber.

Conclusion

Articulated around the prediction of boiler tube deterioration in the presence of uniform corrosion this study helps to plan the replacement of boiler tubes in preventive maintenance. As mentioned above, uniform corrosion occurs at the same rate at any point on the surface of the metal in contact with water/steam, resulting in a steady decrease in the thickness of the metal. This results in an increase in the stress in the boiler tubes and their deterioration, with the consequent cessation of the energy supply.

Based on the knowledge of the corrosion rate, which then becomes an important factor, the stress expression in the boiler tubes has been determined. This expression highlights the rapid increase in stresses, as a function of the corrosion rate, and therefore the expected moment of deterioration of the tubes. Indeed, it is interesting to note that calculations of corrosion rate and stresses in tubes make it possible to predict and plan maintenance and replacement actions for boiler tubes. It is not necessary to wait for the elastic limit stresses in the tubes to be reached, but it is necessary to cut and replace these tubes well before any unfortunate incident.

For example, the expressions of corrosion rate, shear stress and tube life shown in a graph were validated for a real case of corroded boiler tube.

The application was conducted using the corrosion weight loss measurement method where tube coupons were taken during a preventive maintenance shutdown, on one hand on a corroded boiler tube, and on the other hand on a new tube of the same characteristics. This application showed

that the time limit for using the tubes not to be exceeded was approximately 10 years.

In the light of the results, our recommendation was that the tubes should be systematically replaced at the end of their service life, starting from the date of their commissioning. We insist that the operator ensure that the boiler's supply water is of good quality. Indeed, to avoid any corrosion nuisance, it must be vigorously combated by all means. And what we must therefore emphasize is the rigor in the treatment of boiler water, but also the proper setting of the purges. Good boiler water quality will prevent corrosion and its consequences, increase the life of boiler tubes, reduce time losses and maintenance costs and ensure good reliability of the installation.

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

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

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

References:

1. Ait drivex (2017, mars-avril). *Ait drivex, 40 ans d'expérience contre l'encrassement et la corrosion acide des chaudières* [photo Ait drivex]. *Bioénergie internationale* (48) <https://www.bioenergie-promotion.fr/50088/bioenergie-international-n48-mars-avril-2017>
2. Baroux, B. (2014). *La corrosion des métaux*. Dunod.
3. Benguedda, H. (2024). *Étude de phénomène d'apparition des hernies dans les tubes d'eau des chaudières de la zone 3* [Mémoire de Master, Université de Mostaganem]. DSpace EBIBLIO. <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/26676>
4. Bensabra, H. (2016). *Cours de corrosion et protection des métaux*. [note de cours]. Université de JIJEL. <https://fr.scribd.com/document/575990492/cours-sur-Corrosion-et-Protection-des-Metaux>
5. Buecker B. & Hughes T. (2020). *Les défis du traitement d'eau de chaudière industrielle*. [Google image online]. *PPCHEM Journal*, 22(6), 252-259. <https://journal.ppchem.com/>
6. Chattopadhyay, P. (1995). *Boiler operations questions and answers*. Mc Graw-Hill, Inc.
7. Collaton Consultancy Limited (2020, January 12). *General water treatment* [Google image online]. <https://www.collatonconsultancy.com/blog/2020/01/12/what-is-corrosion/>

8. Dinesh S., & Jose, A. V. V. (2022). Analysis of corrosive degradation and failure of water wall tubes. *Materials Today: Proceedings*, 62(4), 2168-2172. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.359>
9. Drastiwati, N. S., Zakiyya, H., Utama, F. Y., & Kurniawan, W. D. (2017, August 24). *Preliminary study of failure analysis on tube material boiler based on pressure aspect*, [Paper presentation]. The 2nd Annual Applied Science and Engineering Conference, Bandung, Indonesia. doi:10.1088/1757-899X/288/1/012110.
10. Duarte-Cordon, C. A., Espejo, E., & Martinez, J. C. (2017, September). Failure analysis of the wall tubes of a water-tube boiler. *Engineering Failure Analysis*, 79, 704-713.
11. Evident. *45MG pour le contrôle de la corrosion*. [Google image online]. <https://ims.evidentscientific.com/fr/products/thickness-gauges/45mg>
12. Gauri, M. Z., Sankhala, K., & Dharmendra, K. J. (2014). Remaining life analysis of boiler tubes on behalf of hoop stresses produced during operation of power plant. *Journal of Engineering Research and Applications*. 4(7), 34-38.
13. Ifeanyi E. K., Inglis, H. M., & Kok, S. (2023). Prediction of the time to failure of boiler tubes flawed with localized erosion. *J. Pressure Vessel Technol.* 145(2): 021502 (9 pages). <https://doi.org/10.1115/1.4056606>.
14. Kapayeva S. D., Bergander M. J., Vakhguelt A., & Khairaliyev S. I. (2017, December 31). Remaining life assessment for boiler tubes affected by combined effect of wall thinning and overheating. *Journal of Vibroengineering*. 19(8). <https://www.extrica.com/article/18219>. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.18219>
15. Learn Quality (2021, May 8). *Corrosion, featured*. [Google image online]. <https://learn-quality.com/what-is-corrosion/>
16. Rasmussen Mechanical Services, Waldron R. (2022, April 4). *How boiler feed water affects boiler operations* [Google image online]. <https://www.rasmech.com/blog/boiler-feed-water-quality-affect-boiler-operations/#:~:text=Low%2Dquality%20boiler%20feedwater%20contains,are%20in%20your%20raw%20water>.
17. Shutterstock (2020, 9 Mars). *Tuyau d'eau bouché, couche de corrosion* [Google image online]. <https://www.shutterstock.com/fr/search/metal-corrosion>
18. Sofranel (2025). *ECHO 9 Série: Mesure d'épaisseur de corrosion* [Google image online]. <https://www.sofranel.com/fr/echo-9-serie>
19. Superbheater (2021). *Le premier service de chauffage électrique en Chine*. <https://www.superbheater.com>.

21. The news (2004, October 18). *Benefits of ultrasonic testing in determining pipe corrosion*. [Google image online]. <https://www.achrnews.com/articles/93529-benefits-of-ultrasonic-testing-in-determining-pipe-corrosion>
22. Timoshenko, S. P. (1968). *Résistance des matériaux – tome 1: théorie élémentaire et problèmes* (3^{ème} ed.). Dunod.
23. TLV. *Corrosion dans les conduites de vapeur et de condensât*. [Google image online]. <https://www.tlv.com/fr-fr/steam-info/steam-theory/problems/corrosion>
24. Veolia water technologies & solutions. *Water handbook - boiler system failures*. [Google image online]. <https://www.watertechnologies.com/handbook/chapter-14-boiler-system-failures>
25. Yena engineering (2017, Mars-April). *What are the root causes of boiler tube failures?* [Google image online]. <https://yenaengineering.nl/root-causes-of-boiler-tube-failures/>

Enhancing Portal System Resilience with a Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) for Cyber Threat Detection

O.O. Green

Department of Information Communication Technology, Lagos State
University of Education, Lagos, Nigeria

M.B. Abdulrazaq

B. Yahaya

Z. Haruna

Department of Computer Engineering,
Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

S.O. Omogoye

Department of Electrical and Electronics Engineering, Lagos State
University of Science and Technology, Lagos, Nigeria

A.S. Adegoke

Department of Computer Engineering, Lagos State University of Science and
Technology, Lagos, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p61](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p61)

Submitted: 05 February 2025

Accepted: 08 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Green O.O., Abdulrazaq M.B., Yahaya B., Haruna Z., Omogoye S.O. & Adegoke A.S. (2025).
Enhancing Portal System Resilience with a Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA)
for Cyber Threat Detection. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 61.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p61>

Abstract

This research presents a novel cyber threat detection framework that integrates the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) with a one-class classification approach to improve the resilience of portal systems against denial-of-service attacks, Man-in-the-Middle attacks, and data breaches. The proposed model enhances anomaly detection by optimizing decision boundaries in high-dimensional datasets, leveraging adaptive threshold tuning, dynamic feature selection, and real-time monitoring. Experimental evaluations demonstrate that the MLOA-based detection model significantly outperforms traditional clustering-based methods across varying levels of attack complexity. It achieves a recall of 0.97, accuracy of 0.98,

precision of 0.96, and an area under the receiver operating characteristic curve (ROC-AUC) score of 0.97 for simple anomalies, while maintaining strong performance for moderate and complex anomalies, with recall values of 0.92 and 0.90 and ROC-AUC scores of 0.94 and 0.92. These findings validate the effectiveness of the proposed approach in detecting zero-day attacks and evolving cybersecurity threats, offering a scalable, high-performance anomaly detection solution for modern portal systems. This study further establishes the practical application of nature-inspired optimization algorithms in cybersecurity, reinforcing the importance of AI-driven threat detection in protecting digital infrastructure.

Keywords: Anomaly Detection, Cybersecurity, Modified Lion Optimization Algorithm, Nature-Inspired Algorithms, Performance Metrics, Portal Systems, SSC-OCSVM, UNSW-NB15 Dataset

Introduction

In today's digital landscape, portal systems (PS) have become integral to delivering critical education, administration, and communication services. However, these systems' increasing complexity and interconnectivity make them vulnerable to diverse anomalies, including malicious attacks, injection flaws, denial-of-service (DoS) attacks, Man-in-the-Middle attacks (MitM) data breaches, and human errors. These vulnerabilities cause operational disruptions, financial losses, and reputational damage, leading to reduced user trust. For example, major cyber incidents like the July 2015 data breach at the University of California, Los Angeles (UCLA), which exposed 4.5 million records at a cost of over \$70 million, and the July 2023 University of Manchester was a victim of a cyber-attack, resulting in vulnerabilities for about 11,000 staff and more than 46,000 students' data (Paganini, 2023)), highlight the severe consequences of insufficient anomaly detection systems. In Nigeria, the 2023 presidential elections recorded 12.9 million cyber threats reported by the minister of communication and digital economy, Isa Pantami (Ukagwu. (2023)), further emphasizing the need for robust security mechanisms.

Study Aim and Objectives

This study aims to develop an anomaly detection model for portal systems by integrating the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) with One-Class Support Vector Machine (OCSVM). The primary objective is to determine the optimal anomaly detection threshold for distinguishing between normal and abnormal network activity, enhancing portal system security and reliability. The initiative specifically aims to:

- 1) Address the limitations of existing anomaly detection methods, such as high false positive rates and computational inefficiencies.
- 2) Optimize anomaly detection thresholds using MLOA's adaptive optimization techniques. Improve detection accuracy for complex anomalies.
- 3) Evaluate the model's effectiveness using real-world datasets from the Lagos State University of Education (LASUED) portal systems and the UNSW-NB15 dataset.

Limitations of Conventional Approaches

Conventional anomaly detection techniques, including trial-and-error methods or default parameter settings, often fail to adapt to cyber threats' dynamic and evolving nature. Techniques such as Sub-Space Clustering-One Class Support Vector Machine (SSC-OCSVM) developed by (Pu *et al.*, 2021), Feature selection with K-Lion Optimization Algorithms (K-LOA) by (Jagatheeshkumar *et al.*, 2021), and deep-learning hybrid models by Data, Karadayi and Aydin, (2020) have shown promise but are limited in handling complex anomaly patterns like contextual User-to-Root (U2R) and Remote-to-Local (R2L) attacks. These approaches may result in high false positive rates or leave systems vulnerable to subtle yet impactful threats.

Proposed Solution

To address these limitations, this study proposes the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) to enhance anomaly detection by optimizing thresholds and improving computational efficiency. The MLOA leverages advanced nature-inspired optimization techniques to adapt dynamically to diverse anomaly types, ensuring improved detection accuracy and robustness in real-world scenarios. By utilizing datasets from Lagos State University of Education (LASUED) portal systems and the UNSW-NB15 dataset, the proposed solution aims to safeguard portal systems from evolving cyber threats.

The remainder of this article is organized as follows: Section 2 provides an overview of the proposed MLOA framework and its application in portal systems. Section 3 presents the research findings and discussions. Section 4 concludes the study and outlines potential directions for future research.

Overview of Proposed MLOA Anomaly Detection Threshold in a Portal System

Introduction

Portal systems must be resilient to maintain operational integrity, user trust, and cybersecurity. The early detection and mitigation of anomalies

guarantee the system's resilience and recovery from changing cyber threats, including denial-of-service (DoS) attacks, Man-in-the-Middle (MitM) attacks, and data breaches.

This paper proposes an anomaly detection threshold for the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) to improve portal systems' early threat detection. To maximize anomaly detection in high-dimensional datasets, the suggested system combines MLOA with One-Class Support Vector Machine/OCSVM.

Justification for the MLOA-Based Anomaly Detection Model

Traditional anomaly detection methods, such as default threshold settings, clustering techniques, and deep learning models, suffer from:

- 1) High false positive rates due to static thresholding.
- 2) Computational inefficiencies, making real-time deployment impractical.
- 3) Limited adaptability to emerging cyber threats.

The MLOA framework addresses these limitations through:

- 1) Dynamic Threshold Optimization – Continuously adjusts detection boundaries based on real-time network traffic analysis
- 2) Feature Selection and Search Space Optimization – Reduces irrelevant features to enhance computational efficiency.
- 3) Adaptive Learning – Adjusts model parameters iteratively to improve accuracy for complex anomaly patterns.

Structure of the MLOA Anomaly Detection Framework

The proposed MLOA-based anomaly detection system consists of three core components:

- 1) Data Collection and Preprocessing: Network logs are collected from the Lagos State University of Education (LASUED) portal system and the UNSW-NB15 dataset and the data undergo cleaning, normalization, and feature selection.
- 2) Anomaly Detection Model Development: The MLOA is used to optimize the anomaly detection threshold for distinguishing between normal and anomalous traffic and Feature selection techniques are applied to enhance model efficiency and reduce computational load.
- 3) Real-Time Anomaly Detection: The system continuously evaluates network traffic, adjusting detection thresholds dynamically based on evolving threat patterns

Methodology

This section describes developing and implementing the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) for anomaly identification in portal systems. The methodology includes data collection and preprocessing, the search space definition, feature selection, model optimization, and training procedures. By optimizing anomaly detection criteria and guaranteeing flexibility in response to changing attack patterns, the proposed system aims to improve early cyber threat identification.

Data Collection and Preprocessing

In this article, the network logs (dataset) were collected from the Lagos State University of Education (LASUED) Edu portal (www.eportal.lasued.edu.ng) using network traffic monitoring software called OPNsense by Thomas-Krenn, A.G. (2018), the software uses comma-separated values (CSV), to store all the network logs that pass through it, by adopting the work of (Konstantina et al., 2021) and the UNSW-NB15 dataset downloaded from the open-source (Australian Centre for Cyber Security by Nour Moustafa, (2015)). This dataset contains a variety of network activities, including normal traffic and modern attacks, representing contemporary threats faced by network systems, it includes 2.54 million records, each containing network traffic data along with labeled attacks and normal activities organized with different features capturing details of each network connection, with labels indicating whether each instance is normal or malicious.

Adopting the work of (Konstantina et al., 2021) as shown in Figure 1., the datasets were preprocessed, and the UNSW-NB15 dataset and network logs were imported into Python using the pandas package for preprocessing. Missing values in both datasets were identified using the `IsNull().sum()` function and replaced with their respective feature means through the `SimpleImputer` from `sklearn.impute`. This preprocessing pipeline effectively cleaned and prepared the datasets, optimizing them for subsequent anomaly detection modeling.

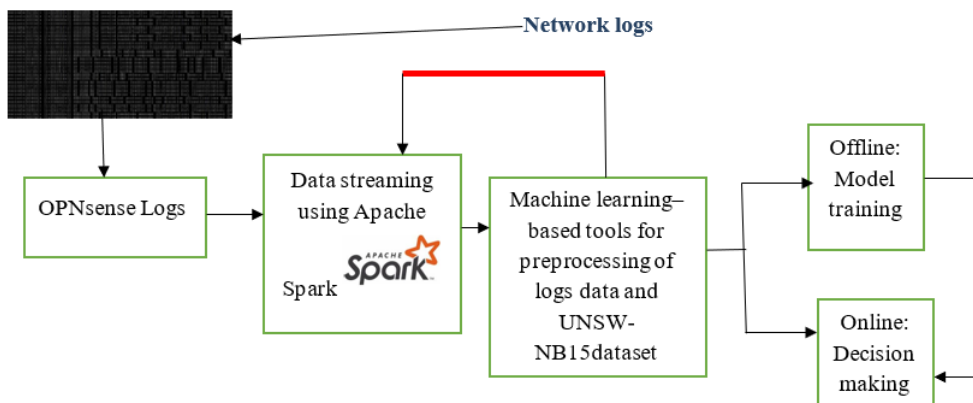


Figure 1: Network Data Collection Adopting (Konstantina., 2021)'s Work

Development and Training of the MLOA

The Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) was developed to enhance anomaly detection thresholds by incorporating adaptive search space optimization, dynamic feature selection, and real-time threshold tuning. These improvements address the limitations of traditional optimization algorithms, such as Genetic Algorithms (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO), which often suffer from computational inefficiency, premature convergence, and sensitivity to parameter settings. Genetic Algorithms (GA), while effective for global search, are computationally expensive due to the need to evaluate many individuals across multiple generations. They are also prone to premature convergence if the population loses diversity, leading to suboptimal solutions. Additionally, GA requires careful parameter tuning (e.g., population size, crossover rate, mutation rate, and the number of generations) to achieve optimal performance (Katoch and Kumar, 2021). Similarly, Particle Swarm Optimization (PSO) faces challenges such as converging prematurely to local optima, particularly when particle diversity decreases too early. The algorithm's performance is highly sensitive to parameter settings, especially inertia weight, cognitive weight, and social weight, making it difficult to adapt in dynamic environments (Vanneschi and Silva, 2023). To overcome these challenges, MLOA integrates adaptive search mechanisms that balance exploration and exploitation, ensuring robust anomaly detection across high-dimensional datasets.

Feature Selection and Search Space Definition

Adopting Rajakumar, (2012)'s work, using the preprocessed network logs (dataset) collected and the UNSW-NB15 dataset selected features as detailed in the Python code in Appendix A. This research delves into several steps and methods utilized in developing and implementing the Modified Lion Optimization Algorithm framework for early anomaly detection in a portal

system. The population size for the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) was determined based on the Internet Assigned Numbers Authority (IANA) port assignments. By combining the source and destination ports, represented as 5 bits each, the total number of lions was set to 10 bits as shown in Figure 2.

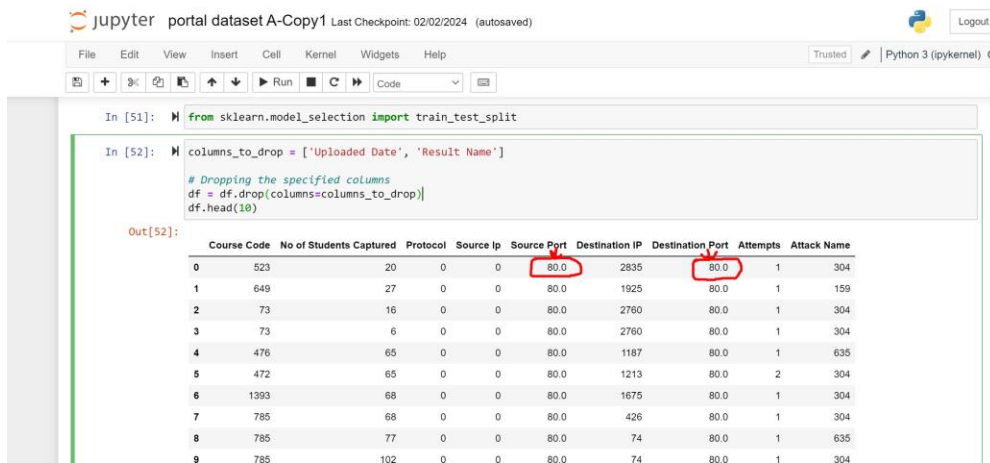


Figure 2: Source and Destination ports in the network (IANA)

The dimensionality of the MLOA's problem search space was derived from the dataset attributes. The total number of columns in the network logs defined a search space of 11 dimensions, with each dimension represented by 4 bits, as shown in Figure 3.

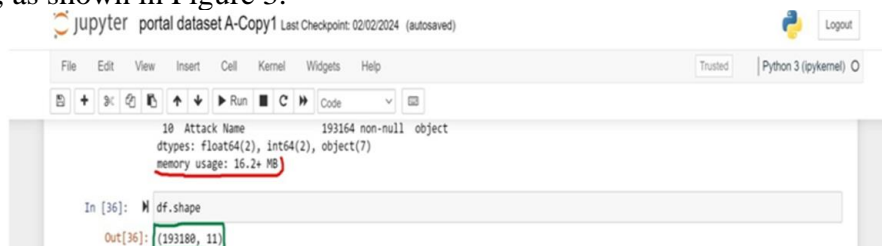


Figure 3: Dimensionality of Network Logs Collected

The network logs collected are equal to the total number of columns tagged with the green mark in the search space available within 16.2 MB as tagged with the red mark in Fig.3; the total search space (SS) = 11 (4 bits).

To balance convergence efficiency and computational cost, the maximum number of iterations for the MLOA was calculated using the mode of middle values from the preprocessed dataset, resulting in a maximum iteration value of 40. This was achieved by averaging middle row and column values from the dataset, as shown in Figure 4 and defined by the formula equation 1, which provided balanced parameters for the algorithm. Within the specified search space, the initial population of lions was then created at

random, with every lion standing for a possible solution to the optimization problem.

$$M = \sum_i^n x_i / n \quad (1)$$

Out[52]:

	Course Code	No of Students Captured	Protocol	Source Ip	Source Port	Destination IP	Destination Port	Attempts	Attack Name
0	523	20	0	0	80.0	2835	80.0	1	304
1	649	27	0	0	80.0	1925	80.0	1	159
2	73	16	0	0	80.0	2760	80.0	1	304
3	73	6	0	0	80.0	2760	80.0	1	304
4	476	55	0	0	80.0	1187	80.0	1	635
5	472	65	0	0	80.0	1213	80.0	2	304
6	1393	68	0	0	80.0	1675	80.0	1	304
7	785	68	0	0	80.0	426	80.0	1	304
8	785	77	0	0	80.0	74	80.0	1	635
9	785	102	0	0	80.0	74	80.0	1	304

Figure 4: Preprocessed datasets

MLOA Optimization Model

The fitness of each lion was evaluated using a tailored objective function of the Lion Optimization Algorithm as defined by Rajakumar, (2012) in equations 2 and 3, implemented in Python.

The Objective Function (OF) = $\arg \min f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n), x_i \in (x_i^{\min}, x_i^{\max}) n \geq 1$ (2) (Rajakumar, 2012)

Equation (2) is an n-variable minimization function in which every result is a variable, $x_i; i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$, might be governed by a particular equality or inequality restriction. The Lion must have a binary structure when $n=1$.

whereas $n \geq 1$ favors integer-structured lions.

From equation (2) the pride is initiated by generating the initial pride as X^{male} and X^{female} with the structure of $X^{\text{male}} = [x_1^{\text{male}}, x_2^{\text{male}}, x_3^{\text{male}}, \dots, x_L^{\text{male}}$ and $X^{\text{female}} = [x_1^{\text{female}}, x_2^{\text{female}}, x_3^{\text{female}}, \dots, x_L^{\text{female}}$ where L defines the number of lengths of the solution vector to be determined as, $L = \begin{cases} n & ; n > 1 \\ m & ; \text{otherwise} \end{cases}$

(3) (Rajakumar, 2012). This function ensured optimal threshold adjustments for anomaly detection. The systematic definition of these parameters optimized the MLOA's performance, making it highly effective for identifying anomalies within the portal system network.

Model Initialization and Implementation

Initializing the lion population in the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) involves creating a set of "lions," each with a random

position within the defined search space. The position of every lion corresponds to a particular collection of parameters or thresholds that need to be improved, and each lion represents a possible solution to the optimization problem.

This random distribution ensures diversity within the population, which is critical for effectively exploring the search space. By treating each lion as a candidate solution, the algorithm can evaluate its performance using a fitness function and improve the population to identify optimal solutions. The Python implementation of this initialization process for MLOA and the Lion Optimization (LOA) is detailed in Appendix B. This step is fundamental to the MLOA's success, laying the foundation for the algorithm's optimization process.

Results

The Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) was evaluated with an emphasis on how well it optimized anomaly detection thresholds in a network of portal systems. The following were the evaluation's key targets:

- 1) Evaluate the MLOA's convergence behavior about the Lion Optimization Algorithm (LOA)
- 2) Examine how well MLOA detects anomalies in comparison to a Sub-Space Clustering-One-Class Support Vector Machine (SSC-OCSVM).

Evaluation of the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA)

The evaluation of the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) involved calculating the fitness of each lion using a Python-implemented objective function based on Equations (2) and (3). The goal was to identify the best solution by optimizing the Lion positions within the search space. The resulting convergence behavior, visualized using the Matplotlib library, demonstrated in Fig.5 and Fig.6 for MLOA of best fitness value of approximately 0.37 and LOA of 0.95, respectively, shows that the MLOA significantly outperformed the LOA.

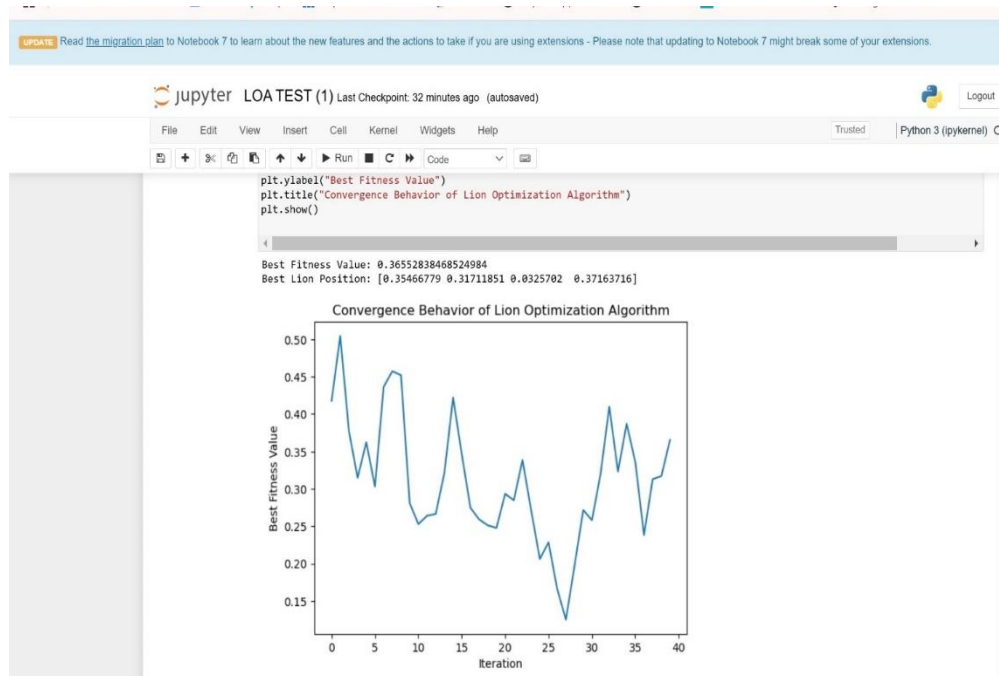


Figure 5: Modified Lion Optimization Algorithm

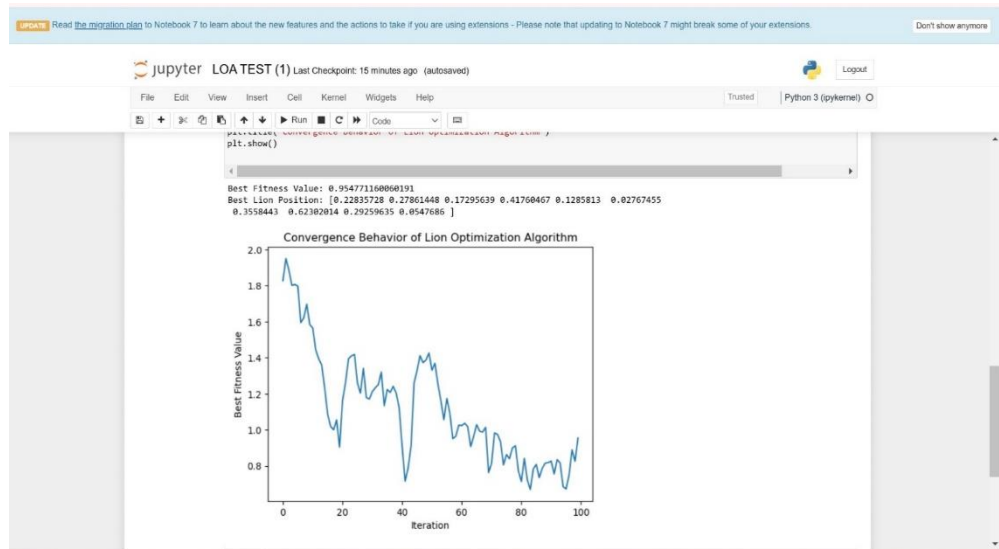


Figure 6: Original Lion Optimization Algorithm

The results indicated the best fitness value of approximately 0.37 and the best Lion position of [0.35, 0.32, 0.03, 0.37]. The results obtained validated the threshold for the anomaly detection model's performance metrics, including accuracy, true positive rate (TPR), precision, F1-score, and AUC-ROC.

Comparative Performance of MLOA and SSC-OCSVM

A Sub-Space Clustering-One-Class Support Vector Machine (SSC-OCSVM) by Pu *et al.* (2021), an unsupervised anomaly detection technique that combines the benefit of a One-Class Support Vector Machine (OCSVM) with the attack detection capabilities of Sub-Space Clustering (SSC). The OCSVM, an extension of the Support Vector Machine, is designed for normal or unlabeled data that trains on a single class. The SSC is an extension of the traditional clustering methods like K-means and density-based spatial clustering of applications with noise. The original dataset was divided into smaller sub-spaces using OCSVM, and clusters were created using SSC. Dissimilarity vectors inside each sub-space were used to update the partition. If the dissimilarity value exceeds a predefined threshold, the corresponding data point is flagged as an anomaly. With this hybrid approach, anomalies in unlabeled datasets may be reliably identified by utilizing the strengths of both SSC and OCSVM for complex clustering and anomaly detection, respectively. However, the authors acknowledge the need for developing an effective feature selection method, indicating that the developed method may not fully optimize the feature set used for anomaly detection, potentially leading to suboptimal results.

The performance metrics of the proposed algorithm for detecting anomalies of Increasing Complexity Level are evaluated by implementing and testing the proposed MLOA for anomaly detection in a portal system in Python using the result obtained in Figure 5 to validate the threshold for the anomaly detection model's performance metrics, including accuracy, true positive rate (TPR), precision, F1-score, and AUC-ROC as detailed in Appendix C and Appendix D for the SSC-OCSVM.

The performance of SSC-OCSVM models using the NSL-KDD dataset under conditions similar to those of the proposed MLOA using the UNSW-NB15 dataset was evaluated. While SSC-of SSC-OCSVM and MLOA for Anomaly Detection OCSVM effectively groups normal and anomalous data into sub-spaces, it struggles with feature selection, leading to suboptimal results in complex datasets.

Table 1 shows the comparative performance evaluation metrics for anomaly detection at an increasing Complexity Level of the SSC-OCSVM and the proposed MLOA.

Table 1: Comparative Performance Evaluation of Detection Abnormalities of Increasing Complexity Level

Matric	Complexity Level	SSC-OCSVM (NSL-KDD dataset)	Modified LOA (UNSW-NB15 datasets)
Recall (TPR)	Simple Anomalies	0.95	0.97
	Moderate Anomalies	0.90	0.92
	High Anomalies	0.85	0.90
Accuracy	Simple Anomalies	0.96	0.98
	Moderate Anomalies	0.92	0.94
	High Anomalies	0.87	0.91
Precision	Simple Anomalies	0.93	0.96
	Moderate Anomalies	0.88	0.91
	High Anomalies	0.83	0.88
ROC-AUC	Simple Anomalies	0.94	0.97
	Moderate Anomalies	0.90	0.94
	High Anomalies	0.85	0.92
F1 Score	Simple Anomalies	0.94	0.97
	Moderate Anomalies	0.89	0.92
	High Anomalies	0.84	0.90
Training Time (s)	Simple Anomalies	9.65	14.23
	Moderate Anomalies	10.12	12.89
	High Anomalies	11.03	13.67
Prediction Time (s)	Simple Anomalies	0.11	0.30
	Moderate Anomalies	0.21	0.34
	High Anomalies	0.25	0.39

Discussion

The discussion focuses on analyzing the effectiveness, scalability, and trade-offs of the Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) in enhancing anomaly detection within portal systems. The results indicate that MLOA outperforms the Sub-Space Clustering-One-Class Support Vector Machine (SSC-OCSVM) in accurately detecting complex cyber anomalies, particularly in high-dimensional datasets.

Result Analysis Summary

This section analyses the fundamental elements that explain MLOA's exceptional performance, including:

- 1) **Performance:** The Modified LOA outperforms SSC-OCSVM in handling complex anomalies, as shown in Table 1 with high Anomalies ROC-AUC of 0.92 and F1-Score 0.90, SSC-OCSVM performs efficiently on simpler Anomalies ROC-AUC of 0.94 and F1-Score 0.94 but lacks the robustness for more intricate patterns seen in UNSW-NB15.
- 2) **Scalability:** The Modified LOA is designed to scale better with more extensive and diverse UNSW-NB15 datasets with a TPR of 0.90 for high anomalies compared to 0.85 for the **SSC-OCSVM** using NSL-KDD dataset as shown in Table 1.
- 3) **Adaptability to Complex Cyberthreats:** In cybersecurity, the ability to detect unknown or evolving attack strategies is critical. SSC-OCSVM is designed for anomaly detection in structured environments but lacks the flexibility to handle new attack patterns. This limitation makes it particularly ineffective against zero-day attacks and adversarial threats. MLOA overcomes this challenge by optimizing multiple fitness functions, ensuring that anomaly detection is based on diverse evaluation criteria rather than a single static decision boundary, adapting to dynamic attack behaviors, allowing the algorithm to update its anomaly thresholds in real-time, and maintaining robustness across varying dataset distributions, ensuring that MLOA can generalize across different network traffic patterns.
- 4) **Feature Selection:** With the assumption that anomaly-relevant properties remain constant across datasets, SSC-OCSVM clusters feature spaces in a fixed way. Real-world cybersecurity scenarios, where feature relevance fluctuates, fail this assumption. Suboptimal classification is frequently caused by the fixed feature sub-space of SSC-OCSVM, especially in multi-dimensional network logs. This restriction is overcome by MLOA, which incorporates feature selection straight into its optimization procedure. Employing an iterative fitness evaluation, MLOA dynamically finds and ranks significant features, lowering computational complexity and increasing the accuracy of anomaly identification. The ability to generalize is much improved by this feature-adaptive technique, which guarantees improved performance in a variety of network situations.
- 5) **Tradeoffs:** The Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) introduces a trade-off between detection accuracy and computational efficiency when compared to the Sub-Space Clustering One-Class Support Vector Machine (SSC-OCSVM). While MLOA takes longer

- for training and prediction, it delivers superior anomaly detection performance, particularly for complex and high-dimensional datasets.
- 6) **Performance Trade-off: Accuracy vs. Speed:** The Modified LOA achieves a True Positive Rate (TPR) of 0.93 and an F1-score of 0.92, compared to SSC-OCSVM's TPR of 0.85 and F1-score of 0.84. This represents a 9.4% improvement in true positive rate and a 9.5% increase in F1-score, making MLOA more effective in identifying real anomalies while reducing false positives. However, this comes at the cost of higher computational complexity, as MLOA must iteratively optimize thresholds, search space parameters, and anomaly classification rules.
 - 7) **Computational Trade-off: Latency vs. Accuracy in Real-Time Detection:** SSC-OCSVM is faster because it relies on a predefined clustering approach, making it efficient for lightweight real-time detection but less adaptable to complex attack patterns. MLOA requires longer processing time due to its iterative optimization process, but this ensures adaptive learning and dynamic threshold tuning—essential for detecting evolving cyber threats. In real-time applications, latency becomes critical. The choice between MLOA and SSC-OCSVM depends on the use case: If speed is the priority (e.g., real-time intrusion detection systems handling high-volume traffic), SSC-OCSVM may be preferred. If accuracy is the priority (e.g., financial fraud detection, critical infrastructure security), MLOA is a better choice despite its latency.
 - 8) **Adaptive Search and Threshold Optimization method:** The use of static decision boundaries for anomaly classification is a significant drawback of SSC-OCSVM. For high-dimensional, dynamic network traffic, this method is ineffective since it relies on the assumption that anomalies can be found using fixed hyperplane separations. MLOA, on the other hand, uses a search method inspired by nature to continuously modify anomaly detection criteria in response to changing data patterns. MLOA dynamically determines the best decision boundaries according to the lion-inspired exploration-exploitation balance, which improves accuracy and reduces false positive rates. Furthermore, MLOA's fitness function improves with each iteration, adjusting detection criteria in response to real-time feedback. MLOA is more successful in detecting complex attack vectors—such as sophisticated intrusion attempts and zero-day threats—than SSC-OCSVM due to its self-adaptive threshold adjustment.
 - 9) **Faster Convergence and Stability:** One key benefit of MLOA is its speedy convergence to an ideal anomaly detection threshold. The

experimental findings show that MLOA attains a best fitness value of 0.38 (Figures 5 and 6). MLOA's quicker convergence is explained by its parallel learning mechanism, which allows it to process large-scale datasets efficiently, self-adaptive selection pressure, efficient search space exploration, which reduces the possibility of becoming stuck in local optima, and the ability to dynamically refine decision-making criteria based on anomaly distributions.

Conclusion

This study introduced a Modified Lion Optimization Algorithm (MLOA) to enhance anomaly detection and mitigation in portal systems. By leveraging advanced optimization techniques, the MLOA demonstrated superior performance compared to the traditional method, SSC-OCSVM, especially in handling complex anomalies. Through systematic parameter optimization, including population size, search space dimensionality, and fitness evaluation, the algorithm achieved higher accuracy, precision, recall, and AUC-ROC scores. Its ability to detect anomalies in real-world datasets like the UNSW-NB15 underscores its practical applicability and potential to enhance the security and resilience of portal systems against evolving cyber threats.

Future work could focus on optimizing the MLOA's computational efficiency by incorporating distributed computing techniques like Apache Spark to handle large-scale datasets in real-time. The algorithm's application could also extend to other domains, such as financial fraud detection and IoT security, where it could identify anomalies in sensor readings or transaction data. Additionally, integrating advanced deep learning methods into the MLOA framework could create hybrid approaches that combine nature-inspired optimization with neural network-based pattern recognition, further improving performance and adaptability.

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. Brunda, J.G. and S.. B. (2021) 'An Improved K-Lion Optimization Algorithm With Feature Selection Methods for Text Document Cluster To cite this version : HAL Id : hal-03341649 International Journal of Computer Sciences and Engineering Open Access An Improved K-Lion Optimization Algorith', Vol.6(7), p. 7. Available at:

- <https://doi.org/https://hal.science/hal-03341649>.
2. Data, S., Karadayı, Y. and Aydin, M.N. (2020) ‘applied sciences A Hybrid Deep Learning Framework for Unsupervised Anomaly Detection in Multivariate’, *Applied Science*, 10(15), pp. 1–25. Available at: <https://doi.org/10.3390/app10155191>.
3. Katoch, S., Chauhan, S.S. and Kumar, V. (2021) *Katoch2021_Article_AReviewOnGeneticAlgorithmPastP.pdf, Multimedia Tools and Applications*. Multimedia Tools and Applications.
4. Konstantina., et al (2021) ‘Network traffic anomaly detection via deep learning’, *Information (Switzerland)*, 12(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/info12050215>.
5. Mendeley and Elsevier (2017) ‘Mendeley Manual for librarians’, *The Electronic Library*, 28(1), pp. 1–44. Available at: http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02640471011023388%0Ahttps://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0011/117992/Mendeley-Manual-for-Librarians_2017.pdf.
6. Nour Moustafa, J.S. (2015) ‘UNSW-NB15 SOURCE FILES.pdf’, in *The UNSW-NB15 SOURCE FILES*. Australia: Australian centre for cyber security (ACCS), pp. 1–2. Available at: <https://doi.org/https://research.unsw.edu.au/projects/unsw-nb15-dataset>.
7. Paganini, P. (2023) *The University of Manchester suffered a cyber attack and suspects a data breach, Security Affairs*. Available at: <https://i0.wp.com/securityaffairs.com/wp-content/uploads/2023/06/University-of-Manchester.png?ssl=1> (Accessed: 15 January 2025).
8. Pu, G. et al. (2021) ‘A Hybrid Unsupervised Clustering-Based Anomaly Detection Method’, 26(1007–0214), pp. 146–153. Available at: <https://doi.org/10.26599/TST.2019.9010051>.
9. Rajakumar, B.R. (2012) ‘The Lion’s Algorithm: A New Nature-Inspired Search Algorithm’, *Procedia Technology*, 6, pp. 126–135. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.10.016>.
10. RRajakumar, B. (2012) ‘LION’S ALGORITHM’, *Procedia Technology*, 6((2012)), pp. 126–135. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.10.016>.
11. Thomas-Krenn.AG, S.-S. (2018) *OPNsense*. thomas-krenn.com. Available at: https://www.thomas-krenn.com/redx/tools/mb_download.php/ct.X3V5Wg/mid.y1de5b073d8372315/ebook_OPNsense_Thomas-Krenn_max_it_V2_ENG.pdf.
12. Ukagwu, T.J. and L. (2023) ‘Almost 13 million cyber-attacks recorded

during polls –FG’, *Punch*, 15 March, pp. 1–3. Available at: <https://cdn.punchng.com/wp-content/uploads/2023/02/16205355/ISA-PANTAMI.jpg>.

13. Vanneschi, L. and Silva, S. (2023) ‘Particle Swarm Optimization’, *Natural Computing Series*, pp. 105–111. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17922-8_4.

Appendix A

Python Code: Preprocessing LASUED Network Logs & UNSW-NB15

```
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.impute import SimpleImputer
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder, StandardScaler

# Load datasets
def load_datasets(lasued_file, unsw_file):
    """Loads network logs (LASUED) and UNSW-NB15 dataset."""
    lasued_data = pd.read_csv(lasued_file) # LASUED Network Logs (CSV Format)
    unsw_data = pd.read_csv(unsw_file) # UNSW-NB15 Dataset
    return lasued_data, unsw_data

# Handle missing values
def handle_missing_values(df):
    """Imputes missing values using the column mean."""
    imputer = SimpleImputer(strategy="mean")
    df_numeric = df.select_dtypes(include=[np.number]) # Select numerical columns
    df[df_numeric.columns] = imputer.fit_transform(df_numeric)
    return df

# Encode categorical features
def encode_categorical_features(df):
    """Encodes categorical variables into numeric format using Label Encoding."""
    label_encoders = {}
    for col in df.select_dtypes(include=["object"]).columns:
        le = LabelEncoder()
        df[col] = le.fit_transform(df[col])
        label_encoders[col] = le
    return df, label_encoders

# Scale numerical features
def scale_features(df):
    """Standardizes numerical features using StandardScaler."""
    scaler = StandardScaler()
    df_numeric = df.select_dtypes(include=[np.number])
    df[df_numeric.columns] = scaler.fit_transform(df_numeric)
    return df, scaler
```

```
# Preprocess both datasets
def preprocess_data(lasued_file, unsw_file, save_cleaned=True):
    """Preprocesses network log datasets by handling missing values, encoding, and
    scaling."""
    lasued_data, unsw_data = load_datasets(lasued_file, unsw_file)

    # Handle missing values
    lasued_data = handle_missing_values(lasued_data)
    unsw_data = handle_missing_values(unsw_data)

    # Encode categorical features
    lasued_data, lasued_encoders = encode_categorical_features(lasued_data)
    unsw_data, unsw_encoders = encode_categorical_features(unsw_data)

    # Scale numerical features
    lasued_data, lasued_scaler = scale_features(lasued_data)
    unsw_data, unsw_scaler = scale_features(unsw_data)

    # Save cleaned data
    if save_cleaned:
        lasued_data.to_csv("LASUED_Cleaned.csv", index=False)
        unsw_data.to_csv("UNSW-NB15_Cleaned.csv", index=False)
        print("Preprocessed datasets saved as 'LASUED_Cleaned.csv' and 'UNSW-
        NB15_Cleaned.csv'.")

    return lasued_data, unsw_data

# Run preprocessing
if __name__ == "__main__":
    lasued_file = "LASUED_Network_Logs.csv" # Update with the actual file path
    unsw_file = "UNSW-NB15.csv" # Update with the actual file path
    lasued_cleaned, unsw_cleaned = preprocess_data(lasued_file, unsw_file)
```

Appendix B

Modified LOA

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Set random seed for reproducibility
np.random.seed(42) # Ensures the same random values are generated every time

# Step 1: Initializing Parameters
population_size = 10 # I. Define the population size of the lion
dimensionality = 4 # II. Define dimensionality
max_iterations = 40 # III. Define maximum iterations

# IV. Initialize Lion Population
lion_positions = np.random.rand(population_size, dimensionality) # Initial population of lions with random positions

# Step 2: Evaluate the Fitness
def evaluate_fitness(positions):
    """Implement your objective function here"""
    return np.sum(positions**2)

fitness_values = np.zeros(population_size)
for i in range(population_size):
    fitness_values[i] = evaluate_fitness(lion_positions[i])

# Step 3: Update Lion Positions (Lion Optimization Algorithm)
def update_positions(positions, fitness_values):
    np.random.seed(42) # Set seed again before random operations for consistency
    alpha = 0.1 # Alpha parameter for LOA
    beta = 0.1 # Beta parameter for LOA

    # Sort positions based on fitness values
    sorted_indices = np.argsort(fitness_values)
    sorted_positions = positions[sorted_indices]

    # Update positions based on LOA rules
    for i in range(1, population_size):
        positions[i] = positions[i] + alpha * (sorted_positions[i-1] - positions[i]) + \
            beta * np.random.uniform(-1, 1, size=dimensionality)

    return positions

# Step 4: Check Convergence
def check_convergence(iteration, max_iterations, fitness_values, threshold=1e-6):
    return iteration >= max_iterations or np.max(np.abs(np.diff(fitness_values))) < threshold

# Step 5: Results and Visualization
best_fitness_history = []
```

```
for iteration in range(max_iterations):
    # Update positions
    lion_positions = update_positions(lion_positions, fitness_values)

    # Evaluate fitness
    for i in range(population_size):
        fitness_values[i] = evaluate_fitness(lion_positions[i])

    # Update best fitness history
    best_fitness_history.append(np.min(fitness_values))

    # Check for convergence
    if check_convergence(iteration, max_iterations, fitness_values):
        break

# Display or save results
print("Best Fitness Value:", np.min(fitness_values))
print("Best Lion Position:", lion_positions[np.argmin(fitness_values)])

# Visualization of convergence behavior
plt.plot(best_fitness_history)
plt.xlabel("Iteration")
plt.ylabel("Best Fitness Value")
plt.title("Convergence Behavior of Lion Optimization Algorithm")
plt.show()
```

Original LOA

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Set random seed for reproducibility
np.random.seed(42) # Ensures the same random values are generated every time

# Step 1: Initializing Parameters
population_size = 50 # I. Define the population size of the lion
dimensionality = 10 # II. Define dimensionality
max_iterations = 100 # III. Define maximum iterations

# IV. Initialize Lion Population
lion_positions = np.random.rand(population_size, dimensionality) # Initial population of
lions with random positions

# Step 2: Evaluate the Fitness
def evaluate_fitness(positions):
    # Implement your objective function here
    # Example: fitness = sum(positions**2)
    return np.sum(positions**2)

fitness_values = np.zeros(population_size)
```

```
for i in range(population_size):
    fitness_values[i] = evaluate_fitness(lion_positions[i])

# Step 3: Update Lion Positions (Lion Optimization Algorithm)
def update_positions(positions, fitness_values):
    alpha = 0.1 # Alpha parameter for LOA
    beta = 0.1 # Beta parameter for LOA

    # Sort positions based on fitness values
    sorted_indices = np.argsort(fitness_values)
    sorted_positions = positions[sorted_indices]

    # Update positions based on LOA rules
    for i in range(1, population_size):
        positions[i] = positions[i] + alpha * (sorted_positions[i-1] - positions[i]) + beta *
np.random.uniform(-1, 1, size=dimensionality)

    return positions
# Step 4: Check Convergence
def check_convergence(iteration, max_iterations, fitness_values, threshold=1e-6):
    return iteration >= max_iterations or np.max(np.abs(np.diff(fitness_values))) < threshold

# Step 5: Results and Visualization
best_fitness_history = []

for iteration in range(max_iterations):
    # Update positions
    lion_positions = update_positions(lion_positions, fitness_values)

    # Evaluate fitness
    for i in range(population_size):
        fitness_values[i] = evaluate_fitness(lion_positions[i])

    # Update best fitness history
    best_fitness_history.append(np.min(fitness_values))

    # Check for convergence
    if check_convergence(iteration, max_iterations, fitness_values):
        break

# Display or save results
print("Best Fitness Value:", np.min(fitness_values))
print("Best Lion Position:", lion_positions[np.argmin(fitness_values)])

# Visualization of convergence behavior
plt.plot(best_fitness_history)
plt.xlabel("Iteration")
plt.ylabel("Best Fitness Value")
plt.title("Convergence Behavior of Lion Optimization Algorithm")
plt.show()
```

Appendix C

Python Code for Validation of Threshold for the Anomaly Detection

Step 1

```
import pandas as pd
import numpy as np
# Set random seed for reproducibility
np.random.seed(42) # Ensures the same random values are generated every time
```

```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

```
from sklearn.svm import OneClassSVM
```

Step 2: Load UNSW-NB15 and network logs.

```
unsw_data = pd.read_csv('UNSW-NB15.csv')
```

```
log_data = pd.read_csv('network-logs.csv')
```

Step 3: Preprocessing of the data

```
scaler = StandardScaler()
```

```
unsw_data_scaled = scaler.fit_transform(unsw_data)
```

```
log_data_scaled = scaler.fit_transform(log_data)
```

Step 3: Combine the Datasets, merging the datasets to create a more diverse dataset with varied complexity. This is done by concatenating the data from both sources and strategically blending the records.

Combine datasets

```
combined_data=pd.concat([pd.DataFrame(unsw_data_scaled),
```

```
pd.DataFrame(log_data_scaled)], ignore_index=True)
```

Step 4: Training the OCSVM Model on Normal Data, separating normal data from the combined dataset, and using it to train the One-Class SVM (OCSVM) model. This will allow the model to learn a baseline of "normal" behavior based on the structure of the UNSW-NB15 and network log data.

```
from sklearn.svm import OneClassSVM
```

Filter normal data for training

```
normal_data = combined_data[labels == 1] Assuming 1 represents normal
```

Initialize and train the OCSVM model

```
ocsvm = OneClassSVM(kernel='rbf', gamma=0.38, nu=0.42)
```

```
ocsvm.fit(normal_data)
```

Step 5: Running the OCSVM Model's ability to recognize abnormalities of increasing degrees of Complexity

```
from sklearn.metrics import accuracy_score, precision_score, recall_score, f1_score, roc_auc_score
```

```
import numpy as np
```

```
from sklearn.svm import OneClassSVM
```

```
np.random.seed(0)
```

```
normal_data = np.random.normal(0, 1, (200, 5)) 200 samples, 5 features
```

```
simple_anomalies = np.random.normal(3, 1, (20, 5)) Simple anomalies
```

```
moderate_anomalies = np.random.normal(5, 2, (20, 5)) Moderate complexity anomalies
```

```
high_complexity_anomalies = np.array([np.sin(0.1 * np.arange(5)) + 7 for _ in range(20)])
```

High complexity anomalies

```
ocsvm = OneClassSVM(kernel='rbf', gamma=0.38, nu=0.42)
```

```
ocsvm.fit(normal_data)
```

```
def evaluate_model_with_auc(model, test_data, true_label=-1):
```

```
    predictions = model.predict(test_data)
```

```
predictions = np.where(predictions == 1, 1, true_label) # Map to 1 for normal, -1 for anomalies
ground_truth = np.full(test_data.shape[0], true_label)

Calculate metrics
accuracy = accuracy_score(ground_truth, predictions)
precision = precision_score(ground_truth, predictions, pos_label=true_label)
recall = recall_score(ground_truth, predictions, pos_label=true_label)
f1 = f1_score(ground_truth, predictions, pos_label=true_label)
Binary ground truth and predictions for AUC
binary_ground_truth = (ground_truth == true_label).astype(int)
binary_predictions = (predictions == true_label).astype(int)
auc = roc_auc_score(binary_ground_truth, binary_predictions)
return accuracy, precision, recall, f1, auc

Complexity levels
complexity_levels = {"Simple Anomalies": simple_anomalies, "Moderate Complexity Anomalies": moderate_anomalies, "High Complexity Anomalies": high_complexity_anomalies}
Evaluate each complexity level
for level, data in complexity_levels.items():
    accuracy, precision, recall, f1, auc = evaluate_model_with_auc(ocsvm, data)
    print(f"{level} - Accuracy: {accuracy:.2f}, Precision: {precision:.2f}, Recall: {recall:.2f}, F1 Score: {f1:.2f}, AUC: {auc:.2f}"). The output of the result is shown in Table 4.5
```

Appendix D

Python code for Implementing SSC-OCSVM using the NSL-KDD dataset

```
import numpy as np
import pandas as pd
# Set random seed for reproducibility
np.random.seed(42) # Ensures the same random values are generated every time

from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import OneClassSVM
from sklearn.metrics import accuracy_score, recall_score, precision_score, roc_auc_score, f1_score
from sklearn.preprocessing import StandardScaler, LabelEncoder

# Step 1: Load the NSL-KDD Dataset
def load_nsl_kdd_data():
    # Replace with the actual path to your dataset
    train_file = "KDDTrain+.txt"
    test_file = "KDDTest+.txt"

    # Load the dataset
    column_names = [
        "duration", "protocol_type", "service", "flag", "src_bytes", "dst_bytes", "land",
        "wrong_fragment",
```

```
    "urgent", "hot", "num_failed_logins", "logged_in", "num_compromised", "root_shell",  
    "su_attempted",  
    "num_root", "num_file_creations", "num_shells", "num_access_files",  
    "num_outbound_cmds",  
    "is_host_login", "is_guest_login", "count", "srv_count", "error_rate",  
    "srv_error_rate",  
    "error_rate", "srv_error_rate", "same_srv_rate", "diff_srv_rate",  
    "srv_diff_host_rate",  
    "dst_host_count", "dst_host_srv_count", "dst_host_same_srv_rate",  
    "dst_host_diff_srv_rate",  
    "dst_host_same_src_port_rate", "dst_host_srv_diff_host_rate", "dst_host_error_rate",  
    "dst_host_srv_error_rate", "dst_host_error_rate", "dst_host_srv_error_rate",  
    "class"  
]
```

```
train_data = pd.read_csv(train_file, header=None, names=column_names)  
test_data = pd.read_csv(test_file, header=None, names=column_names)
```

```
return train_data, test_data
```

Step 2: Preprocess the Dataset

```
def preprocess_data(data):
```

```
    # Convert categorical features to numeric
```

```
    categorical_features = ["protocol_type", "service", "flag"]
```

```
    for feature in categorical_features:
```

```
        encoder = LabelEncoder()
```

```
        data[feature] = encoder.fit_transform(data[feature])
```

```
    # Normalize the dataset
```

```
    scaler = StandardScaler()
```

```
    X = data.drop(columns=["class"])
```

```
    X = scaler.fit_transform(X)
```

```
    # Convert labels: normal = +1, anomaly = -1
```

```
    y = data["class"].apply(lambda x: 1 if x == "normal" else -1).values
```

```
    return X, y
```

Step 3: Train SSC-OCSVM Model

```
def train_ssc_ocsvm(X_train, X_test, y_test):
```

```
    # Sub-space clustering: Example with top 10 features based on variance
```

```
    feature_variance = np.var(X_train, axis=0)
```

```
    top_features_indices = np.argsort(feature_variance)[-10:] # Select top 10 features
```

```
    X_train_subspace = X_train[:, top_features_indices]
```

```
    X_test_subspace = X_test[:, top_features_indices]
```

```
    # Train One-Class SVM
```

```
    ocsvm = OneClassSVM(kernel="rbf", nu=0.1, gamma="scale")
```

```
    ocsvm.fit(X_train_subspace)
```

```
# Predict on the test set
y_pred = ocsvm.predict(X_test_subspace)

return y_pred

# Step 4: Evaluate Model Performance
def evaluate_model(y_test, y_pred):
    accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
    recall = recall_score(y_test, y_pred, pos_label=1)
    precision = precision_score(y_test, y_pred, pos_label=1)
    roc_auc = roc_auc_score(y_test, y_pred)
    f1 = f1_score(y_test, y_pred, pos_label=1)

    print(f"Accuracy: {accuracy:.2f}")
    print(f"Recall: {recall:.2f}")
    print(f"Precision: {precision:.2f}")
    print(f"ROC-AUC: {roc_auc:.2f}")
    print(f"F1-Score: {f1:.2f}")

    return accuracy, recall, precision, roc_auc, f1

# Main Function
if __name__ == "__main__":
    # Load and preprocess the data
    train_data, test_data = load_nsl_kdd_data()
    X_train, y_train = preprocess_data(train_data)
    X_test, y_test = preprocess_data(test_data)

    # Train SSC-OCSVM and generate predictions
    y_pred = train_ssc_ocsvm(X_train, X_test, y_test)

    # Evaluate the model
    evaluate_model(y_test, y_pred)
```

Pratiques Reclusives Post-Patum et Sante Maternelle chez les Odzokru de Côte d'Ivoire

Romuald Atchory Eliasson Mel

Socio-anthropologue de la Santé, Chercheur associé au Laboratoire Santé, Sociétés et Développement (LSSD) du Centre de Recherche pour le Développement (CRD), de l'Université Alassane Ouattara (UAO)

Zié Adama Ouattara

Socio-anthropologue de la Santé, Chercheur au Laboratoire Santé, Sociétés et Développement (LSSD) du Centre de Recherche pour le Développement (CRD), de l'Université Alassane Ouattara (UAO), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p86](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p86)

Submitted: 07 October 2024

Accepted: 25 February 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mel R.A.E. & Ouattara Z.A. (2025). *Pratiques Reclusives Post-Patum et Sante Maternelle chez les Odzokru de Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 86.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p86>

Résumé

La santé maternelle et infantile est au cœur des Objectifs de Développement Durable. En raison du taux vacillant de mortalité maternelle et infantile, plusieurs dispositions sanitaires sont prises afin d'assurer la santé des populations. Si les consultations prénatales et postnatales sont instituées pour la prise en charge des mères et nouveau-nés, de nombreuses mères *Odzokru* sont par moment tournées vers une prise en charge traditionnelle. L'adoption de ces pratiques, obéit à des normes et valeurs culturelles de ce groupe social. Parmi ces pratiques, figure la réclusion qui est un frein au recours à la consultation postnatale. L'objectif général de cette étude a été d'analyser l'influence de la réclusion sur le recours aux soins conventionnels de santé maternelle. Cette étude de nature qualitative s'est déroulée dans les villages de Débrimou, Toupah et Niamiambo. S'appuyant sur la technique du choix raisonné, Le guide d'entretien semi directif a été adressé à vingt et un accouchées, sept conseillères et aides nourrices, trois chefs de village et cinq Agents de santé. Les entretiens ont été enregistrés puis transcrits et traités à partir de la technique du tri-thématique Les résultats de l'étude ont révélé que, la réclusion a un impact significatif sur le recours aux consultations

postpartum. En effet, la maternité selon la conception Odzukru est une étape de la vie de la femme qui admet deux dimensions, (physique et spirituelle). La réclusion a pour but de protéger la nouvelle accouchée et le nouveau-né des esprits invisibles. Par ailleurs, c'est une période qui permet à la nouvelle accouchée de se traiter, de se soigner et de récupérer l'énergie perdue au cours de la grossesse et de l'accouchement. Toutefois, quoiqu'aspirant au bien-être de la parturiente et du nouveau-né, ces pratiques adoptées contrastent avec les recommandations sanitaires conduisant parfois à des risques (dépression, vulnérabilité, mortalité maternelle et/ou infantile...).

Mots-clés: Réclusion ; Santé maternelle ; Odzukru ; Perceptions ; Consultations postnatales

Reclusive Post-Patum Practices and Maternal Health Among the Odzukru of Ivory Coast

Romuald Atchory Eliasson Mel

Socio-anthropologue de la Santé, Chercheur associé au Laboratoire Santé, Sociétés et Développement (LSSD) du Centre de Recherche pour le Développement (CRD), de l'Université Alassane Ouattara (UAO)

Zié Adama Ouattara

Socio-anthropologue de la Santé, Chercheur au Laboratoire Santé, Sociétés et Développement (LSSD) du Centre de Recherche pour le Développement (CRD), de l'Université Alassane Ouattara (UAO), Côte d'Ivoire

Abstract

Maternal and child health is at the heart of the Sustainable Development Goals. Due to the vacillating rate of maternal and infant mortality, several health measures are taken to ensure the health of the population. If prenatal and postnatal consultations are established for the care of mothers and newborns, many Odzukru mothers are at times turned to traditional care. The adoption of these practices obeys the cultural norms and values of this social group. Among these practices is seclusion, which hinders recourse to postnatal consultation. The general objective of this study was to analyze the influence of seclusion on the use of conventional maternal health care. This qualitative study took place in the villages of Débrimou, Toupah and Niamiambo. Based on the technique of reasoned choice, the semi-directive interview guide was planned for twenty-one women giving birth, seven counselors and nursing assistants, three village chiefs and five health workers. The interviews were recorded then transcribed and processed using the tri-thematic technique. The results of the study revealed that seclusion has

a significant impact on the use of postpartum consultations. Indeed, motherhood according to the Odzokru conception is a stage in a woman's life which admits two dimensions (physical and spiritual). The purpose of seclusion is to protect the new mother and the newborn from invisible spirits. Furthermore, it is a period that allows the new mother to treat herself, take care of herself and recover the energy lost during pregnancy and childbirth. However, although aspiring to the well-being of the parturient and the newborn, these adopted practices contrast with health recommendations sometimes leading to risks (depression, vulnerability, maternal and/or infant mortality, etc.).

Keywords: Seclusion; Maternal health; Odzokru; Perceptions; Postnatal consultations

Introduction

La santé maternelle est un élément fondamental pour le développement de tous les pays. Depuis les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), adoptés en 2000 à New York jusqu'aux Objectifs de Développement Durable (ODD) de 2015, la santé maternelle et infantile demeure au centre des préoccupations définies. Ainsi, la cible 3.1 des Objectifs de Développement Durable relative aux décès maternels vise à réduire le taux mondial de mortalité maternelle en-dessous de 70 décès pour 100 000 naissances vivantes d'ici 2030. Notons qu'en 2020, le taux de mortalité maternelle était estimé à 2023 pour 100 000 naissances vivantes. Dans un rapport de Countdown (2021), il ressort que les progrès de santé maternelle et infantile sont inégaux, comparés aux objectifs mondiaux de réduction de la mortalité maternelle et néonatale, au niveau régional et national. En 2023, selon L'UNFPA (2023), la Côte d'Ivoire a enregistré 385 décès maternels pour 100 000 naissances vivantes et 52 décès infantiles pour 1000 naissances vivantes. L'organisation soutient que les indicateurs sont en deçà de la stratégie mondiale pour la santé de la femme, de l'enfant, 2016-2030, qui recommande aux pays de réduire la mortalité maternelle à moins de 70 décès pour 100 000 naissances vivantes d'ici 2030.

Selon le communiqué du conseil des ministres du 04 avril 2019, la Côte d'Ivoire a adopté un dossier d'investissement, dans le but de réduire le ratio de mortalité maternelle de 614 à 417 pour 100 000 naissances vivantes à l'horizon 2024. Dazzi et *al.* (2023), estime le ratio de décès maternels à 385 pour 100 000 naissances vivantes.

Les données du district sanitaire de Dabou indiquent qu'au moins 30 femmes *Odzokru* sont décédées en accouchant ces cinq dernières années, dont 3 femmes avec la grossesse et 27 après accouchement notamment au cours des 42 jours qui suivent l'accouchement.

Cependant, comme le souligne plusieurs auteurs, (Ocha, 2021 ; Anoua, 2020 ; Kouadio, 2015), les consultations prénatales et postnatales permettent la préservation de la santé de la mère à travers une surveillance de la grossesse, la recherche et le traitement des maladies susceptibles d'influencer la gestante ou l'accouchée. Malgré ces stratégies de protection de la mère et de l'enfant, la santé maternelle et infantile reste un problème de santé publique. Les consultations prénatales et postnatales ne sont pas correctement observées ou pas du tout observées par les gestantes et accouchées. Il faut souligner que ce type de comportement est souvent lié aux pesanteurs culturelles, qui pourraient justifier la non observance des dispositions préventives (Kone, 2021 ; Anoua, 2021 ; Ymba et al., 2020). Parlant de pratiques, nous nous intéressons à la réclusion en pays *Odzukru* comme obstacle au suivi médical du post-partum. De ce constat naît la question suivante : comment la réclusion influence-t-elle le recours aux soins de santé maternelle en pays *Odzukru* ? De cette préoccupation majeure découlent les questions suivantes : Comment la maternité est-elle perçue en pays *Odzukru*? Quelles sont les pratiques des gestantes et accouchées en communauté *Odzukru* pendant la réclusion ? Quels sont les risques liés aux comportements des gestantes et accouchées ?

L'objectif général de cette étude est d'analyser l'influence de la réclusion sur le recours aux soins conventionnels de santé maternelle. Spécifiquement, il s'agit de (i) comprendre les perceptions sociales de la maternité en communauté *Odzukru*; (ii) analyser les pratiques des gestantes et accouchées en communauté *Odzukru* pendant la réclusion; (iii) identifier les risques liés aux comportements des gestantes et accouchées.

Méthodologie

L'étude s'est déroulée de décembre 2022 à juin 2023 dans la région des grands ponts particulièrement dans le département de Dabou. Le choix de la localité se justifie par le nombre élevé de décès maternel enregistré dans la localité de 2015 à 2020. Les informations en notre possession, collectées au district sanitaire indiquent qu'au moins 30 femmes *Odzukru* sont décédées en accouchant ces cinq dernières années, dont 3 femmes avec la grossesse et 27 après accouchement. Les villages enquêtés sont Débrimou, Niamiambo et Toupah. Le choix de ces villages se justifie par le fait qu'ils aient été identifiés comme ceux ayant enregistré plus de cas de morbidité et de mortalité au cours de la période de 2015 à 2020.

Cette étude de nature qualitative a privilégié le guide d'entretien comme outil de collecte des données adressé à vingt et un (21) accouchées, sept (7) conseillères et aides nourrices, trois (3) chefs de village et cinq (5) Agents de santé. Ces personnes ont été sélectionnées à partir de la technique de choix raisonné. Les entretiens ont été enregistrés dans un dictaphone, transcrits à partir du logiciel Word. Le traitement des données collectées s'est

fait par la technique du tri par thématique suivi d'une analyse de contenu. Pour des raisons éthiques, les identités des répondantes ont été remplacées par des codes fictifs.

L'étude s'est appuyée sur deux théories notamment la théorie de la représentation sociale de Moscovici (1969) et la théorie de l'habitus de Bourdieu (2002). La théorie de la représentation sociale, privilégiant la pensée naturelle, plutôt que scientifique comme objet d'étude a pour but d'élaborer une épistémologie de sens commun. La théorie de la représentation sociale permet, dans le cadre de l'étude, de comprendre les imaginaires sociaux relatifs à la maternité. Quant à la théorie de l'habitus, elle est pour Bourdieu, relative au fait de se socialiser dans un peuple traditionnel. En ce qui concerne l'étude, l'habitus représente les acquis culturels (manières de penser, de sentir héritées de la communauté) sur lesquelles les accouchées *Odzukru* se basent pour expliquer, ou donner sens à certains événements ou phénomènes sociaux. En un mot, il s'agit de la réclusion comme acquis culturel. Le choix de ce double choix théorique se justifie par la limite que présente la théorie de la représentation sociale quant à la façon des individus de se socialiser dans ce peuple traditionnel.

Résultats

L'analyse des données est axée sur trois points essentiels, notamment les perceptions sociales de la santé maternelle, la réclusion maternelle et les risques réclusionnaires.

Perceptions socio-anthropologiques de la santé maternelle

Elles s'articulent autour de la grossesse, l'accouchement, la santé, l'enfant et du post-partum.

La grossesse

Ces dialectes ci-après expliquent ce qu'est la grossesse et son importance dans la vie d'une femme. Il ressort des dires des enquêtées que la grossesse est appelée *lok ab* en *Odzukru*. Cette expression est composée de « *lok* » qui signifie *ventre* et « *ab* » qui signifie *avec, prendre*. Elle signifie littéralement « *être avec le ventre* » ou « *prendre le ventre* ». « *Lok* » désigne également la fusion de plusieurs groupes d'individus, voire une confédération. « *Lok ab anη* » signifie contracter une grossesse.

Par ailleurs, la grossesse en pays *Odzukru* est perçue comme un passage obligé pour toutes les femmes. Elle fait la fierté de la femme et de la famille. Elle est perçue comme une bénédiction. De ce fait, les femmes qui ne sont pas fécondes, fertiles sont marginalisées, taxées de tous les maux. Elles sont stigmatisées parce qu'à la limite, elles ne servent à rien. En communauté *Odzukru*, ne pas contracter une grossesse est interprété comme une sanction

divine impliquant donc une question métaphysique ou spirituelle. La grossesse et l'accouchement engagent donc une dimension sociale et spirituelle. Les propos ci-après illustrent corroborent ces analyses :

« La grossesse est un moment essentiel dans la vie d'une femme. Elle lui donne de la valeur. Lorsqu'une femme est enceinte, c'est une joie indescriptible. La grossesse permet à la femme de relever la tête dans sa communauté et parmi ses amies. Lorsqu'une femme ne contracte pas de grossesse, c'est une situation difficile à vivre. Elle est la risée des autres. Pendant la fête des mères, elle ne reçoit aucun cadeau des enfants, puisqu'elle n'en a pas. C'est à travers les enfants qu'on parle. C'est la progéniture qui vous soutient, lorsque les forces vous abandonnent. », Mme AH, conseillère.

« Nous on appelle grossesse chez nous lok ou bien lok ab. La grossesse c'est quelque chose de naturelle chez toutes les femmes. Normalement, une femme en bonne santé doit prendre une grossesse quand elle veut. Si tu ne prends pas de grossesse, tu ne te sens pas bien et tout le monde commence à parler de toi. Si deux personnes se mettent ensemble, c'est pour avoir des enfants, c'est par la grossesse que ça commence. Donc la grossesse c'est important chez nous. », Mme KG, conseillère.

L'accouchement

L'accouchement est perçu à la fois comme un événement à caractère sacrée/spirituelle et un événement naturel.

Dans le premier cas, cette perception oriente vers le recours à des pratiques non-conventionnels inscrivant l'accouchement dans une dimension de l'invisible, du voilé, du masqué. En effet, Cette frange de cette communauté estime que c'est la formule à appliquer pour obtenir la protection divine et assurer la survie de l'enfant et de la mère. Puisque c'est par une propriété spirituelle que s'obtient la grossesse (Bénédictions/exaucements des ancêtres). Dans le second cas, l'accouchement selon le protocole de la médecine moderne (exclusion l'intervention des matrones, garant de la sécurité et des liens avec les esprits locaux, etc) expose la femme à des risques. Pour certaines femmes de cette communauté, le protocole/itinéraire médical formel contribue à l'exposition des femmes à des risques de mortalité et de morbidité. Ce protocole n'incluant pas les propriétés spirituelles de leur cadre social (protection contre les personnes de mauvaises volontés, animées de mauvaises pensées et qui peuvent être parmi le personnel médical ; exposition des femmes en situation de travail au regard de tous, elles doivent se déplacer à l'hôpital, se faire accompagner, avoir un seau, des habits, etc). Sont là autant

d'aspects symboliques qui ne garantissent pas le secret de l'accouchement du point de vue de la communauté.

Nous comprenons qu'en pays *Odzukru*, pour certaines femmes, *l'accouchement* est un acte délicat qui touche l'intimité de la parturiente, pour ce faire il est souhaitable qu'il se déroule discrètement à l'insu de toute personne qui pourrait proférer des paroles maléfiques. Ce qui transparait des propos de LK, aide nourrice :

« Accoucher n'est pas chose permise à tout le monde parce qu'il y'a beaucoup de chose dans l'accouchement. Tu peux perdre la vie ou celle de ton bébé et toi. C'est pourquoi quand tu dois accoucher même c'est mieux de faire discrètement. Il y'a ce qu'on voit mais il y'a le spirituel aussi. Les gens que tu vois, ce n'est pas tout le monde qui veut ton bonheur, les esprits aussi sont là parce que le sang c'est sacré. »

Dans le même ordre d'idée, Mme KD, une conseillère affirme ceci :

« Quand tu es enceinte, forcé tu vas accoucher même si ça dépasse 9mois. L'accouchement c'est comme si tu faisais une lutte parce que si Dieu n'est pas avec toi tu peux mourir. Tu es entre la vie et la mort. »

Les propos susmentionnés indiquent que l'accouchement en pays *Odzukru* est perçu comme une étape décisive de la maternité. Cette phase de la maternité est assimilée à un combat pour la survie de la future accouchée. Elle relève à la fois d'une dimension culturelle et divine.

La santé

Les *Odzukru* appellent la santé « *lêch* ». Ce terme est dérivé de « *êch* », expression qui signifie « *passer en vitesse* ». « *Lêch* », c'est la vie, la plénitude chez l'*Odzukru*. C'est au travers de la santé que toute activité est réalisée. Elle est la racine de la vie. La santé est l'inverse de la maladie. Les *Odzukru* l'appellent « *ôl* ». Cette expression désigne les verbes « *chercher* » ou « *acheter* ». Ce qui sous-entend que, l'homme achète ou provoque la maladie. Il est responsable de son malheur.

Plusieurs expressions mettent en exergue l'état de santé de l'individu chez les *Odzukru*. Il s'agit des expressions telles-que :

<i>Manṣejn sejn</i>	=	Moi/suis/bien/bien ; Je vais bien ; Je suis en bonne santé
<i>Manṣletḥ ab</i>	=	Moi/suis/force/avec ; Je suis en forme ; Je suis en bonne santé
<i>Letḥ owmem</i>	=	Force/vient/moi/dans ; J'ai retrouvé la force ; Je suis en bonne santé
<i>Manṣtwotwo</i>	=	Moi/suis/dur

<i>Mannkponkpon</i>	=	Je suis vigoureux ; Je suis en bonne santé
<i>Sos em ɔnmlet</i>	=	Corps/dans/attrape/moi/force
<i>Sos emidzmlet</i>	=	Mon corps est en bon état

Cette analyse sémantique des terminologies relatives à la santé montre que, pour l'*Odzuku*, la bonne santé sur le plan spirituel (invisible) suppose l'harmonie entre l'homme, son milieu physique et son environnement, entre lui et les êtres invisibles. Voilà pourquoi des rituels s'imposent, lorsqu'ils sont offensés ainsi que quand les lieux sacrés sont transgressés. Cette vision *Odzuku* rejoint la conception de la santé selon l'OMS qui selon elle, la santé n'est pas seulement absence de maladie ou d'infirmité, mais est plutôt un état de complet de bien physique, mental et social. Elle considère l'homme dans ses composantes physiques et métaphysiques (invisible). Il n'existe donc pas une vision unique et un type de santé.

L'enfant

L'enfant est perçu en pays *Odzuku* comme un être précieux qui apporte joie et satisfaction aux familles. Les propos ci-après en témoignent :

« La grossesse et l'enfant sont liés, parce qu'en pays Odzuku, quand une femme prend une grossesse, c'est la joie pour les familles maternelle et paternelle. La femme qui n'a pas d'enfant, qui ne peut pas procréer, celle qui est infertile est considérée comme une damnée. Celles qui ont des grossesses qui n'arrivent pas à terme, c'est-à-dire infécondes sont victimes de sarcasme. Elles sont stigmatisées et perdent dans nombre de cas son foyer, parce qu'elles ne perpétuent pas la lignée du mari », M. VN, Chef de village.

Désigné par le concept de « *Iy* » l'enfant en pays *Odzuku* fait la fierté des deux familles. Il est perçu comme une bénédiction. L'immensité du caractère précieux de l'enfant se perçoit par la fonction sociale qu'il remplit. C'est lui qui assure la relève, perpétue l'héritage social et culturel de la famille et de la communauté. Il remplit aussi une fonction économique. Les enfants constituent une main d'œuvre abondante et bon marché donc source de richesse. Ce qui sous-entend que, l'un des plus grands désirs de toute femme est la procréation. Pour cela, les femmes qui n'arrivent pas à enfanter ont recours à des itinéraires thérapeutiques de tout genre dans l'espoir de solutionner ce problème. Cette détermination d'enfantement pourrait s'expliquer du fait qu'une femme inféconde, devient sujette de raillerie, et d'aucune importance dans la société. Elle est souvent accusée de sorcière et finit par perdre son foyer. Cette perception socio anthropologique de l'enfant

pousse à l'adoption d'un ensemble de disposition en vue de garantir la maternité et le bien être de l'enfant.

Le post-partum

Le post-partum est perçu en pays *Odzukru* comme une période décisive des différentes phases de maternité. Les pratiques socio-culturelles (réclusion, sortie) autour du post-partum sont systématiques. En effet, en pays *Odzukru*, la femme après l'accouchement observe une pratique impérative appelée « *wawor* ». Cette expression désigne la réclusion qui est une forme de confinement de la nouvelle accouchée et du nouveau-né. Il s'agit d'un habitus culturel hérité de la communauté et qui se perpétue.

Les perceptions sociales du post-partum englobent un tout complexe qu'il importe d'analyser profondément. Cette analyse s'appuie sur les pratiques observées pendant la réclusion.

Comportements endogènes des accouchées pendant la réclusion

Une de nos préoccupations majeures au cours de cette étude était d'analyser les comportements des accouchées *Odzukru* pendant la réclusion post-partum. En clair, l'analyse va porter sur les pratiques ritualistes, les traitements, la sortie...

Les expressions utilisées pour exprimer la pratique de la réclusion sont :

<i>Namok wawor</i>	=	elle fait/nourrice ; Elle fait/ réclusion
<i>Lèym ockm</i>	=	elle/pas/ sortie ; Elle ne sort pas ou Elle est confinée.

Quant à la préoccupation de savoir ce qu'est la réclusion, les propos suivants ont été tenus :

« Tu vois, chez nous ici, pour faire la cuisine, elle ne pourra plus faire la cuisine, on fait l'attiéké, elle ne pourra plus faire l'attiéké, parce que, pour faire jusqu'à ce que l'attiéké soit prêt, c'est un processus qui est difficile. Donc, elle ne doit pas faire ça. Si elle s'est levée, elle a lavé son bébé, elle a eu un peu de poisson, elle a préparé, bon s'il n'y'a personne pour préparer pour elle, elle peut préparer sa nourriture pour manger. En tout cas, elle doit bien s'alimenter et puis peut-être, laver les habits de bébé, c'est tout ce qu'elle peut faire. Mais les travaux champêtres avec les travaux pour lui rapporter de l'argent, ça elle ne doit pas faire jusqu'à ce qu'elle finisse dans wawor là. », Mme YN, aide nourrice.

« wawor, c'est quand tu te laves. Chez nous les Odzukru, tu ne touches à rien, tu ne fais que te laver manger, dormir. Le matin, tu te purge, chez nous, c'est laver qui fait wawor, tu te laves à cinq heures, à sept heures, à huit heures, à neuf heures, tu te

laves à chaque fois que tu peux te laver, cinq ou sept fois. Au temps de nos mamans, on peut se laver même 10 fois, mais à notre temps, on voit que laver là c'est travail, tu même. Tu mets huile sur toi, quand on te voit, on sait que tu es wawor. Tu soignes les plaies de ventre, parce que, quand tu finis d'accoucher, il y'a des plaies dans ton ventre, c'est cette plaie-là qu'on soigne. », Mme LP, conseillère nourrice.

« Si tu ne fais pas la réclusion c'est que ta famille est pauvre et ta belle-famille aussi n'a rien et tout le monde te critique. », Mme TP, Conseillère.

« Humm !!! Faut pas faire tu vas voir même quand tes amies viennent te saluer là ils regardent partout dans la maison s'il y'a valise s'il y'a berceau et puis c'est ça-là tu ne vas pas faire. », Mme AR, conseillère.

La réclusion est une période où la parturiente doit se reposer pour récupérer toute énergie dissipée au cours des 9 mois. Pendant cette période de réclusion elle doit être assistée pour éviter les travaux comme le processus de transformation du manioc en attiéké. Car ce processus est très complexe et fatigant. De même éviter de faire la cuisine si elle a une assistante. A cette période elle se consacre uniquement à son bébé et elle se nourrit convenablement pour être en embonpoint.

Outre, la réclusion est une sorte de confinement observé par la nouvelle accouchée et le nouveau-né. La réclusion en pays *Odzukru* est l'un des éléments constitutifs du *post-partum*. L'analyse de données montre que la réclusion chez les *Odzukru* est une exigence culturelle. Elle donne de la valeur et honore la famille. De ce fait, toutes les nouvelles accouchées doivent trouver les moyens nécessaires pour pratiquer la réclusion. La nouvelle accouchée qui ne pratique pas la réclusion est pointée du doigt et est vue comme une personne appartenant à la classe prolétaire de cette communauté.

Les propos ci-dessus montrent que pendant la réclusion du *post-partum* appelée *wawor* en langue *Odzukru*, la nouvelle accouchée est tenue de ne mener aucune activité. La réclusion débute depuis la naissance du nouveau-né et varie entre trois (3) et huit (8) mois selon le pouvoir d'achat de l'époux en particulier et de la grande famille en générale. Cette période favorise le rétablissement de la nouvelle accouchée.

Pratiques ritualistes du post-partum

Le début de la réclusion en pays *Odzukru* est marqué par un premier rituel. MYH, une aide nourrice confiait :

« Quand la femme finit d'accoucher et puis elle arrive à la maison, on fait coucher l'enfant devant la porte ou il pleut et

puis l'eau coule-là, on verse l'eau en haut de la tôle et puis ça verse sur lui. Ça veut dire qu'il n'est plus dans le ventre, il est sur la terre maintenant. »

Le premier rituel marquant la réclusion en pays *Odzukru* consiste en un semblant de baptême du nouveau-né avant son entrée dans le domicile qui abritera la réclusion. Cette pratique consiste à signifier à l'enfant sa transition du ventre de sa mère à un monde extérieur (nouveau). Il existe plusieurs éléments caractérisant la réclusion tels-que l'apparence (les colliers) les produits appliqués sur le corps de la nouvelle accouchée (Beurre de Karité, le Kaolin, les feuilles et racines issus de plantes écrasées), l'aide apportée par l'entourage pour l'exécution des tâches ménagères). Tous ces éléments constituent les indicateurs de la réclusion chez les *Odzukru* et permettraient de lutter contre la dépression du post-partum. Dans le *Lodzukru*, la pratique de la réclusion est une mesure préventive et curative dans la mesure où elle favorise le suivi permanent de la nouvelle accouchée et permet de lui administrer des soins traditionnels.

Pratiques médicales du post-partum

Pendant la réclusion des nouvelles accouchées et des nouveau-nés chez les *Odzukru*, les soins traditionnels constituent des éléments primordiaux. Ce constat apparaît à travers les données collectées lors de nos entretiens :

« Quand tu finis d'accoucher, tu fais quelque chose de trois mois comme ça dans la maison pour te soigner, pour récupérer, c'est tout ça on appelle wawor. Médicament de plaie de ventre, médicament pour mettre dans les narines, parce que quand tu accouche, il y'a une plaie en toi. », Mme FG, aide Nourrice.

« Pendant le wawor, on te soigne avec les médicaments de paludisme, avec les médicaments de plaie de ventre, surtout les médicaments de plaie de ventre là, c'est ça même qu'on utilise beaucoup, parce que l'enfant qui est quitté dans ton ventre-là, il y'a des choses qui ne seraient pas normales, donc on se soigne beaucoup avec les médicaments de plaie de ventre. Il y'a d'autres filles qui refusent, elles tombent malade parce que, elles ne sont pas soignées. Or quand tu finis d'accoucher, il y'a un liquide qui sort pendant deux semaines comme ça. Tout ça, tu n'as pas fait venir ça. Quand tu te soigne avec médicament de plaie de ventre, si tu te soigne, ça descend tout seul. Or, quand tu ne fais pas tout ça, ça reste là-bas, ça te fait sentir. Et puis, quand tu ne suis pas le traitement, tu tombes malade, gravement même. », Mme MP1, aide nourrice.

« Pendant cette période, elle fait un traitement mixte, c'est-à-dire moderne et traditionnel. Pour te faire manger, tu te purges avec les médicaments des noirs, il y'a des médicaments issus d'écorce de bois, tu te purges. Il n'y a pas que des traitements pour te faire manger, mais souvent, quand tu fais un enfant, il y'a des plaies et des douleurs dans le ventre. A l'hôpital, on leur donne des médicaments pour ça, mais la maman aussi leur donne des médicaments pour prévenir des difficultés. », Mme TH, aide nourrice.

L'analyse des propos susmentionnés montre que les traitements seraient pour faire face aux lésions engendrées par l'accouchement et pour prévenir d'autres pathologies. L'accent est mis sur les traitements des lésions chez la mère, car l'accouchement occasionnerait un dysfonctionnement de l'organisme de la nouvelle accouchée. Après l'accouchement, un liquide est contenu dans le ventre de la mère, ce liquide serait évacué suite à l'observance des traitements. La non-observance des traitements occasionnerait des complications de santé à haut risque chez la nouvelle accouchée et des odeurs répugnantes. D'autres traitements stimulent l'appétit de la femme qui conditionne à son tour la lactation. En plus, des traitements hospitaliers, les soins traditionnels dit "médicament de noir" s'avèrent nécessaires. Plusieurs expressions ramènent à la l'idée de soins traditionnels chez les *Odzukru*. Il s'agit des expressions telles que :

<i>Sekp</i>	=	médicament
<i>Lob</i>	=	cailloux
<i>Lebn</i>	=	cailloux
<i>Sou</i>	=	feuille
<i>Olou</i>	=	écrasé
<i>Aigi</i>	=	boivable

En outre, la médecine conventionnelle à partir de ses recommandations sanitaires relatives au post-partum met en place les stratégies préventives et curatives. Il s'agit du temps mis en observation. En effet, lorsque l'accouchement se fait en milieu hospitalier, qu'il s'avère normal ou pas, la nouvelle accouchée et le nouveau-né sont mis en observation sur une durée allant de 48h à 72h après l'accouchement. Au cours des premières heures qui suivent l'accouchement, les différents rendez-vous de consultation post-partum ont lieu ainsi que la prescription des ordonnances médicales.

Cependant, fort est de constater que les orientations des professionnels notamment les produits médicaux prescrits sont perçus comme des calmants, selon les enquêtes. A cet effet, Mme NT, une conseillère affirme :

« *Quand on prend pour pharmacie là c'est un calmant après ça revient* ».

Face à cette perception, les *Odzukru* s'adonnent à des pratiques médicales traditionnelles qui selon eux viennent en appui aux soins de la médecine conventionnelle. Dans les lignes ci-dessous, nous présenterons quelques méthodes et plantes médicinales utilisées en post-partum par les nouvelles accouchées *Odzukru*.

Mme MT, une aide nourrice soutient à cet effet que :

« *Pour la gestante juste après son accouchement, dès qu'elle rentre à la maison, tu écrases kadralsisse qui est un médicament de plaie de ventre. Tu lui donne pour boire et elle en fait aussi un lavement et tu prends les feuilles de kadralsisse, tu la laves. Tu la laves bien dans la douche, c'est lorsqu'elle finit de se laver qu'elle boit le médicament. Après dix minutes, tu lui donnes à manger. Ça, c'est juste après l'accouchement.* »

Après l'accouchement, la nouvelle accouchée commence les soins traditionnels lorsqu'elle rentre de la maternité. Elle débute ce premier traitement avec la plante de *kadralsisse* pour soigner la *plaie de ventre*. Ce traitement se fait sous trois formes, notamment par ingurgitation, lavement et bain, cela se fait le matin avant de prendre le petit déjeuner.

Les soins traditionnels post-partum débutent pendant les premières heures qui suivent l'accouchement.

Ci-dessous les plantes médicinales utilisées et leurs noms scientifiques :

<i>Kpern</i>	=	<i>Newbouldia laevis</i>
<i>Gbessibi</i>	=	<i>Entandrophragma angolense</i>
<i>Nênu</i> ou <i>Aromagninin</i>	=	<i>Ocimum gratissimum</i>
<i>Kêтчêbl</i>	=	<i>Harungana madagascariensis</i> poir
<i>N'gbôr</i>	=	<i>Ipomoea cairica</i>

En plus d'avoir recours aux plantes médicinales, il y'a aussi les objets symboliques de santé. Ils sont plus utilisés chez les enfants. Ces objets symboliques de santé sont noués à la taille comme au poignet pour la protection des enfants ... Ils font partie d'un ensemble de kits médicaux traditionnels comprenant une eau de couleur noirâtre et une cordelette à enfiler à la taille du nouveau-né et, qui permet de lutter contre les maladies dont celles des animaux. Les données ci-dessus montrent l'existence d'itinéraires thérapeutiques qui émanent des connaissances endogènes en traduisant leur manière de penser et sentir. Ces voies thérapeutiques reposent sur la vision *Odzukru* du monde, à la fois culturelle et spirituelle ou magico-religieuse. C'est en partie ce qui explique l'inobservance systématique des consultations

prénatales et postnatales, puisque la mère et l'enfant semblent être protégés des risques sanitaires.

Sortie de la mère et de l'enfant

Pour comprendre ce qu'est la sortie en pays *Odzukru*, nous avons recueilli les informations auprès des personnes ressources. Les propos recueillis sont :

« *Quand tu as fait un enfant, c'est Dieu qui donne enfant. Chez nous les Odzukru, quand tu as fait un enfant, tu restes dans la maison jusqu'à trois mois. Après les trois mois, on décide d'une date pour aller présenter la mère et le bébé à Dieu, pour lui dire que, ce que tu nous as donné, on vient te présenter, montrer pour te dire merci. C'est ce que nous on appelle la sortie. On montre la maman à Dieu et l'enfant aussi pour les confier à Dieu et pour qu'il puisse les protéger. Sortie là, c'est-à-dire elle est dans maison, elle sort maintenant. On appelle ça ocmeil.* », Mme MP, aide nourrice.

« *La date du déroulement de la sortie dépend de la famille et des moyens* », Mme DB, aide nourrice.

« *Pour faire la sortie on habille la femme en tenue traditionnelle, on se rend à l'église pour la prière et après on partage la nourriture ensemble pour embellir la fête. On appelle ça ocmeil. Si c'est le premier enfant, on attend cinq à six mois, mais si ce n'est pas le premier, elle peut faire à partir de deux mois.* », Mme VA, aide nourrice.

« *Pour faire la sortie, on se tue pour payer les gros pagnes pour que tu sois bien habillé le jour de la sortie. Quand tu fais sortie, c'est que wawor est fini.* », Mme TP, Aide nourrice.

Les données ci-dessus montrent que la sortie appelée *ocmeil* en langue locale marque la fin de la réclusion. Elle Traduit l'idée selon laquelle, la femme est en fin de réclusion maternelle et peut donc reprendre une vie normale. La sortie qui se tient dans une communauté religieuse selon l'appartenance religieuse des parents consiste à confier le nouveau-né au seigneur afin de lui dire d'abord merci, ensuite le bénir et enfin prier pour qu'il ait un avenir meilleur. La décision d'arrêt de la date de la sortie est issue de concertation entre les membres de la famille selon leur disponibilité matérielle et financière à répondre aux besoins de ce rituel. Au-delà des aspects culturels, la faisabilité de la réclusion et de la sortie révèle un aspect économique et financier car, la valeur humaine est régulée selon la balance financière. En effet, la valeur et la dignité familiale dépendent de la capacité de la famille des deux conjoints à pouvoir faire montre de leur pouvoir d'achat. Retenons qu'il

en est de même pour tout genre de cérémonie en pays *Odzukru*. Par conséquent, c'est toute la famille qui œuvre pour trouver les moyens matériels et financiers. Pour la sortie, la nouvelle accouchée doit avoir de l'embonpoint, de nouveaux vêtements en pagnes neufs et de qualité, ce qui montrerait les compétences des deux familles du couple.

Interdits du post-partum en pays

Pendant la réclusion en communauté *Odzukru*, l'attachement aux valeurs culturelles et le poids de la culture entachent considérablement l'observance des recommandations sanitaires. En témoignent certaines mères dont les propos sont relayés ci-dessous :

« Depuis, que j'ai fini d'accoucher, je ne suis plus partie à l'hôpital jusqu'aujourd'hui, tout, c'est à la maison je fais. »,
Mme GH, Nouvelle accouchée.

« Moi je ne suis pas partie à l'hôpital pour faire consultation parce que, je fais 'wawor'. Quand tu fais wawôr là, tu ne dois pas sortir, tu te soigne à la maison. Tout le monde ne doit pas te voir. », Mme BD, Nouvelle accouchée.

Ces propos des accouchées mettent en exergue un contraste entre la culture traditionnelle du post-partum en pays *Odzukru* et celle de la médecine conventionnelle. En effet, les accouchées sont contraintes d'observer certaines restrictions sur une période allant de trois (3) à six (6) mois. Comme témoigné par l'enquêtée, ni le nourrisson, ni la nouvelle accouchée ne sont autorisés à sortir de leur domicile quel que soit le besoin, encore qu'il leur est interdit certaines habitudes comportementales (activités physiques, pratiques sexuelles, pratique alimentaire...)

Au cours de cette même période, l'accouchée se doit d'observer les consultations postnatales. D'abord, il y'a la première consultation postnatale appelée consultation postnatale immédiate. Celle-ci se fait dans les six premières heures suivant l'accouchement. Ensuite, la seconde consultation appelée consultation postnatale intermédiaire qui est destinée aux nouveau-nés, entre la première et la deuxième semaine après l'accouchement. Enfin la dernière consultation appelée consultation postnatale tardive, entre la sixième et la huitième semaine après l'accouchement. Les différentes consultations postnatales permettent de lutter contre d'éventuelles complications.

Ainsi, l'observance des consultations va dépendre du niveau d'instruction, du milieu de socialisation et d'autres facteurs endogènes et exogènes.

Risques liés aux comportements des accouchées

En communauté *Odzukru*, plusieurs comportements sont adoptés par les accouchées. Ces comportements découlent des perceptions sociales des communautés des valeurs culturelles. Dans la sphère de la santé maternelle, ces comportements conduisent à des conséquences parfois néfastes. En effet, dans leur entendement, les *Odzukru* en recourant aux pratiques traditionnelles aspirent à un bien-être physique, mental et social. Par-contre, les plantes et les objets symboliques de santé utilisés ne sont pas tous dénués d'effets indésirables.

La phytothérapie et l'usage de certains objets de santé diminuent l'activité et l'efficacité de certains médicaments. Ce qui pourrait fragiliser le système immunitaire et rendre vulnérables les accouchées et nourrissons à certaines pathologies. A cet effet, SFLP, une sage-femme affirme :

« Ici, les femmes ne viennent pas en consultation post-natale. Quand elles ont des complications, la honte fait qu'elles ne peuvent plus venir, elles vont ailleurs. Il faut dire que, les femmes qui ne viennent pas en consultation post-natale s'exposent à d'énorme risque. Elle peut avoir des infections, elle peut tomber malade, elle peut faire une dépression, s'affaiblir, faire un palu..., il y'a beaucoup de chose quoi. Quand elles sont à la maison, elles essaient les traitements, lorsqu'elles constatent qu'il y'a des complications, c'est là qu'elles viennent. Si tu ne te rends pas vite à l'hôpital, tu peux perdre la vie ainsi que celle de ton enfant. »

Les propos de cette professionnelle de la santé montrent que les accouchées en pays *Odzukru* mettent leur vie en danger. Pour faire face à leurs besoins de santé, les nouvelles accouchées pratiquent de l'automédication ou ont recours à certaines personnes indiquées connues pour leur renommée en soins traditionnels. En outre, elles n'ont recours aux soins conventionnels que lorsque surviennent des complications. Les risques auxquels elles s'exposent sont nombreux. Il s'agit du paludisme, des plaies de ventre, des douleurs et infections pelviennes, de la fièvre, des grossesses non désirées, du manque d'appétit, des restes placentaires, des fuites urinaires, des saignements vaginaux, des infections mammaires, des décès maternels, infantiles et la dépression.

Discussion

La problématique de la santé maternelle est abordée par un nombre important d'auteurs en mettant l'accent sur les perceptions sociales de la maternité, la réclusion maternelle et les risques réclusionnaires.

Perceptions socio-anthropologiques de la maternité

En communauté *Odzokru*, la maternité admet deux dimensions : physique et spirituelle. Ces perceptions de la maternité orientent les pratiques des accouchées. Les théories énoncées s'avèrent nécessaires dans cette partie de l'étude.

S'appuyant sur la théorie de la représentation sociale, nous comprenons que la représentation de la maternité notamment les post-partum influence considérablement les pratiques de cette période de la maternité. Selon l'interprétation *Odzokru*, pendant la grossesse et l'accouchement, la femme aurait perdue assez d'énergie. Elle serait donc vulnérable à certaines pathologies. L'énergie perdue serait du fait de la longue période de port de la grossesse et des efforts physiques fournis pendant l'accouchement. Ainsi, la réclusion avec son package de service s'impose comme un impératif aux nouvelles accouchées. La dimension spirituelle de la grossesse quant à elle se justifie par les rituels et le confinement du couple mère enfant après l'accouchement.

La maternité en pays *Odzokru* est perçue comme le passage obligatoire de toute femme et serait selon cette communauté une source de bénédiction. Les femmes infertiles sont marginalisées et stigmatisées. Les exigences de la maternité sont aujourd'hui assouplies à telle enseigne-que des cas de grossesse sont enregistrés avant le mariage.

Selon Lewis et al. (2012), chez les mossis du Burkina-Faso, la maternité est appréhendée comme un indicateur de la qualité d'une union et la procréation le but du mariage. En effet, après le mariage, une pression est exercée par la belle famille de la jeune femme au cours de la temporalité suivant le mariage afin qu'elle puisse tomber enceinte : « *la maternité apparaît comme le lieu par excellence d'exercice des rapports intergénérationnels d'entraide mais aussi de pouvoir entre les femmes* ». Avant son statut de mère, la jeune femme aux yeux de la belle-famille est considérée comme étrangère. Ces habitudes connaissent aujourd'hui un changement se traduisant par la réalisation de certains mariages après un premier enfant. Toutefois, l'aval de la famille serait important pour le bon déroulement de la grossesse. Les conseils prodigués sur la maternité débutent depuis la révélation de l'état gestationnel. Tout comme chez les *Odzokru*, les mossis, dès le retour de maternité procèdent à l'entame d'une série de rite permettant la protection de l'enfant contre les mauvais esprits susceptibles de s'opposer à son existence. Cette perception de la maternité est soutenue par d'autres auteurs. Chez les Baoulé Baoulé-Douhoun, les Baoulé Faly et chez les Akyé, des acteurs visibles (hommes, femmes, aides, conseillères...) et invisibles (génies, fétiches, esprits, esprit...) interviennent dans la maternité (Kouadio, 2015 ; Anoua, 2020 ; Koffi et al., 2020). Cette représentation de la grossesse suscite beaucoup de méfiance à la fois individuelle et collective. Briet (2018), soutient

également que La maternité en Afrique est dotée d'une part de spiritualité. En effet, la phase de l'accouchement est considérée comme une période d'impureté. Des rituels et modes de vie adaptés vont être par conséquent mis en place pour prévenir les "mauvais états". Chaque rite selon l'auteur a une explication et un "intérêt thérapeutique". Par contre, ces pratiques ritualistes liées aux croyances selon l'auteur, interfèrent avec les paramètres de la prise en charge conventionnelle. L'auteur met en évidence la valorisation des produits utilisés par les pratiquants selon leurs origines. C'est également la position de Diene (2015), qui soutient qu'en Afrique, plusieurs rites interviennent en post-partum. Ces pratiques sont relatives aux perceptions sociales de la maternité en Afrique. Pour ABE (2008), la pensée génésique possède des bases idéologiques, psychosociologiques et éthiques. Pour lui, la base pro-nataliste découle des multiples faits et symboles liés aux cultes de fécondités. Selon Ahmed Zakia (2018), l'enfant au cours du processus d'humanisation dans les sociétés traditionnelles est considéré comme la propriété d'entité invisible à qui il faut l'arracher. De cette interprétation de la maternité découle un ensemble de pratique issu de savoir-faire traditionnel. Pour l'auteur, la maternité est un construit social dont l'aboutissement a un intérêt collectif. Cet intérêt suscite l'accompagnement des aînés éventuellement préparés à ce rôle par une transmission de savoir par les aînées. Au regard des croisements des données scientifiques des différents auteurs, il ressort une divergence.

Comportement au cours de la réclusion

La réclusion et ses composantes qui sont les soins, les rituels sont issus de volonté de perpétuation de culture. En effet, les imaginaires sociaux sont issus de normes et valeurs du milieu de socialisation de l'individu, qui se pérennisent à chaque génération. La mobilisation de la théorie de l'habitus est donc nécessaire.

En effet, la réclusion en pays *Odzokru* communément appelé *wawr* est une pratique très ancienne qui se perpétue depuis des générations. Selon la primiparité ou la multiparité de la femme, la réclusion dure entre trois (3) et six (6) mois. L'objectif du confinement selon ses pratiquantes est de mettre à l'abri le couple mère/enfant des mauvais yeux, car les saignements vaginaux et d'autres phénomènes physiologiques les exposeraient. En ce qui concerne les soins, les pratiques médicales préventives et curatives s'appuient sur les plantes médicinales et les objets de santé, l'utilisation d'eau bouillante pour les massages. Les traitements pratiqués sont généralement recommandés par les mères multipares et multigestes.

Ouattara et al (2019), estiment que les pratiques des populations sont basées sur des savoirs endogènes et représentations de chaque maladie. C'est le cas de *Bohobi* qui selon eux est un vent maléfique, qui serait en réalité un

esprit (diable) et qui s'attaque aux nourrissons lorsqu'ils sont exposés ou lorsque la mère est exposée à ce vent à partir de 18 heures. Cette représentation suscite l'observance de prescriptions sociales telle-que la mise à l'abri (réclusion) de la mère et du nourrisson sur une durée de trois (3) mois afin d'éviter les conséquences de ce vent.

Tout comme le montre les résultats de notre étude, au Burkina, l'apprentissage de la maternité se fait auprès des aînées. La soumission aux recommandations des aînées est symbolique et confère le pouvoir et le droit d'ainesse. Chez les burkinabés, les rôles des belles-mères ne sont pas négligeables. La maternité renforce les liens entre les familles des conjoints. Quant aux pratiques adoptées, elles obéissent à un conformement aux exigences de la communauté. Les femmes sortant de maternité du fait de leur impureté sont tenues d'observer un retrait de la collectivité afin de la protéger des attaques de génies. Les pratiques de soin quant à elles se font avec de l'eau chaude et des plantes et d'autres objets de santé telles-que les calebasses. Le lieu de la réclusion chez les mossis est le domicile de la belle-famille. (Lewis *et al.*, 2012 ; Lewis, 2008).

Pour Zakia (*op.cit.*), chez les femmes mahoraises, le postpartum est une période de confinement de la femme du groupe familial. Aussi, dans cette communauté, la fin de la réclusion est-elle marquée par une cérémonie de clôture qui se caractérise par le partage de repas avec les proches et l'enfillement de tenue neuve. La fin de la réclusion confère à travers une mutation, officiellement à la femme le statut de mère. Toutefois, Zakia mentionne que la période de réclusion varie d'un groupe à un autre.

Chez les mahoraise, l'accent est mis sur le traitement, la couverture du corps contre le vent, et le repos. Ainsi, la nouvelle mère recluse n'exécute aucune tâche durant les quarante jours. Elle est bichonnée et utilise pour son bain et son massage et inhalation, des décoctions à base de plante médicinale, de l'huile de coco et d'autres produits à caractère médicinal. Allant dans ce sens, Briet (*op.cit.*) atteste que le confinement de la femme est dû au fait que celle-ci est considérée comme impure, car les pertes de sang justifient son isolement de la société. L'auteur soutient que le temps de réclusion dure de vingt-huit à quarante jours selon les ethnies pour permettre à la mère de se reposer. Les autres femmes vont l'aider à effectuer ses tâches quotidiennes et à réaliser les soins de l'enfant. La femme pendant ce temps se purifie, elle élimine le "mauvais" sang, enduit son corps d'huile et absorbe diverses plantes. Cet isolement du binôme mère-enfant les protège contre les esprits et sorciers vivant à l'extérieur.

C'est aussi la position de Diene (*op.cit.*) qui selon lui, la jeune accouchée est prise en charge par un membre de sa famille, sa mère ou sa belle-mère en général qui va alors mettre en place les rites traditionnels du post-partum. Pour l'auteur, l'adoption des pratiques traditionnelles est

occasionnée par le temps spontané de mise en observation. Pour Kouadio (op.cit) également, la période de réclusion ayant un but préventif et curatif est une période observée par la nourrice et le nouveau-né. Cette période de réclusion dure une semaine pour la mère et deux semaines pour l'enfant. Or, pendant cette période, le calendrier de suivi postnatal impose des visites régulières de la mère et de l'enfant au centre de santé face à cette norme communautaire. La période de réclusion est liée aux totems de certaines personnes. De plus, il existe des personnes pour qui l'aperçu de certains organes du nouveau-né leur est vulnérable. Cette période qui dure deux semaines permet à la nourrice de se reposer et de se remettre des lésions. Des médicaments sont conseillés par les tradipraticiens qui servent à faire des lavements de ventre et à appliquer sur le corps du nouveau-né. Ces soins sont à base de plantes médicinales.

El Rhaffari *et al.* (2002), soutiennent dans une production scientifique que pour le traitement des pathologies de l'appareil génital et l'obstétrique, la population utilise les plantes pour leurs propriétés abortive, emménagogue, aphrodisiaque, pour les irrégularités dans le cycle menstruel, les maladies vénériennes, l'inflammation des voies génitales, la stérilité féminine et les soins après accouchement. Il confie aussi que les remèdes sont en majorité administrés par voie orale (85 %). Pour Kalis (1997), les pratiques postpartum se composent de repas chauds pour la facilitation de l'écoulement des lochies, les bains de siège à base de plantes médicinales, les massages pour le raffermissement du corps et la récupération de force. Les toilettes pratiquées à base d'eau chaude avec des vertus adoucissantes, et antiseptiques favorisent le rejet des caillots de sang contenu dans l'organisme (Olivier De Sardan *et al.*, 1999).

Par ailleurs, en Inde la réclusion a lieu au cours de la phase prénatale de la maternité. Au cours de cette phase de pratique réclusionnaire qui dure quarante jours, la gestante isolée dans une chambre noire, bénéficie de plusieurs dons (denrées et vêtements) de la part des membres de la communauté. Le confinement de la gestante a pour but de permettre à celle-ci de se familiariser avec le processus hormonal et d'assurer que l'enfant naisse en bonne santé (Boisvert, 2023). Au sujet des pratiques, Adiko *et al.*, (2021) confirment une perpétuation de pratiques ancestrales traditionnelles en pays Akan avec des différenciations sensibles à certains niveaux notamment les rites. Il renvoie ces différenciations à des causes économiques, car pour lui, le pays Akan connaît un fléchissement économique. En effet, pour eux, certaines pratiques réclusionnaires nécessiteraient une certaine disposition financière qui ne serait pas chose acquise pour les jeunes Akan. Pour ANOUA (2020), les pratiques en postpartum notamment celles de soins reposent sur une dimension symbolique propre aux groupes sociaux. En pays Akyé la période de réclusion est aussi une réalité effective qui dure 3 mois. Le postpartum est ici caractérisé par sur

la réclusion, l'alimentation, les interdits et la sortie de l'accouchée et de son nouveau-né. Tout comme en pays *Odzukru* et dans d'autres communautés, la sortie de la mère et du nouveau-né est marquée par la fin de la réclusion.

Les résultats des travaux des auteurs ci-dessus convoqués ne se démarquent pas des nôtres, car la réclusion, même si pratiquée avec quelques singularités, est une pratique adoptée par plusieurs peuples avec pour objectifs d'assurer le bien-être de l'accouchée et de l'enfant. Ses composantes que sont les pratiques de soins et les rituels restent conformes aux valeurs de chaque communauté.

Conséquences des comportements

Les comportements des accouchées *Odzukru* ne sont pas sans conséquences. En effet, l'adoption des pratiques traditionnelles conduit à l'inobservance ou à l'irrégularité des consultations. Ainsi, de telles attitudes se soldent par des effets gravissimes de morbidité et de mortalité. Les entretiens avec les agents de santé et les informations collectées dans les registres ont révélés des signes et pathologies fréquents chez les nouvelles accouchées et les nourrissons. Au cours de cette période, les nouvelles accouchées ont un risque d'exposition palustre et de parasitémie très élevé. Ce risque accru est causé par les réinfections par *Plasmodium falciparum* et à l'intensité élevée de sensibilité aux nouvelles infections. En recourant aux pratiques médicales traditionnelles, l'objectif des gestantes *Odzukru* n'est pas d'opposer les deux types de traitement, mais de les utiliser en complément. Cependant, l'ignorance de la contenance de certaines plantes conduit à des effets contraires à ceux recherchés. Certaines plantes sont à risque. Au sujet des effets néfastes des plantes médicinales, Sekkat et al. (2020), ont montré dans une étude que l'usage des plantes médicinales est fréquent et peut conduire à des effets indésirables graves et à des interactions plantes médicinales-médicaments. Dans le cadre de leur étude, les effets connus par les usagers sont représentés par des troubles digestifs, des hyper- et hypoglycémies prononcées, une atteinte hépatique et un coma vigile.

Au sujet des comportements de non recours aux consultations, Chemgne (2010), assure que les soins à apporter dans le post-partum même en cas d'accouchement normal doivent répondre aux besoins particuliers de la mère et de l'enfant au cours de cette période. Elles comportent un ensemble de services qui prend en compte la prévention, la détection précoce, le traitement des complications et des maladies, ainsi que la fourniture de services et de conseils sur l'allaitement au sein, l'espacement des naissances, la vaccination et l'alimentation maternelle. Au niveau curatif, la visite postnatale a pour but de rechercher les maladies secondaires à l'état de grossesse, celles qui auraient pu être camouflées par l'état de grossesse, et les réajustements morphologiques. Elle débute donc par un entretien portant sur la durée et la

qualité des lochies, les hémorragies puerpérales, l'infection puerpérale, la lactation et la qualité de la tétée chez le nouveau-né.

L'analyse de la thèse de l'auteur à travers une approche dialectique montre que le non recours aux consultations postnatales expose l'accouchée et le nourrisson à des risques de morbidité et de mortalité. C'est donc cette réalité décrite que vivent les gestantes *Odzukru* qui ont recours aux pratiques traditionnelles au détriment des soins conventionnels. Anoua (2020), confirme cette exposition aux risques en affirmant que les pratiques socioculturelles en matière de prise en charge postnatale constituent très souvent des facteurs de risques pour l'accouchée et le nouveau-né. C'est également la position de Rena (2008), qui soutient que la pesanteur culturelle dans la prise en charge du postpartum conduit parfois à la dépression.

Conclusion

L'étude a montré que les pratiques traditionnelles associées à la maternité notamment la réclusion influence le recours aux consultations postnatales. Elle expose ainsi les accouchées et les nouveau-nés à des risques énormes. La réclusion est un système de disposition impératif au sein de la communauté *Odzukru*. Cette pratique qui se pérennise depuis des générations a pour but d'assurer le bien-être de la mère et du nouveau-né. Cependant, les spécificités de cette pratique, les restrictions et les plantes médicinales utilisées ont des effets néfastes. Ce sont notamment le confinement de la gestante et l'accouchée qui conditionne les consultations postnatales. Le confinement est marqué par la sortie appelée *ocmeil* en langue locale. Aussi, la méconnaissance de la contenance des plantes médicinales utilisées entraîne parfois des effets indésirables sur la santé des accouchées et des nouveau-nés. Si ces pratiques traditionnelles persistent, elles sont susceptibles d'entacher les efforts fournis par la santé publique. Les situations alarmantes telles que les morbidités et les décès maternels et infantiles risquent de demeurer. Face à cette situation, la santé publique doit s'approprier les habitus culturels des communautés non pas pour les soutenir, mais leurs apporter une assistance de régulation voire une collaboration.

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.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée par l'Université Alassane Ouattara et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés.

References:

1. Adiko, FA, YAO, LY, et Sei, ADOU. (2021). Essai d'étude quantitative sur les connaissances et perceptions des régimes alimentaires chez l'accouchée du groupe Akan en milieu rural ivoirien. *Revue Africaine des Sciences Sociales et de la Santé Publique*, 3(1), 94-108. Disponible sur <http://www.revue-rasp.org/index.php/rasp/article/view/88> Consulté le 21 Juillet 2024
2. Ahmed, Z. (2018). Transmission des savoirs et des techniques du corps en périnatalité : Les soins traditionnels du post-partum des femmes mahoraises et de leur bébé. *Spirale*, 87(3), 56-63. DOI : 10.3917/spi.087.0056. Disponible sur <https://www.cairn.info/revue-spirale-2018-3-page-56.htm> consulté le 21 juillet 2024.
3. Anoua, ASJ, Kouadio, AB, Signo, KEFEE et Dibi, YV. (2021). Postpartum consultation attendance at the maternity ward in Sokoura, Cte d'Ivoire. *International Journal of Sociology and Anthropology*, 13(2), 49-57. DOI 10.5897/IJSA2021.0903. Disponible sur <https://academicjournals.org/journal/IJSA/article-abstract/CEB4B0C66580> consulté le 21 juillet 2024.
4. Anoua, ASJ. (2020). La question de la prise en charge postnatale dans la culture obstétricale akyé en Côte d'Ivoire. *Antropo*, (43), 51-66.
5. Bina, R. (2008). The impact of cultural factors upon postpartum depression: a literature review. *Health care for women international*, 29(6), 568-592.
6. Boisvert, M. (2023). La Maternité renversée : le rituel de dūdhpilānā dans la communauté hijrā indienne. *Revue interdisciplinaire sur l'Asie du Sud*, 1(1), 72-85. ISSN 2817-7770, Disponible sur <https://edition.uqam.ca/rias/article/view/2028>, consulté le 21 Juillet 2023
7. Bourdieu, P. (1972), *Esquisse d'une théorie de la pratique*, Paris, p.157-243.
8. Briet, A. (2018). *La maternité des femmes Africaines [mémoire pour le diplôme d'Etat de Sages-femmes]*, Ecole de Sage-femmes, Faculté de Médecine, Université de Limoges.
9. COUNTDOWN, (2021). Women's, children's and adolescent's health, 2021, Maternal and newborn health in low-and middle-income countries: A brief assessment of mortality, coverage and policies, *Opening Forum*, p.20-21.

10. Dazzi, AZNG, Wilnique, P, Otshudiandjeka, J, Soro, M, N'guetta, EE, et Tiembre, I. (2024). P6-9-Profil épidémiologique des décès maternels de la région sanitaire d'Abidjan 1, Côte d'Ivoire, janvier-décembre 2023. *Journal of Epidemiology and Population Health*, 72, 202691.
11. Diene, M. K. (2015). Vécu de l'accouchement et perpétuation des rites du post-partum en France chez les femmes originaires d'Afrique subsaharienne.
12. El Rhaffari, L., & Zaid, A. (2002). Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet): Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée. *Des sources du savoir aux médicaments du futur*, 1, 293-318.
13. Kalis, S. (1997). L'ancêtre revenu. Croyances et pratiques autour de la naissance chez les Seereer Siin du Sénégal. *Anthropos*, (H. 4./6), 556-562.
14. Koffi, NC, Brou, KA, Anoua, ASJ et Ouattara, ZA. (2020). Pratiques de soins maternels, néonataux et infantiles chez les communautés Baoulé Faly de Bamoro, Bouaké (Côte d'Ivoire), *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé* 3 (6), 99-118.
15. Koné, MHA. (2021). Utilisation inadéquate de la consultation Post-natale en commune VI du District Bamako en 2020.
16. Kouadio, MKD. (2015). Déterminants des visites postnatales à Bendékouassikro (commune de Bouaké), *SANKOFA* N° 8, pp 9- 28.
17. Lewis, MJ et Calvès, AE. (2011). L'encadrement par les aînées de l'entrée en maternité des jeunes femmes à Ouagadougou : Continuités et changements. *L'Afrique des générations. Entre tensions et renégociations*. Paris : Karthala, 645-678. en ligne, disponible sur <https://www.cairn.info/l-afrique-des-generations---page-645.htm> consulté le 20 juillet 2024.
18. Lewis, MJ. (2009). L'expérience de la maternité des Ouagalaises : d'une génération à l'autre.
19. Moscovici, S. (1969). *Les représentations sociales : Théories, méthodes et application*, Paris, De Boeck.
20. Noel, AND. (2008). *La procréation, le symbolisme et la Santé de le Reproduction en Afrique Noire au Sud du Sahara : le cas du groupe Baoulé*, [Thèse de Doctorat d'État en Socio-Anthropologie], Université de Bouaké, Abidjan.
21. Ocha, 2021, *L'importance des consultations prénatales et post-natales*. Disponible sur www.reports.unocha.org, consulté le 24 juin 2023.

22. Olivier, D-SJP, Moumouni, A, et Souley, A. (1999). " L'accouchement c'est la guerre"-De quelques problèmes liés à l'accouchement en milieu rural nigérien. *Bulletin de l'APAD*, (17).
23. Ouattara, ZA, Doudou, DT et Abe, NN. (2019). Maladies liées au vent et stratégies préventives chez les Baoulé, Ethnomédecine et Ethnopsychiatrie en Afrique : enjeux et perspectives, p279, Sydo. Actes du Colloque International Pluridisciplinaire, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo-Côte d'Ivoire. ISBN 978-2-490898-24-4
24. Sekkat, ZL, Skalli, S et Hassikou, R. (2020). Étude de prévalence des effets indésirables liés à l'utilisation des plantes médicinales par les patients diabétiques de l'hôpital Ibn-Sina de Rabat, Maroc. *Phytothérapie*, 18(1), 17. Disponible sur <https://doi.org/10.3166/phyto-2019-0176> consulté le 5 Juin 2023.
25. UNFPA. (2023). *Les capacités matérielles des centres de santé de la région du Gbêkê renforcées dans le cadre du Projet "deux heures pour la vie"*. Disponible sur <https://cotedivoire.unfpa.org/fr/news/les-capacit%C3%A9s-mat%C3%A9rielles-des-centres-de-sant%C3%A9-de-la-r%C3%A9gion-du-gb%C3%AAk%C3%AA-renforc%C3%A9es-dans-le-cadre>, consulté le 20 Janvier 2025.
26. Valérie, SC. (2010), *les facteurs explicatifs du recours aux soins postnatals modernes après un accouchement en milieu non hospitalier : cas du Cameroun*, [mémoire], Université De Yaounde II.
27. Ymba, M, Adiko AF, Eba, KA et Gouataine SR. (2020). Santé maternelle, néonatale et infantile en Afrique : analyse de la situation actuelle, *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé* 3 (6), 2-11.

Evaluation de la pollution en éléments traces métalliques du sol sur *Moringa (Moringa oleifera L.)* et Basilic (*Ocimum basilicum L.*) au Centre de Recherches Géologique et Minière de Niamey au Niger, en Afrique de l'Ouest

Mahamane Moustapha Souley Barhadje

Laboratoire de sciences de sols et dynamique de surface, Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), Niger. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Djibo Hamani de Tahoua (UDH), Niger. Centre de Recherche Géologique et Minière, Ministère des Mines (CRGM), Niger

Hama Oumarou

Faculté des Sciences Agronomiques,
Université Djibo Hamani de Tahoua (UDH), Niger

Mahaman Sanoussi Sani Issa

International Fertilizer Development Center (IFDC), Niger

Abdourahamane Tankari Dan Badjo

Laboratoire de sciences de sols et dynamique de surface,
Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), Niger

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p111](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p111)

Submitted: 10 January 2025

Accepted: 18 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Souley Barhadje M.M., Oumarou H., Sani Issa M.S. & Dan Badjo A.T. (2025). *Evaluation de la pollution en éléments traces métalliques du sol sur Moringa (Moringa oleifera L.) et Basilic (Ocimum basilicum L.) au Centre de Recherches Géologique et Minière de Niamey au Niger, en Afrique de l'Ouest*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 111.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p111>

Résumé

A Niamey, les industries sont des véritables sources d'émission des polluants nuisibles à l'homme et à son environnement. Force est de constater nombreuses sont les industries urbaines accordant peu d'attention sur les polluants émis dans l'environnement ce qui compromet en silence la santé de l'homme et de son environnement. Cette étude conduite au cours de la période du 1^{er} juin au 30 août 2024 a pour objectif principal d'évaluer la pollution du sol et des végétaux du Centre de Recherches Géologique et Minière (CRGM) de Niamey par les Eléments Traces Métalliques (ETM). Pour ce faire, des

échantillons du sol ont été prélevés à l'entrée, au milieu et à la sortie du centre à trois profondeurs (0-10cm, 10-20cm et 20-30cm), ainsi qu'un échantillon témoin. Ensuite, des feuilles de moringa (*Moringa oleifera* L.) et basilic (*Ocimum basilicum* L.) ont été collectées. L'analyse a été réalisée à l'aide du spectromètre à fluorescence x portatif, Niton XL3t pour caractériser les différents contaminants présents dans le sol et les végétaux. Selon les résultats obtenus, les concentrations dans le sol varient respectivement de 0 ppm (Cu, As, Pb et Co) à 52,74 ppm (Ni) en zone témoin ; de 4,77 ppm (As) à 101,66 ppm (Pb) à l'entrée ; de 36,2 ppm (Pb) à 282,01 ppm (Co) au centre et de 2,69 ppm (en Pb) à 67,04 ppm (en Co) à la sortie. Les concentrations moyennes dans les deux espèces végétales (*Moringa oleifera* L., *Ocimum basilicum* L.) du fer, du zinc, de l'arsenic, du cobalt et du plomb varient de 229,24 à 291,8 ppm. Pour les feuilles de Moringa les concentrations sont de 15,13 à 19,73 ppm ; 0 à 7,89 ppm ; 3,48 à 4,54 ppm et 0 à 50,80 ppm respectivement en fer ; en zinc ; en arsenic, en cobalt et en plomb. Pour Ocimum elles varient de 271,03 à 544,03 ppm ; 21,93 à 66,42 ppm ; 16,25 à 48,75 ppm ; 0 à 378,89 ppm en fer ; en zinc ; en arsenic ; et en plomb. Ces résultats obtenus démontrent que le sol est plus contaminé en plomb, en arsenic, et en nickel. *Ocimum basilicum* et *Moringa oleifera* sont contaminées en arsenic, en plomb et en zinc. Cette étude renseigne le rejet du CRGM contaminant le sol et les végétaux en ETM destructeurs de l'environnement, et responsables des maladies cancérogènes. Il est donc indispensable de trouver des solutions pour protéger l'Homme et son environnement.

Mots-clés: Contaminants, sol, végétaux, éléments traces métalliques, CRGM, Niamey

Assessment of trace metal pollution in soil on Moringa (*Moringa oleifera* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) at the Geological and Mining Research Centre of Niamey in Niger, West Africa

Mahamane Moustapha Souley Barhadje

Laboratoire de sciences de sols et dynamique de surface, Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), Niger. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Djibo Hamani de Tahoua (UDH), Niger. Centre de Recherche Géologique et Minière, Ministère des Mines (CRGM), Niger

Hama Oumarou

Faculté des Sciences Agronomiques,
Université Djibo Hamani de Tahoua (UDH), Niger

Mahaman Sanoussi Sani Issa

International Fertilizer Development Center (IFDC), Niger

Abdourahamane Tankari Dan Badjo

Laboratoire de sciences de sols et dynamique de surface,
Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), Niger

Abstract

In Niamey, industry is a major source of pollutants that are harmful to people and their environment. Many urban industries pay little attention to the pollutants they emit into the environment, which silently compromises human health and the environment. The main objective of this study, carried out over the period from 1 June to 30 August 2024, is to assess the pollution of the soil and plants at the Niamey Geological and Mining Research Centre (CRGM) by Trace Metal Elements (TMEs). Soil samples were taken at the entrance, middle and exit of the centre at three depths (0-10cm, 10-20cm and 20-30cm), as well as a control sample. Next, moringa (*Moringa oleifera* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves were collected. Analysis was carried out using the Niton XL3t portable x-ray fluorescence spectrometer to characterise the various contaminants present in the soil and plants. According to the results obtained, soil concentrations ranged from 0 ppm (Cu, As, Pb and Co) to 52.74 ppm (Ni) in the control zone; from 4.77 ppm (As) to 101.66 ppm (Pb) at the entrance; from 36.2 ppm (Pb) to 282.01 ppm (Co) in the centre and from 2.69 ppm (Pb) to 67.04 ppm (Co) at the bottom. The average concentrations of iron, zinc, arsenic, molybdenum and lead in the two plant species (*Ocimum basilicum* L., *Moringa oleifera* L.) were 229.24 to 291.8 ppm; 15.13 to 19.73 ppm; 0 to 7.89 ppm; 3.48 to 4.54 ppm and 0 to 50.80 ppm respectively for iron, zinc, arsenic, molybdenum and lead in *Moringa oleifera* L. This

concentration is 271.03 to 544.03 ppm; 21.93 to 66.42 ppm; 16.25 to 48.75 ppm; 0 to 378.89 ppm in Iron; Zinc; Arsenic; and Lead in *Ocimum basilicum* L. These results show that the soil is contaminated with Lead, Arsenic, and Nickel. *Ocimum basilicum* L. and *Moringa oleifera* L. are contaminated with Arsenic, Lead and Zinc. It is therefore essential to find solutions to protect people and their environment.

Keywords: Contaminants, soil, plants, trace metals, CRGM, Niamey

Introduction

Les éléments traces métalliques sont présents de façon naturelle dans les sols (Desaules, 2012). Une grande partie de ces métaux découle de l'altération de la roche mère du sous-sol. Toutefois, leurs concentrations augmentent avec les activités humaines telles que les industries, le transport, les pratiques agricoles, les décharges sauvages, les retombées atmosphériques etc (Lv et Liu, 2019). La pollution des sols et des végétaux considérés dans le cadre de cette étude concerne, l'émission industrielle des ETM à partir des activités du laboratoire du centre de recherches géologique et minière. Le centre a pour vocation l'analyse des échantillons des roches, des sols et des eaux issues des processus miniers et domestiques. Lors de ses travaux d'analyses, le laboratoire produit des polluants gazeux qui à partir de l'atmosphère retombent dans le sol. Ensuite, à partir d'éventuels transferts naturels (dépôts secs, poussière, précipitation, ruissèlement, irrigation) certains polluants sont absorbés par les plantes. La pollution métallique liée aux industries est un sujet qui a été largement étudié par les chercheurs ayant fait des liens entre les rejets des polluants dans l'environnement et la pollution du sol ainsi que la destruction des végétaux. A titre d'exemples, on peut citer Marafa *et al.* (2019) et (Soumaila A. et al., 2024) qui ont montré la contribution des traitements de l'or par la technique semi-artisanale dans la contamination du sol et le risque sanitaire. En revanche, très peu d'études ont été portées sur les laboratoires qui sont dans les centres urbains qui polluent toutes les composantes environnementales environnantes à partir des rejets incontrôlés des déchets chimiques. De nombreux centre et leurs laboratoires d'analyses de Niamey tels que l'ONPPC, l'INRAN, le CRGM, l'ORIBA, la HANEA, le LABOCEL n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de leur degré de contamination de l'environnement. Alors que les rejets des métaux comme le plomb, le cadmium, le nickel, l'arsenic et le zinc pourraient compromettre la santé de l'Homme et la fertilité du sol, engendrer la disparition des espèces végétales. Le caractère non renouvelable du patrimoine « sol », à l'échelle des générations humaines, impose de le préserver à cause aussi des services écosystémiques qu'ils rendent, tels que la production alimentaire et de biomasse, la régulation et le filtrage des eaux, l'atténuation et l'adaptation au

changement climatique et la conservation de la biodiversité (Barthwal *et al.*, 2008; De et Toulouse, 2012; To et Id, 2014, Lv et Liu, 2019).

C'est dans cette perspective que la présente étude porte sur l'évaluation de la pollution du sol et des végétaux a été conduite au Centre de Recherche Géologique et Minière (CRGM) de Niamey.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

Le Centre de Recherche Géologique et Minière du Niger est implantée dans la commune 4 de la ville de Niamey, entre les latitudes 13°18'30''Nord et 13°46'0''Nord et les longitudes 2°1'0''Est et 2°15'0''Est. A l'Est le centre est limité par la centrale d'électricité (NIGELEC CENTRALE *Gamkalley* 2), à l'Ouest par le siège ORIBA et au Sud-Est par la SONICHAR et la douane (figure 1). Situé sur la rive gauche du fleuve Niger, l'arrondissement repose sur un plateau d'érosion de 250 m environ et surplombe le fleuve par une dénivellation de 20 à 25 m. Dans cette commune, le climat est de type sahélien avec un cumul pluviométrique moyen au cours de la période de 1975-2004 estimé à 500 mm. Dans l'arrondissement communal IV, 3 types de sols sont rencontrés. Il s'agit des sols cuirassés n'offrant aucune possibilité agricole du fait de leur faible profondeur, de leur faible perméabilité et surtout de leur extrême aridité (Dan-Badjo *et al.*, 2013). Les sols à texture sableuse et les sols ferrugineux tropicaux des vallées ensablées. Les principales activités économiques de la zone d'étude reposent sur l'agriculture, l'élevage, le commerce, le transport et l'artisanat (Dan-Badjo *et al.*, 2013).

L'expérimentation a été conduite au niveau de quatre zones distinctes dont l'une se trouve à l'extérieure du CRGM (zone témoin) tandis que les trois autres sont situées à l'intérieure du CRGM. La zone 1, à l'extérieur du CRGM, est localisée aux coordonnées longitude et Latitude (WGS 1984) respectivement entre 2°8'1,22964" E et 13°29'34,6686" N. La zone 2, à l'entrée du CRGM, trois points respectivement P1, P2 et P3 (à 10, 20, 30cm chacun) de coordonnées en longitude et latitude (WGS 1984) situées respectivement entre 2°8'0,17888" E et 13° 29'35,94788" N ; entre 2°8'096" E et 13°29'22012" N ; entre 2°7'59,58012 E et 13°29'34,13412" N.

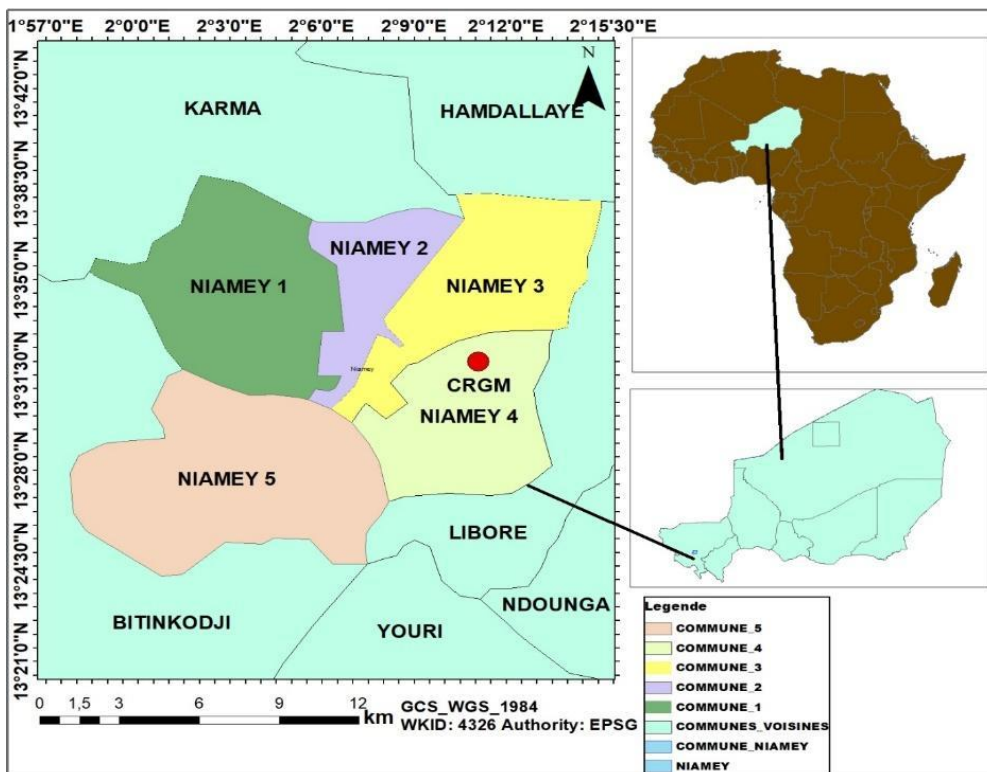


Figure 1 : Carte de localisation du CRGM

Matériel

Pour mener à bien l'étude, les outils de collecte des données se résument à l'utilisation d'un GPS (Global Positioning System) pour la géolocalisation et les coordonnées géographiques des principaux points ayant fait l'objet d'échantillonnage situés dans le centre et à sa proximité; d'un appareil photo numérique pour la prise de vues en guise d'illustrations ; d'une tarière pour le prélèvement des échantillons de sol destinés aux analyses au laboratoire de Géoscience du CRGM, d'une balance numérique pour les pesés des échantillons de sol et des sachets de polyéthylène pour le prélèvement de ces échantillons.

Le matériel de laboratoire utilisé est composé d'une part de gants de protection, du méthanol pour éviter toute contamination émanant des manipulations ; de mortier pour réduire les agrégats de terre en de petits agrégats et d'autres part un spectromètre à fluorescence X portatif (de type Niton XL3t®).

Collecte de données

La méthode de collecte des données appliquée comprend successivement l'échantillonnage, la préparation et l'analyse des échantillons au laboratoire:

Pour l'échantillonnage, trois profondeurs du sol (0-10 cm, 0-20 cm et 20-30 cm) ont été retenues en un seul point en plus d'un échantillon témoin. Pour ce faire, trois répliques ont été prélevées à partir desquels est constitué un échantillon composite moyen conditionné en flacon en verre. Les échantillons sont conservés au réfrigérateur avant analyse (Smouni *et al.*, 2015). Aussi, les tiges, feuilles et racines des espèces de *Ocimum basilicum* et *Moringa oleifera* ont été récoltées aux mêmes points que le sol.

Les échantillons du sol prélevés ont été broyés et séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 heures dans un récipient en aluminium (Lee *et al.*, 1998). Pour les espèces végétales, les feuilles et racines prélevées ont été rincées à l'aide de l'eau distillée pour les débarrasser de toutes les impuretés avant de subir un séchage à l'étuve à une température de 105°C pendant 24 heures. Les échantillons séchés ont ensuite été broyés à l'aide d'un broyeur pour obtenir une poudre homogène. Les échantillons du sol et des végétaux préparés ont été introduits dans des sachets en polyéthylène puis conservés dans l'étuve pour éviter toute éventuelle contamination.

Par la suite, l'ensemble des échantillons a été transporté au laboratoire pour des analyses chimiques. La quantification des éléments métalliques a été réalisée par spectrométrie à fluorescence X à l'aide du "Thermo Scientific Niton XL3t", il capable de détecter une large gamme d'éléments allant du magnésium à l'uranium (Willis *et al.*, 2014). Le principe consiste à irradier l'échantillon par des photons émis depuis une source de rayons X, pour que les atomes de l'échantillon ainsi ionisés émettent un rayonnement de fluorescence dans le domaine des rayons X. Les atomes de l'échantillon ainsi ionisés par leurs électrons "manquants" se trouvent en état instable. Les couches internes de ces atomes se réorganisent afin de tendre vers un état plus stable. Il s'agit de la phase d'émission. L'énergie du rayon X émis est spécifique à l'élément et l'intensité du rayon X est proportionnelle à la concentration de cet élément dans l'échantillon. En mesurant les énergies et les intensités des rayons X émis, on détermine la composition élémentaire de l'échantillon. Les spectres sont obtenus par mesure de l'énergie de chaque photon capté (Shackley, 2012, Willis *et al.*, 2014).

Modes de mesures des concentrations au XRFp

La spectrométrie de fluorescence X est une technique d'analyse chimique non destructive utilisant la fluorescence des rayons X de la matière. Quatre modes de mesure peuvent être utilisés, à savoir les modes « Soil » pour une durée de lecture de 90 secondes et « AllGeo » pour une durée de 120. Le

mode « *Mining Cu* » et « *Mining Ta* » pour une durée de lecture de 120 secondes chacun (Brouw, 2010).

Procédure d'analyse multiélément au XRFp

Une fois allumé, le contrôle du spectromètre se fait à partir du logiciel NDT 5.2x. On procède ainsi au calibrage des paramètres de l'appareil en utilisant des étalons de référence certifiés. Le mode de lecture est choisi, ainsi on passe à l'étalonnage à l'aide des standards. L'analyse de l'échantillon se fait par l'intermédiaire d'une coupelle. La coupelle est remplie à moitié de l'échantillon préparé, recouverte d'un film de "Prolene" de 4 µm d'épaisseur (Figure 2a), est placée devant le capteur de l'appareil (Figure 2b). Après avoir fini la lecture des échantillons, un fichier NDT contenant toutes les données est enregistré (Abass, 2024). Ce fichier est ouvert dans le logiciel NDT puis réenregistré sous format Excel. La base de données Excel est ensuite prétraitée (Oyedotun, 2018). Les concentrations en % des éléments peuvent être converties en partie par million (ppm). Les ETM ayant un comportement physicochimiques identiques sont corrélés positivement entre eux (Rodríguez-Deza *et al.*, 2022). Quant aux éléments Cu et Mn et Mn et As, ils ont un comportement globalement contraire (Zakaria *et al.*, 2019).

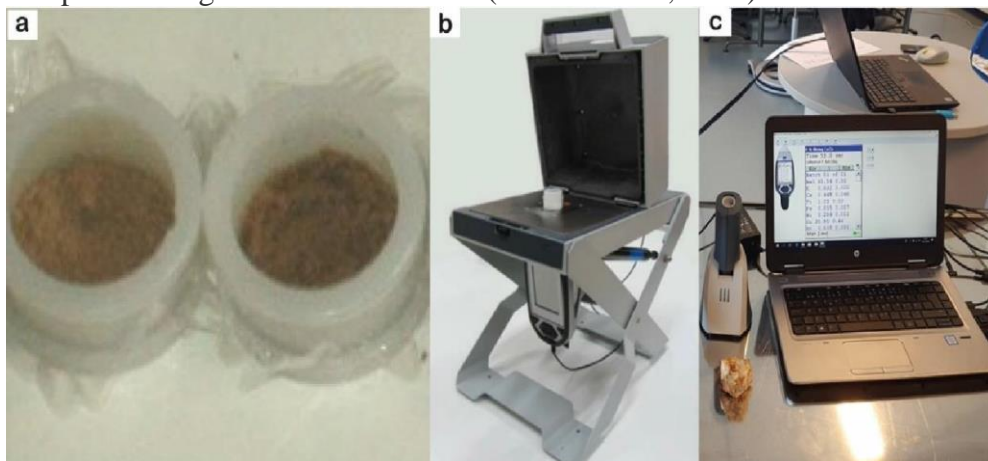


Figure 2 : Etapes de l'analyse au XRFp en mode laboratoire

Calcul de l'index de pollution par les ETM dans les sols

L'Index de pollution est un critère permettant d'évaluer la toxicité d'un sol par assemblage de plusieurs métaux (Zakaria Ibrahim *et al.*, 2019). Cet index est déterminé à partir de la moyenne des rapports des concentrations en métaux dans les échantillons des sols par rapport aux valeurs directives limites (Chon *et al.*, 1998). Ces valeurs limites correspondent aux niveaux tolérables des concentrations en métaux (ETM) dans le sol selon la norme AFNOR. Ainsi, l'index de pollution est calculé selon la formule :

$$IP = \frac{\frac{As}{5} + \frac{Pb}{100} + \frac{Zn}{300} + \frac{Co}{30} + \frac{Cu}{100} + \frac{Cr}{150} + \frac{Ni}{50}}{7} \quad (1)$$

IP : Index de pollution est sans unité.

IP > 1 correspond à un sol pollué par plusieurs métaux.

Analyses statistiques

Le tableur Microsoft Excel est utilisé pour la saisie et le traitement des données. Le logiciel Jamovi version 2.3.28.0 est ensuite utilisé pour les analyses statistiques. Ces analyses ont été essentiellement celles de la statistique descriptive, le diagramme de Pareto afin d'avoir la zone la plus polluée et la corrélation renseigne le comportement des polluants entre eux. Les valeurs moyennes sont ensuite comparées entre elles à l'aide du test de la plus petite différence significative au seuil de 5 %.

RÉSULTATS

Statistiques descriptives des métaux lourds

Dans le tableau 1, il a été présenté les résultats des analyses statistiques descriptives des concentrations en ETM mesurées dans la zone d'étude.

Tableau 1 : Analyse descriptive des ETM au sein du CRGM

ETM	N	Moyenne	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type	Minimum	Maximum
			Borne inf	Supérieur			
Cu	36	14.01	9.00	19.0	14.8	0.00	47.8
Cr	36	6.24	6.43	18.9	37.5	0.00	224.7
Fe	36	62079.99	40250.66	83909.3	64516.8	205.57	355985.2
Co	36	80.52	29.10	131.9	152.0	0.00	479.9
Ni	36	30.58	20.85	40.3	28.8	0.00	71.3
Zn	36	40.80	29.87	51.7	32.3	7.80	151.3
As	36	11.17	5.82	16.5	15.8	0.00	80.2
Mn	36	308.34	74.33	542.3	691.6	0.00	4264.1
Pb	36	32.98	8.47	57.5	72.4	0.00	378.9

ETM : élément trace métallique ; Cu : Cuivre, Zn : Zinc, Ni : Nickel, As : Arsenic, Fe : fer, Pb : plomb, Co : Cobalt, Mn : Manganèse, Cr : Chrome

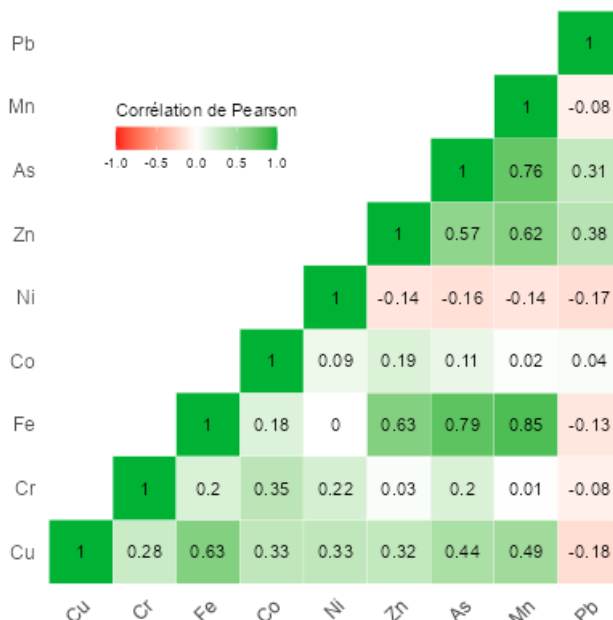
Ce tableau montre que les métaux les moins représentés sont le Cu, Cr, As, Pb, Zn et le Ni avec des valeurs moyennes respectivement de 14.01 \pm 14,8ppm ; 6.24 \pm 37.5 ; 11.17 \pm 15,8ppm ; 32.98 \pm 72.4ppm ; 40.80 \pm 32.3ppm

et 30.58 ± 28.8 ppm. Les polluants dominants sont le Mn, Co et le Fe de concentrations moyennes respectivement de 308.34 ± 691.6 ; 80.52 ± 152.0 ppm et 62079.99 ± 64516.8 ppm.

Matrix de corrélation

L'analyse des corrélations permet de déterminer la typologie des relations entre les caractéristiques des différents métaux lourds. Le tableau 2, représente la matrice de corrélation des différents métaux contaminant le site.

Tableau 2 : corrélation entre les différents polluants sur le site du CRGM



Il ressort de l'analyse de ce tableau, une forte corrélation positive entre le Fe-Cu ; Fe-Zn ; Fe-As ; Fe-Mn ; Mn-Zn et Mn-As. De plus une corrélation faiblement positive a été observée entre As-Zn. En revanche, une faible corrélation négative a été observée entre Cu-Mn et Cu-As. Cela pourrait suggérer que les métaux tels que Fe, Mn, As et Cu proviennent d'une source commune et présentent un comportement géochimique fortement similaire.

Caractérisation des différentes matrices en métaux

Les valeurs des caractéristiques physico-chimiques et des teneurs en ETM des matrices énoncées aux tableau 3, 4, 5 et 6 sont exprimées en ppm.

Concentrations des métaux (en ppm) dans sols :

Horizon (0-10cm)

Tableau 3: Comparaison des teneurs en ETM dans les sols l'horizon (0-10cm)

Zones	Symboles	Cu	Ni	Zn	As	Pb	Co	Fe	Mn
Témoin	T10	–	52,74	8,76	–	–	–	16173	127
Zone 1	Entrée	7,68	23,77	82,95	4,77	101,66	146,52	57634	293,36
Zone 2	Centre	36,58	14,15	84,24	36,2	17,77	282,01	173415	1764,39
Zone 3	Sortie	11,82	32,97	32,16	12,28	2,69	67,04	58280	140,49

Légende : – : Non détecté :

Le tableau 3 montre les concentrations en ppm des différents métaux obtenus dans les sols des trois zones au niveau de l'horizon 0-10cm. Globalement la zone 2 est présente des valeurs beaucoup élevées qu'en ETM suivi de la zone 1 : ce qui pourrait être dû à la source atmosphérique des polluants et une faible activité biologique du milieu. En plus les ETM tels que l'arsenic, le plomb et le cobalt sont quasiment absents en zone témoin alors qu'ils sont présents dans toutes les trois zones. Cela confirme les rejets des polluants toxiques par le CRGM.

Horizon (10-20cm)

Tableau 4: Comparaison des teneurs en ETM dans les sols l'horizon (10-20cm)

Zones	Symboles	Cu	Ni	Zn	As	Pb	Co	Fe	Mn
Témoin	T20	–	58,37	27,57	-	13,97	–	21290	117
Zone 1	Entrée	12,36	48,37	35,85	3,00	52,69	-	48634	208,17
Zone 2	Centre	19,21	22,23	33,70	12,45	15,30	195,52	73478	235,93
Zone 3	Sortie	27,71	39,10	34,55	16,15	9,14	99,35	102631	260,68

Légende : – : Non détecté

Le tableau 4 montre les concentrations en ppm des différents métaux obtenus dans les sols des trois zones au niveau de l'horizon 10-20cm. La zone 2 qui est proximité de l'unité de la mise en solution présente des valeurs beaucoup élevées qu'en ETM suivi de la zone 3 : ce qui pourrait s'expliquer en admettant que l'Unité Mise en solution rejette plus des polluants que les autres unités du laboratoire.

Horizon (20-30cm)

Tableau 5: Comparaison des teneurs en ETM dans les sols l'horizon (20-30cm)

Zones	Symboles	Cu	Ni	Zn	As	Pb	Co	Fe	Mn
Témoin	T30	4	-	16,84	-	8,87	—	229,24	-
Zone 1	Entrée	-	52,19	27,14	4,47	25,75	-	26166	185,72
Zone 2	Centre	13,21	52,19	27,14	4,97	16,96	-	37513	205,2
Zone 3	Sortie	16,70	52,19	27,14	16,47	6,65	159,77	26166	114,5

Légende : — : Non détecté

Le tableau 5 montre les concentrations en ppm des différents métaux obtenus dans les sols des trois zones au niveau de l'horizon 20-30cm ainsi que dans la zone témoin (hors du centre). La zone 3 présente des valeurs beaucoup élevées en ETM suivi de la zone 2. Ce qui implique un éventuel transfert par lessivage qui concentre les ETM en profondeur du sol (dernier horizon).

Concentrations des métaux (en ppm) dans les plantes, *Moringa oleifera* et *Ocimum*

Tableau 6: Comparaison des teneurs en ETM dans les plantes

Zones	Plantes	Cu	Cr	Fe	Co	Ni	Zn	As	Mn	Pb
Zone 1	Moringa	0	0	229,24	0	0	16,84	0	0	0
	Basilic	0	0	544,03	0	0	46,15	48,75	0	378,8
Zone 2	Moringa	0	0	291,8	0	0	19,73	7,89	0	0
	Basilic	0	0	271	0	0	21,93	0	0	0
Zone 2	Moringa	0	0	206	0	0	15,13	0	0	0
	Basilic	0	0	535,4	0	0	66,42	0	0	6,75

Le tableau 6 montre les concentrations en ppm des différents métaux obtenus dans les plantes (*Moringa oleifera* et *Ocimum*). Les métaux tels que le plomb, l'arsenic et le cobalt sont pratiquement faibles (zone 1 et 2) et nuls comme les autres métaux dans le reste des zones d'études. Ce qui réduit de risque mortel des contaminations des plantes au CRGM.

En examinant les valeurs du tableau 3, 4, 5 et 6, il apparaît que les concentrations retrouvées en ETM pseudo-totaux et disponibles sont significativement plus élevées dans le sol et dans les plantes du CRGM que dans le milieu témoin (situé en hors du centre) comme prévu. Néanmoins, il est important de noter que dans *Ocimum basilicum*, les concentrations d'Arsenic, et de Plomb respectivement de 48,75 ppm et 387,89 ppm sont nettement supérieures à celles observées dans le sol et chez *Moringa oleifera*. De plus, la concentration en Cr est quasiment nulle dans toutes les matrices sauf au niveau de la couche 10 à 20 cm avec une valeur assez faible de 74,91 ppm. Le Plomb est partout dans le sol comme dans les deux plantes, mais on constate sa diminution dans le sol avec la profondeur.

Répartition des métaux contaminant le sol sur le site du CRGM

La figure 3 présente les données recueillies CRGM de Niamey. Les différents polluants obtenus sont repartis en Mn, Zn, As, Fe, Ni, Pd, Cr, Cu, Pb de concentrations variables dans le sol.

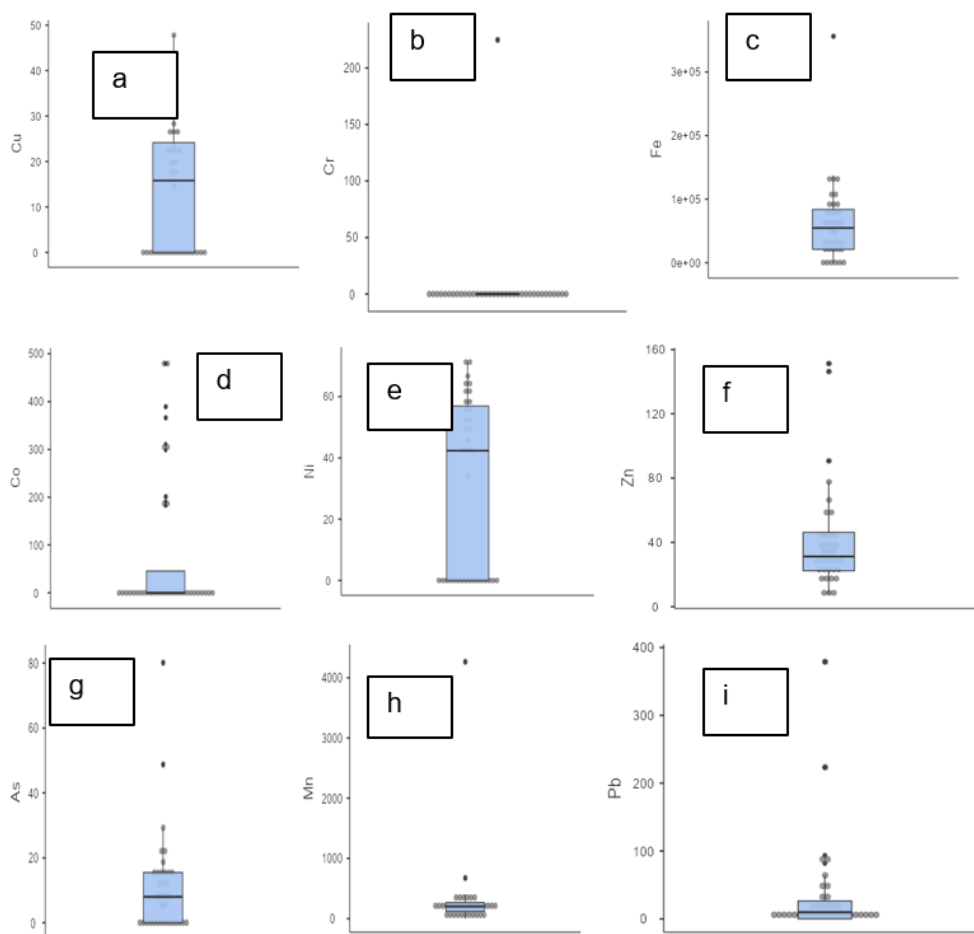


Figure 3 : Répartition globale des polluants en ppm dans le sol au CRGM : a) Cu ; b) Cr ; c) Fe ; d) Co ; e) Ni ; f) Zn ; g) As ; h) Mn ; i) Pb.

Selon la répartition des échantillons des sols prélevés au CRGM (figure 3), environ 75% des échantillons présentent des concentrations inférieures à 50 ppm en Cu en Ni, en As, en Co et en Cr. Et, plus de 75% des échantillons affichent des concentrations inférieures à 100 ppm en Pb, en Co, en Mn et seulement le Fer est représenté dans des échantillons où toutes les concentrations sont extrêmement élevées.

Répartition des métaux, contaminant les plantes de *Moringa oleifera* sur site CRGM

La figure présente les résultats des données recueillies au CRGM de Niamey. Elle met en évidence, les éléments traces métalliques tels que Mn, Zn, As, Ni, Co, Fe, Cu, Pb de concentrations variables dans la plante du *Moringa oleifera*.

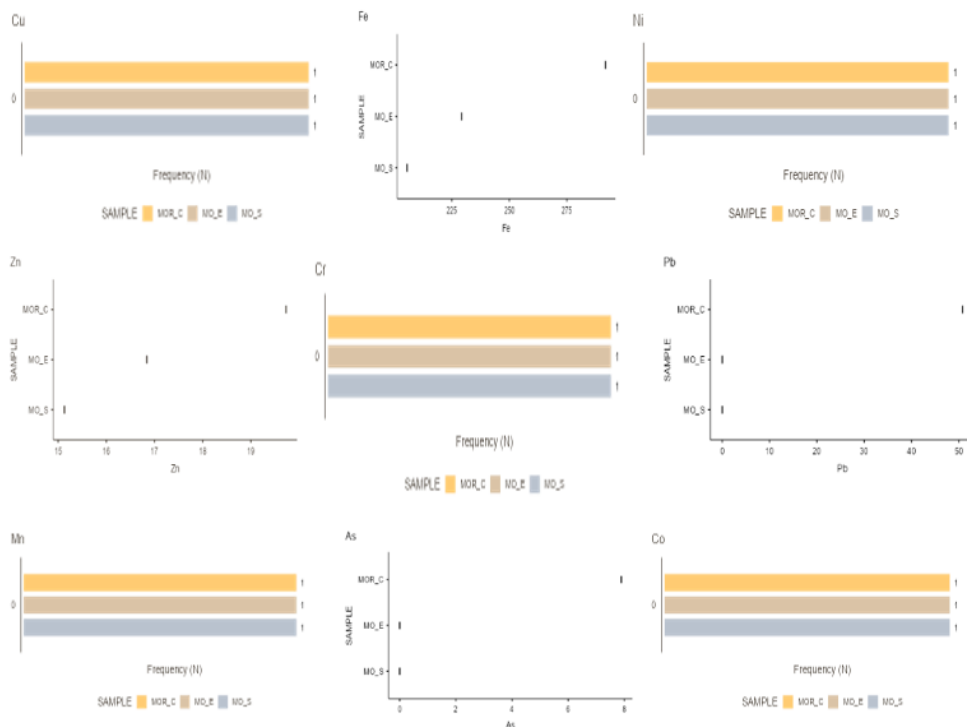


Figure 5 : Répartition globale des polluants dans le moringa au CRGM

D'après les résultats d'analyse des échantillons des plantes de *Moringa oleifera* (Figure 5), les métaux comme le Cr, Co, Mn, Cu et le Fe contaminent l'ensemble du site (présents dans les trois zones) avec de degré de contamination moyenne variable (tableau 3). Les éléments traces métalliques tels que le Zn et le Fe contaminent seulement les zones 1 et 3 (entrée et sortie) du CRGM. Les classes des métaux les plus dangereux, As et Pb sont repartis dans tout le site mais faiblement dans les zones 1 et 3 et très fortement contaminant dans la zone 2 (centre du CRGM). Cela démontre une répartition dans l'espace du site de CRGM en contaminants dans *Moringa oleifera* utilisée par certains cas dans la décontamination d'un site par son caractère d'accumulation des métaux.

Valeur de l'Index de pollution par les ETM dans les sols en fonction de zones

Dans la présente étude, l'index de pollution a été calculé pour les différentes zones de prélèvement et les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Valeur de l'Index de pollution du sol en fonction de zone et de l'horizon

Zones	IP (horizon de 0-10cm)	IP (horizon de 10-20 cm)	IP (horizon de 20 -30 cm)
Zone 1	0,52	1,92	1,12
Zone 2	1,42	2,24	1,06
Zone 3	0,59	2,15	1,06

L'observation d'une valeur d'IP supérieure à 1 au centre du CRGM (tableau 4) montre qu'un cocktail de contaminants métalliques à des concentrations moyennes élevées est présent dans les sols. En effet, au niveau des horizons de 10-20 cm et de 20-30 cm, on constate que toutes les trois zones (entrée, centre, et sortie) ont une valeur d'IP supérieure à 1. Ces zones sont toutes polluées. Dans l'horizon de 0 – 10 cm, l'IP est supérieure à 1 uniquement dans la zone 3 (à la sortie), confirmant sa pollution. L'index le plus bas (0,52) est observé au niveau de la zone 2 située au niveau de l'entrée, ce qui confirme le niveau le moins pollué du site.

Discussion

Les contaminants étudiés correspondent à tous les éléments métalliques dont la densité est supérieure à 5g/cm³. Les concentrations les plus élevées obtenues au niveau de toutes les zones échantillonnées témoignent la pollution du sol au CRGM. Les métaux en question sont le Cuivre (14.01 ppm), l'arsenic (11.17 ppm), le Cobalt (80.52 ppm) et le Plomb (32.98 ppm) qui sont présents partout sauf dans le sol témoin (T). Le Nickel montre des concentrations systématiquement plus élevées dans les témoins que dans le sol du CRGM et dans les deux plantes étudiées. Aussi, entre les deux espèces, *Ocimum basilicum* est beaucoup plus contaminée (As, Pb et Cu) que *Moringa oleifera* (en As) (Chassin et Baize, 1996).

Ces contaminants illustrent la contribution polluante des rejets provenant des activités du CRGM. Le métal de Chrome est quasiment absent dans les zones mais présents dans le sol témoin (6.24 ppm), ce qui suggère une probable influence des roches-mères d'où proviennent les sols. Les métaux de Manganèse, du Zinc, du Fer et Nickel sont présents à la fois dans les zones polluées et dans le témoin. Cela pourrait s'expliquer par la contribution des roches encaissantes (processus naturel) conjuguée aux rejets du CRGM (pollution anthropologique) comme le soulignent plusieurs auteurs (Villanneau *et al.*, 2008; Smouni *et al.*, 2015; Mod, 2020). Ces polluants trouvés dans les sols au sein du CRGM semblent liés non seulement aux

activités humaines au sein du centre mais aussi à la société ORIBA, qui entoure le centre. En effet, la présence d'une centrale électrique à côté de ce centre pourrait expliquer l'excès en Nickel au niveau de la zone témoin, vu que la pente de ruissellement est dans le même sens que la zone témoin, donc l'eau de ruissellement peut emporter avec elle quelques métaux. Aussi, la consommation de *Moringa oleifera* au sein du CRGM est synonyme d'exposition aux maladies cancérigènes (Naert, 2017), ce qui pourrait dangereusement handicaper la santé des communautés riveraines. Par contre, l'absence de contamination de *Ocimum basilicum* en Pb et en Cr témoigne la faible gravité des risques sanitaires et environnementaux, bien qu'un danger sanitaire à long terme ne puisse être exclu (Mod, 2020). Ces résultats sont similaires à ceux de (Dan-Badjo et al., 2013) qui ont également identifié ces polluants dans le sol de Gountou yena à Niamey. En plus, la zone 3 est la zone la plus polluée avec la plus grande valeur d'IP de 2,15 suivie de celle de la zone 4 avec une valeur d'IP de 2,15 et enfin celui de la zone 1 qui a une valeur IP de 1,92 (tableau 4). Cela peut s'expliquer du fait que la zone est située au centre de toutes les activités menées par le CRGM, De rejets au niveau des unités de préparation mécanique, de fusion plombeuse, et de mise en solution-petite chimie à travers la Sorbonne qui aspire l'air et le refoule contribuent à cette pollution. En somme les éléments traces métalliques sont inhérents dans l'environnement, se trouvant naturellement dans le sol, l'eau et l'air. Toutefois, l'activité humaine a considérablement augmenté leur présence et est responsable de leur accumulation dans les composantes environnementales (Desaules, 2012). Des éléments géochimiques tels que le plomb, le cadmium, l'arsenic et le nickel sont reconnus pour leur toxicité et qu'ils sont mortels (Mod, 2020).

En effet, l'ingestion ou l'inhalation du Pb peut avoir divers effets toxiques (anémie) et chroniques (atteintes du système nerveux) et perturbation des fonctions phytoplancton et du sol (Meng M. & Zhou J., 2020). L'arsenic détruit la forêt et la biodiversité ; stérilisation totale des sols et est reconnu comme cause des Cancers de poumon, problèmes respiratoires (Villanneau E. et al., 2008). Le nickel détruit la biodiversité, il contribue à la stérilisation totale des sols et est cancerigène (Zaakour F. & Chems K., 2014). Au Centre de recherches Géologique et Minière, le laboratoire de géoscience est spécialisé dans des analyses chimiques des roches, sol et eaux de toutes sortes minières, industrielles et domestiques. La présence dans le sol du CRGM de ces micropolluants en grande quantité comme le Zinc, le Fer et le Manganèse dans les premiers horizons témoigne l'émission des polluants qui finissent par tomber sur le sol. A partir de ce dernier les polluants s'acheminent dans les plantes. C'est pourquoi on enregistre une concentration de l'ordre de 57634 ppm en fer dans sol (zone 1) contre respectivement 229,24 ppm et 544.0 ppm dans *Moringa oleifera* et dans *Ocimum basilicum* et 173415 ppm en fer dans

le sol (zone2) contre 271.8 et 291.0 ppm respectivement dans *Moringa oleifera* et dans *Ocimum basilicum*. Ce transfert s'est avéré vrai dans la zone 3 avec une concentration moyenne en fer dans le sol qui s'étend à 58280 ppm contre respectivement 206.0 ppm et 535.4 ppm dans les plants de *Moringa oleifera* et *Ocimum basilicum*. De même le zinc suit cette loi de transfert qui se trouve dans le sol comme dans les deux espèces végétales. Ces résultats corroborent à ceux de Kemassi (2008). La différence obtenue des types des métaux ayant pollués les deux espèces végétales pourrait s'expliquer en admettant que le transport des éléments-traces a varié considérablement et dépend non seulement des éléments-traces mais aussi des espèces végétales. Autrement dit, tous les métaux ne présentent pas la même mobilité au sein d'une plante. C'est ainsi qu'on obtient une pollution en Plomb, Arsenic, Fer et Zinc dans chez *Ocimum basilicum* et les Manganèse, Cuivre, Cobalt, Chrome et Nickel comme polluants dans *Moringa oleifera* (Nsandji *et al.*, 2023).

Toutefois la pollution en métaux du site de CRGM ne doit pas être négligée puisque les polluants comme l'arsenic et le plomb sont retrouvés dans certains horizons, dans toutes les matrices et dans toutes les trois zones et absents dans l'échantillon du sol témoin. Ce qui explique que les métaux du plomb et du d'arsenic sont beaucoup plus retenus à la partie superficielle du sol (Horizon 0-10 cm) et sont facilement absorbés par les plantes du site. Le plomb (Pb), le cobalt (Co), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le magnésium (Mn), le fer (Fe), le zinc (Zn) et l'arsenic (As) font notamment partie des ETM le plus souvent évoqués en raison de leurs propriétés physico-chimiques. Ils sont toxiques, cancérigènes et mortels même à faible dose comme il a été mentionné par certains auteurs (Balambula *et al.*, 2018; En terme de la sécurité alimentaire et locale, la pollution du sol affecte sa fertilité et la propagation de ses polluants dans les autres composantes telles que l'air, les eaux souterraines et toutes les espèces végétales (Kemassi, 2008; Nsandji *et al.*, 2023). En effet, le chrome est Cancérogène, provoque des troubles digestifs (gastro- entérite hémorragique), insuffisance hépatocellulaire et insuffisance rénale (Zaakour F. & Chems K., 2014). En plus, le manganèse et le Zinc sont respectivement reconnus comme responsables des irritations de la peau, l'anémie, endommage le pancréas ; désordres respiratoires et provoquent des problèmes respiratoires ; dommage au foie et aux reins ; altération du matériel génétique (Zhang *et al.*, 2024).

Les émissions de tous ces polluants identifiés dans le cadre de cette étude peuvent conduire à des risques pour les populations proches, qui devraient être évalués au cas par cas. Pour les polluants comme le chrome, l'arsenic et le plomb, un suivi régulier de leur présence dans le site doit y être en raison de leur toxicité aigüe et de leur potentiel léthal même à faible dose. L'air intérieur peut aussi engendrer des risques préoccupants, particulièrement

en présence de fumeurs (Kemassi, 2008). Pour compléter l'évaluation des risques, il est donc souhaitable d'évaluer les risques d'inhalation pour les travailleurs et les populations vivant à proximité des industries, car ceux sont les personnes les plus exposées. Il serait aussi pertinent de recueillir des informations sur la spéciation de certains polluants comme le chrome, le cobalt, l'arsenic et le plomb dans l'air, les aliments et l'eau, selon une méthodologie analytique de routine pour évaluer les risques pour les voies respiratoires. Des mesures de réduction à la source et traitements des mesures peuvent être mises en place pour réduire les émissions des polluants métalliques, soit par réduction à la source soit par traitement des effluents. Ces techniques de réduction sont bien réalisables et économiquement viables grâce à des filtres, des cyclones, des électrofiltres ou des cyclones.

Conclusion

Cette étude visait à évaluer la concentration en éléments traces métalliques (ETM) dans les sols et dans les plantes au CRGM afin de mettre en lumière la contribution industrielle à la pollution de l'environnement en milieu urbain. Les résultats relèvent des variations significatives des concentrations en éléments traces métalliques des sols d'une part et d'autre part de deux espèces végétales sont très variées. Cette variation s'observe en fonction de la profondeur (horizon), de l'élément métallique, du site de prélèvement et d'une plante à l'autre. Les résultats montrent également que les valeurs maximales des concentrations des différents éléments métalliques dans les sols sont supérieures aux valeurs des métaux dans le sol au niveau du site de prélèvement. En termes de l'index de pollution, le niveau de chaque site est supérieur à 1, sauf la zone 1 à l'horizon de sol (0-10 cm) considéré. Cela indique que le site du CRGM fait l'objet d'une pollution multiple du sol et de ses plantes par les métaux. Ce sol et ses plantes doivent être traités puis qu'ils constituent une source toxicologique, des maladies cancérigènes pour la population vivant dans cette zone.

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. Balambula, G., Baghdad, B., Hadi, H. El, & Laghlimi, M. (2018). Pollution des sols à Proximité des Routes: Impact des Eléments Traces

- Métalliques (ETM) sur les Sols à Proximité de la Voie de Contournement des Villes de Rabat et Salé (Maroc). *European Journal of Scientific Research*, 150(1), 60–72. <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>
2. Barthwal, J., Nair, S., & Kakkar, P. (2008). Heavy metal accumulation in medicinal plants collected from environmentally different sites. *Biomedical and Environmental Sciences*, 21(4), 319–324. [https://doi.org/10.1016/S0895-3988\(08\)60049-5](https://doi.org/10.1016/S0895-3988(08)60049-5)
 3. Brouw, P. (2010). Theory of XRF. In *Almelo: PANalytical BV*.
 4. CHASSIN, P., BAIZE, D., CAMBIER, Ph, et Sterckeman, T. Les éléments traces métalliques et la qualité des sols. *Impact à moyen et à long terme. Etud. Gestion Sols*, 1996, vol. 3, p. 297-306.
 5. Chen F., F., Zhang, W., Mfarrej, M. F. B., Saleem, M. H., Khan, K. A., Ma, J., Raposo, A., & Han, H. (2024). Breathing in danger: Understanding the multifaceted impact of air pollution on health impacts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 280, 17. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116532>
 6. Dan-Badjo, A., Guero, Y., Lamso, N., Barage, M., Balla, A., Sterckeman, T., Evarria, G., & Feidt, C. (2013). Évaluation des niveaux de contamination en éléments traces métalliques de laitue et de chou cultivés dans la vallée de Gounti Yena à Niamey, Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 67(0), 5326. <https://doi.org/10.4314/jab.v67i0.95056>
 7. De, D., & Toulouse, D. E. (2012). 2012Tou30090.
 8. Desaulles, A. (2012). Critical evaluation of soil contamination assessment methods for trace metals. *Science of the Total Environment*, 426, 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.035>
 9. France, E. (2000). *Teneurs totales en métaux lourds dans les sols fra.*
 10. Kemassi, A. (2008). *Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de Schistocerca gregaria (Forskål , 1775).* 17(3), 165.
 11. Kim, K. W., Myung, J. H., Ahn, J. S., & Chon, H. T. (1998). Heavy metal contamination in dusts and stream sediments in the Taejon area, Korea. *Journal of Geochemical Exploration*, 64(1-3-3 pt 1), 409–419. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(98\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(98)00045-4)
 12. Lee, J. S., Chon, H. T., Kim, J. S., Kim, K. W., & Moon, H. S. (1998). Enrichment of potentially toxic elements in areas underlain by black shales and slates in Korea. *Environmental Geochemistry and Health*, 20(3), 135–147. <https://doi.org/10.1023/A:1006571223295>

13. Lv, J., & Liu, Y. (2019). An integrated approach to identify quantitative sources and hazardous areas of heavy metals in soils. *Science of the Total Environment*, 646, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.257>
14. Meng M., M., & Zhou J., J. (2020). Has air pollution emission level in the Beijing–Tianjin–Hebei region peaked? A panel data analysis. *Ecological Indicators*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106875>
15. Mod, I. D. (2020). *EXPOSITIONS AU Synthèse des données disponibles : sources, émissions, exposition et toxicité pour l ' homme*.
16. Naert, N. (2017). *Étude De La Contamination Des Sols Par Les Éléments Traces Métalliques : Influence De La Profondeur De La Contamination Sur La Croissance De Plantes Indigènes Et Évaluation De La Mobilité Du Zinc*.
17. Nsandji, R. N., Mwamba, A. K., Kyela, C. M., Zabo, I. A., Ekwakwa, A. B., & Mukendi, C. M. (2023). *Ruffin Ngadi NSANDJI et al.* 22(2), 142–157. <http://www.afriquescience.net>
18. Oyedotun, T. D. T. (2018). X-ray fluorescence (XRF) in the investigation of the composition of earth materials: a review and an overview. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(2), 148–154. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452459>
19. Rodríguez-Deza J., J., Castrejon-Valdez, M., García-Ticllacuri, R., Arias-Huanuco, J., Guzman-Ibañez, C., & Yaulilahua-Huacho, R. (2022). Residuos sólidos y su incidencia en la contaminación ambiental. In *Residuos sólidos y su incidencia en la contaminación ambiental*. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.067>
20. Rousseau, R. M. (2001). *Detection Limit and Estimate of Uncertainty of Analytical Xrf Resul.* 18(2), 33–47.
21. Shackley, M. S. (2012). Portable X-ray fluorescence spectrometry (pXRF): the good, the bad, and the ugly. *Archaeology Southwest Magazine*, 26(2), http://www.archaeologysouthwest.org/pdf/pXRF_essay.
22. Smouni, A., Ater, M., Auguy, F., Laplaze, L., Mzibri, M. El, Berhada, F., Filali-maltouf, A., Smouni, A., Ater, M., Auguy, F., Laplaze, L., Mzibri, M. El, Ater, M., Auguy, F., & Laplaze, L. (2015). métalliques dans une zone minière du Maroc oriental To cite this version : *Cahiers Agricultures, EDP Sciences*, 19(4), 273–279.
23. To, D., & Id, H. A. L. (2014). *La Connaissance Des Elements Traces Metalliques : Un Defi Pour La Gestion De L Environnement. 2014*.
24. Villanneau E., E., Saby, N., Jolivet, C., Marot, F., & Maton, D. (2008). Détection de valeurs anormales d ' éléments traces métalliques dans les sols à l ' aide du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols. *Etude et*

Gestion Des Sols, 15(March 2015), 183–202.

25. Willis, J. P., Feather, C. E., & Turner, K. (2014). Guidelines for XRF analysis. *Book*.
26. Zaakour F., M. F., & Chemsî K., K. M. Z. (2014). Concentrations En Elements Traces Metalliques Dans Les Sols Irrigues Par Les Eaux Usees Dans L'Ouest Merzoug (Casablanca- Maroc). *European Scientific Journal*, 10(29), 121–138.
27. Zakaria Ibrahim, O., Tankari Dan-Badjo, A., Guero, Y., Maissoro Malam Idi, F., Feidt, C., Sterckeman, T., & Echevarria, G. (2019). Spatial distribution of metallic trace elements in soils of Komabangou gold zone in Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1), 557–573. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.43>
28. Zhang, J., Yang, T., Wang, N., Luo, X., Li, H., & Liao, Y. (2024). Health risk assessment of heavy metals in wild fish and seasonal variation and source identification of heavy metals in sediments: a case study of typical urban river in Xi'an, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(6). <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31693-0>
29. Zheng Z., Z., Clech, P. Le, Khan, S., Shi, B., Deletic, A., Fletcher, T., Hancock, M., & Zhang, K. (2023). *Removal of heavy metals and organic chemicals in nature-based systems : a comprehensive review Élimination des métaux lourds et des produits chimiques organiques dans les systèmes basés sur la nature : un examen complet Data collection*. 1–4.

**Facteurs pronostiques de l'accouchement du siège à la
Maternité du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus
Olympio de Lomé, Togo, du 1er avril 2022 au 31 mars 2023**

Baguilane Douaguibe

Pankéyédou Tongou

Gynécologue-obstétricien, Service de gynécologie-obstétrique du CHU
Sylvanus Olympio, Université de Lomé, Togo

Dédé R. Ajavon

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Université de Kara, Togo

Ayoko Ketevi

Romario Mawougbe

Gynécologue-obstétricien, Service de gynécologie-obstétrique du CHU
Sylvanus Olympio, Université de Lomé, Togo

Abdoul-Samadou Aboubakari

Gynécologue-obstétricien,
Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p132](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p132)

Submitted: 23 December 2024

Accepted: 06 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Douaguibe B., Tongou P., Ajavon D.R., Ketevi A., Mawougbe R. & Aboubakari A.S. (2025). *Facteurs pronostiques de l'accouchement du siège à la Maternité du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé, Togo, du 1er avril 2022 au 31 mars 2023*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 132. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p132>

Résumé

Introduction : L'accouchement du siège est responsable d'une morbidité périnatale importante. L'objectif de ce travail était de décrire les facteurs pronostiques de l'accouchement du siège au CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Togo. **Méthode :** Il s'est agi d'une étude transversale descriptive et analytique à collecte rétrospective de données allant de la période du 1er Avril 2022 au 31 Mars 2023 portant sur 522 dossiers d'accouchement du siège. La saisie et analyse des données ont été faites grâce au Microsoft 2019 et logiciel SPSS 12.1. **Resultats :** La prévalence des accouchements du siège était de 4,6%. La césarienne a été faite dans 77% (N=402). La parité < 3 (p = 0,00), la présence d'une cicatrice utérine (p =

0,00), la rupture de la poche des eaux ($p = 0,00$), et le poids néonatal $> 3500g$ ($p = 0,00$) étaient des facteurs de risque de césarienne. L'accouchement par voie basse ($p < 0,01$), le siège décomplété ($p < 0,025$) et l'accoucheur par un résident ou une sage-femme ($p < 0,01$) étaient des facteurs de mauvais pronostic responsable d'un APGAR à la 5^e minute < 7 . Le taux de mortalité périnatale était de 4,6 % ($N = 24$) et était significativement lié à l'accouchement par voie basse ($p < 0,01$) et par un résident de gynécologie obstétrique ou une sage-femme ($p < 0,01$). **Conclusion :** L'accouchement de siège est fréquent au CHUSO. La faible parité, la cicatrice utérine et le poids foetal constituent les facteurs de risque de césarienne. L'expérience de l'accoucheur et la voie basse constituent les facteurs de mauvais pronostic foetal. L'identification de ces facteurs de risque et pronostiques de l'accouchement du siège au cours des CPN permettra de réduire sa morbidité périnatale.

Mots-clés: Accouchement du siège, facteurs pronostiques, Lomé

Prognostic Factors for Breech Delivery at the Maternity of the University Hospital Center in Lome, from April 1, 2022 to March 30, 2023

Baguilane Douaguibe

Pankéyédou Tongou

Gynécologue-obstétricien, Service de gynécologie-obstétrique du CHU
Sylvanus Olympio, Université de Lomé, Togo

Dédé R. Ajavon

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Université de Kara, Togo

Ayoko Ketevi

Romario Mawougbe

Gynécologue-obstétricien, Service de gynécologie-obstétrique du CHU
Sylvanus Olympio, Université de Lomé, Togo

Abdoul-Samadou Aboubakari

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

Abstract

Introduction: Breech delivery is responsible for significant perinatal morbidity and mortality. The objective of this work was to describe the prognostic factors of breech delivery at Sylvanus Olympio University Hospital in Lomé, Togo. **Methods:** This was a descriptive and analytical cross-

sectional study with retrospective data collection spanning the period from April 1, 2022, to March 31, 2023, on 522 breech birth records. Data entry and analysis using Microsoft 2019 and SPSS 12.1 software. **Results:** The prevalence of breech deliveries was 4.6%. Caesarean section was performed in 77% (N=402). Parity < 3 ($p = 0.00$), the presence of a uterine scar ($p = 0.00$), rupture of the water ($p = 0.00$), and neonatal weight > 3500g ($p = 0.00$) were risk factors for caesarean section. Vaginal delivery ($p < 0.01$), incomplete breech ($p < 0.025$) and midwife birth by a resident or midwife ($p < 0.01$) were poor prognostic factors responsible for APGAR at the 5th minute < 7. The perinatal mortality rate was 4.6% (N=24) and was significantly related to vaginal delivery ($p < 0.01$) and by a gynecology, obstetrics, or midwife resident ($p < 0.01$). **Conclusion:** Breech delivery is common at CHUSO. Low parity, uterine scar and fetal weight are risk factors for cesarean section. The experience of the birth attendant and the vaginal route constitute the factors of poor fetal prognosis. The identification of these risk and prognostic factors for breech delivery during ANC will make it possible to reduce perinatal morbidity and mortality.

Keywords: Breech delivery, prognostic factors, Lomé

Introduction

L'accouchement du siège est l'ensemble des phénomènes qui ont pour conséquence la sortie du fœtus par son pôle podalique et de ses annexes hors des voies génitales maternelles, à partir du moment où la grossesse a atteint le terme théorique de 22 SA ou 500g (Merger R et al,2001, Lansac J et al 2017). C'est la deuxième présentation foetale la plus fréquente, après celle de la tête (Broche D et al 2008). Il est responsable d'une importante morbidimortalité néonatale lorsque l'accoucheur ne maîtrise pas les manœuvres d'accouchement.

L'incidence de l'accouchement du siège est de 5 % en France (Dubois J et al 1990) et varie de 1,5 à 5,4 % dans le monde (Sentilhes L et al 2020). C'est une urgence obstétricale du fait du pronostic périnatal qui est souvent réservé se situant entre 0,8 et 1,7 ‰ pour la voie basse et entre 0 et 0,8 ‰ pour les césariennes planifiées (Kotaska A et al 2019). Dans l'essai prospectif randomisé d'Hannah et al publié en 2000 il retrouvait une réduction significative de la morbidité et mortalité périnatale dans le groupe de césarienne programmée par rapport au groupe d'accouchement par voie basse (1,6 % vs 5,0 %). Ce constat a même conduit ces auteurs à recommander la réalisation systématique d'une césarienne prophylactique pour les présentations du siège (Hannah M E et al 2000). Quant aux recommandations du Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français (CNGOF), des critères d'acceptabilité de la voie basse ont été définis (Mattuizzi 2020).

Ainsi, le mode d'accouchement du siège ne fait plus l'unanimité entre les différentes équipes ou écoles. La voie d'accouchement est un enjeu qui se rencontre souvent à la maternité du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé (CHU SO) au Togo qui présente une fréquence régulière des accouchements du siège. Les parturientes étant souvent référées et dont le pronostic d'accouchement est réservé. Ce constat nous a amené à réaliser ce travail qui a pour objectif général : identifier les facteurs pronostiques des accouchements du siège à la maternité de la clinique de gynécologie - obstétrique du CHU SO. Et spécifiquement :

- Déterminer la prévalence des accouchements du siège
- Identifier les facteurs liés à la césarienne dans l'accouchement du siège
- Déterminer le lien entre le score d'Apgar et la voie d'accouchement et la qualification de l'accoucheur
- Déterminer s'il y'a une relation qui lie la mortalité périnatale à la voie d'accouchement et la qualification de l'accoucheur

Cadre et Methodes

Il s'est agi d'une étude transversale descriptive et analytique avec collecte rétrospective des données allant du 1^{er} Avril 2022 au 31 Mars 2023 à la maternité de la clinique de Gynécologie-Obstétrique du CHU SO.

La population d'étude était constituée par les dossiers des accouchements au cours de la période de l'étude, à la maternité de la clinique de Gynécologie-Obstétrique du CHU SO qui est un centre de référence délivrant des SONU-C.

La collecte a été exhaustive et l'échantillon était de 522 dossiers des accouchées par siège couvrant ainsi la période d'étude de 1 an.

Etaient inclus tous les dossiers des accouchements du siège à un âge gestationnel supérieur ou égal à 28SA compte tenu de notre plateaux technique. N'étaient pas inclus les dossiers d'accouchements de siège avec fœtus décédé avant l'admission ou accouchements après version par manœuvre interne ou tout autres manœuvres obstétricales et les dossiers des accouchées par siège avant admission. Etaient exclus les dossiers des accouchements incomplets et ou invisibles. La collecte des données était faite à partir d'une fiche d'enquête prétestée. Les variables étudiées étaient sociodémographiques (âge, gestité, parité) ; cliniques (terme de grossesse, travail d'accouchement, état de la poche des eaux) ; paracliniques (échographie obstétricale, pelviscanner) ; thérapeutiques (voie d'accouchement) et pronostiques (complications, décès).

La saisie et l'analyse des données ont été faites grâce aux logiciels Microsoft 2019 et SPSS 12.1. Le test de Khi2 a été utilisé pour la comparaison des proportions avec un seuil de significativité de $p < 0,05$. Une autorisation du Directeur de l'Hôpital a été obtenue avant le début de la collecte des données.

Resultats

Aspects épidémiologiques :

Prévalence

Sur un nombre total de 11280 accouchements enregistrés, 522 étaient des accouchements de siège soit une prévalence de 4,6%

Caractéristiques socio-démographiques

Les caractéristiques socio-démographiques sont représentées dans le tableau 1.

L'âge moyen des patientes était de $29,1 \pm 4,8$ ans, avec des extrêmes de 16 et 45 ans.

La parité moyenne était de $1,5 \pm 1,1$ accouchement avec des extrêmes de 1 et 8 accouchement (s). Les primipares étaient plus représentées (57,9 % N=302) suivies des paucipares (31 % N= 161). La multiparité et grande multiparité représentaient 11,1 % N= 57.

L'antécédent de cicatrice utérine représentait 6 % (N= 31) dont 5,4 % (N= 28) de césarienne.

Tableau 1 : répartition des patientes selon l'âge, la parité et les antécédents au CHU SO de 2022 à 2023

	Effectif	Pourcentage (%)
Age (ans)		
[14-20[	33	06,3
[20-24[	95	18,2
[24-30[	137	26,2
[30-34[	142	27,2
[34-40[	99	19,0
[40-45[	16	03,1
Parité		
Inférieur à 3	464	88,9
Sup à 3	58	11,1
Antécédents		
Présence de cicatrice utérine	31	06,0
césarienne	28	05,4
myomectomie	03	00,6
Absence de cicatrice	491	94,0
obésité	03	00,6
Diabète	03	00,6
Hypertension artérielle	02	00,4

Aspects cliniques et paracliniques :

Les aspects cliniques et paracliniques des patientes sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

L'âge gestationnel moyen de nos patientes était de $36,6 \pm 3,5$ SA avec des extrêmes de 28 et 42 SA dont 75,7 % (N=522) de grossesse unique et 121

grossesses gémellaires. Le diagnostic du travail d'accouchement était fait chez 61,7 %. La poche des eaux était rompue dans 29,1 %.

Tableau 2 : répartition des patientes selon les données d'examen clinique

	Effectif	Pourcentage (%)
Terme (SA)		
[28-32[	76	14,6
[32-36[	132	25,3
[36-42[	314	60,2
Travail d'accouchement		
oui	205	39,3
non	317	60,7
Poche des eaux		
Non rompue	369	70,7
Rompue	153	29,3
Bassin		
Normal	276	52,9
limite	30	05,7
rétréci	08	01,5
Non apprécié*	208	39,8

* bassin non apprécié au cours des suivis de la grossesse

- Echographie obstétricale :

Elle a été faite chez toutes les patientes. La recherche de la déflexion de la tête fœtale dans 7,3 %.

- Pelviscanner :

Il était effectué chez 13,9 % des patientes.

Tableau 3 : répartition des patientes selon l'échographie obstétricale et le pelviscanner

	Effectif	Pourcentage (%)
Echographie obstétricale		
<i>Type de siège</i>		
décompleté	315	59,1
Complet	218	40,9
<i>Estimation du poids fœtal (g)</i>		
[900-2500]	190	35,6
[2500-3500]	265	49,7
[3500-4500]	78	14,6
<i>Déflexion primitive de la tête fœtale</i>		
oui	02	0,4
non	37	6,9
Non évaluée	494	92,7
Pelviscanner		
Non fait	449	86
fait	73	14
Indice de Magnin		
[18-20]	43	58,9
[20-23]	22	30,1
[23-26]	08	11,0

Aspects thérapeutiques :

Plus de 3/4 de nos patientes (77 % N= 402) ont accouché par césarienne et 23 % N= 120 par voie basse.

Les médecins en spécialisation étaient les plus représentés dans 53,8 % (N= 281) des cas, ensuite les obstétriciens et les sages-femmes représentaient respectivement dans 27 % (N= 141) et 19,2 % (N= 100).

Aspects pronostiques :

Le score d'Apgar a été évalué chez 533 nouveau- nés,et était inférieur à 7 à la 5^{ème} minute chez 19,3%.

L'hypotrophie et la prématurité représentaient 36,2 %. N=189 ?

Les complications néonatales étaient représentées par l'asphyxie néonatale dans 23,9 %, et la paralysie du plexus brachial dans 0,6 %.

Nous avons enregistré 24 décès périnataux (4,6%) dont 13 mort-nés (2,4%).

La complication maternelle la plus retrouvée était la déchirure de la filière génitale dans 1,8%. Les autres complications étaient représentées par 6 cas endométrite du post-partum, 2 cas d'hémorragie du post-partum immédiat et un cas de rupture utérine. Aucun cas de décès maternel n'a été enregistré.

Facteurs pronostiques :

La pauciparité (la parité < 3 (p = 0,00), la présence d'une cicatrice utérine (p = 0,00), la rupture de la poche des eaux (p = 0,00), et le poids néonatal > 3500g (p = 0,00) sont des facteurs de risque de césarienne.

Par contre l'âge (p = 0,44),et le type de siège (p = 0,10) n'étaient pas de facteurs de risque ,de césarienne.

L'accouchement par voie basse (p < 0,01), le siège décomplété (p < 0,025) d'une part et d'autre part, l'accoucheur médecin en spécialisation et sage-femme (p < 0,01) étaient des facteurs de mauvais pronostique responsables d'un APGAR à la 5^e minute < 7 .

Tableau 4 : APGAR/ voie d'accouchement, type de siège, accoucheur

	APGAR 5 ^e min		Khi2	P
	< 7	≥ 7		
Voie d'accouchement			53,86	<0,01
Voie basse	48	72		
Césarienne	44	358		
Type de siège			5,82	<0,025
Complet	48	170		
Décomplété	44	271		
Accoucheur			35,35	<0,01
Résident	44	215		
Obstétricien	8	136		
Sage-femme	40	79		

L'accouchement par voie basse ($p < 0,01$) et l'accoucheur par un résident ou sage-femme ($p < 0,01$) étaient des facteurs de mauvais pronostique liés aux décès périnataux.

Tableau 5 : Décès périnatal/voie d'accouchement et accoucheur

	Décès périnatal		Chi2	p
	Non	Oui		
Voie d'accouchement			17,77	<0,01
Voie basse	247	141		
Césarienne	14	0		
Accoucheur			17,26	<0,01
Résident	247	14		
Obstétricien	141	0		
Sage-femme	110	10		

Discussion

La proportion des accouchements du siège dans notre étude (4,6 %) est supérieure à celles rapportées au Congo (3,7 %) et en RDC (2,5 %) (Katenga B et al 2013. Mukuku O et al 2014), . Par contre, elle est inférieure à celle rapportée en Amérique (4,9 %) (Namara M et al 2012). Cette différence pourrait s'expliquer par nos critères d'inclusion qui prennent en compte les accouchements du siège à partir de 28 SA . Cette étude est réalisée dans la plus grande maternité de niveau 3 du pays où tous les cas d'accouchements dystociques sont référés.

Les facteurs de risques de césariennes identifiés (la parité < 3 , la présence d'une cicatrice utérine, la rupture de la poche des eaux, le poids néonatal $> 3500g$) dans cette étude sont cités dans la littérature. Le CNGOF en 2019 dans ses recommandations estiment un poids fœtal $> 3800g$ est une contre-indication à la voie basse (Azria et al en 2020).

En effet pour paucipares surtout les primipares qui n'avaient pas fait la preuve de leur bassin et souvent référées en urgence et dans une maternité sans équipement de surveillance de travail d'accouchement, la césarienne était la voie sans risque d'accouchement . Il en était de même pour parturiente ayant une cicatrice utérine. En plus pour la limite du poids fœtal à 3500 g, nous l'expliquons par la faible réalisation du pelviscanner dans le pronostic d'accouchement au CHU SO, comme l'a rapporté (Adjénou K et al en 2011) dans le même centre. Il existe également une faible évaluation de la flexion de la tête fœtale en intrapartum, du fait de l'indisponibilité de l'échographe dans les salles de travail.

Tout cela justifie la fréquence de 77% de césarienne et les liens significatif entre ces facteurs et la césarienne.

L'accouchement du siège est considéré comme une épreuve du bassin, ce qui fait que l'existence d'une cicatrice utérine est vue comme contre-indication Dans la rupture précoce de la poche des eaux retrouvée les

parturiente avaient un travail prolongé ceci justifiait une voie haute pour le bon pronostic foetal.

L'Apgar du nouveau-né à la 5^e min < 7 dans 23% était significativement lié à l'accouchement par voie basse et accoucheur moins qualifié.

Pour le lien avec la voie d'accouchement, (Bassey G et al en 2015) au Nigéria ont rapporté le lien avec l'accouchement par voie basse avec un $p = 0,000$. De même, (Ekéus et al en Suède en 2017) et (Högberg et al en Tanzanie en 2016) ont rapporté des résultats similaires (risque 13,3 et 6,5 fois plus élevée pour le score d'Apgar < 7 à 5 min en cas d'accouchement voie basse par rapport à la césarienne). En effet l'insuffisance de maîtrise des manœuvres d'accouchement par les accoucheurs et la mécanique obstétricale même de l'accouchement de siège expliqueraient cela.

Il avait un lien significatif entre les accoucheurs résident et les sages-femmes et ce faible Apgar du fait du manque d'expérience et d'apprentissage. La simulation est le moyen précieux et accepté pour l'apprentissage des étudiants (Satin et al 2018).

Les facteurs de mauvais pronostic liés aux décès périnataux étaient l'accouchement par la voie basse et un résident. Déduisant des explications sus données expliquant le mauvais score d'Apgar, le risque de complications surtout d'hémorragie intracrânien et d'acidose était plus élevé chez les nouveau-nés en cas de voie basse et surtout si l'accoucheur maîtrise peu les manœuvres. (Ekéus C et al 2017) ont rapporté le risque 6,7 fois plus élevée pour l'hémorragie intracrânienne pour la voie basse que ceux accouchés par césarienne. (Robin A et al 2022) ont rapporté des nouveau-nés en acidose modérée lorsqu'une tentative de voie basse était réalisée ($p < 0,001$)

Cette étude présente des limites des études à collecte rétrospective il y a des biais de sélection et l'absence de certaines données, dossiers incomplets

Mais elle a été simple de réalisation car sans frais important et surtout très rapidement sur un an nous avons pu avoir un échantillon assez significatif.

Conclusion

L'accouchement de siège est fréquent au CHUSO. La faible parité, la cicatrice utérine et le poids foetal constituent les facteurs de risque de césarienne. De même l'expérience de l'accoucheur et la voie basse sont des facteurs pronostiques. L'identification de ces facteurs pronostiques de l'accouchement du siège au cours des CPN permettra de réduire sa morbidimortalité périnatale.

Cette réduction doit passer par l'apprentissage des manœuvres d'accouchement en simulation, la réalisation du pelviscanner et la recherche de la déflexion de la tête fœtale en salle de travail d'accouchement.

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.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de la Faculté des Sciences de la Santé de l'Université de Lomé-Togo, et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été suivis.

References:

1. Adjenou K, Amadou A, Sonhayé L, Adambounou K, Agoda K, Tchaou M. Contribution de la scanopelvimétrie dans le pronostic d'accouchement. AJOL.2011 : 13 (1).p56
2. Azria É. Présentation du siège. Recommandations pour la pratique clinique du CNGOF : Critères de sélection des femmes éligibles à une tentative d'accouchement par voie basse. Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie. 2020; 48 (1) :120-31.
3. Bassey G, Nyengidiki TK et Okpani J. Revisiting the mode of delivery and outcome of singleton breech delivery in a tertiary health facility in Nigeria. AJOL. 2015 : 32 (2).p89
4. Broche D, Maillet R, Curie V, Ramanah R, Schaal J, Riethmuller D. Accouchement en présentation du siège. Encyclopedie médico chirurgicale. Masson. 2008 ; 5-049-L-40.
5. Dubois J, Grall YJ. Histoire contemporaine de l'accouchement par le siège. Revue Française de Gynécologie et Obstétrique 1990 ; 855 :336-341.
6. Ekéus C, Norman M, Åberg K, Winberg S, Stolt K, et Aronsson A. Vaginal breech delivery at term and neonatal morbidity and mortality a population-based cohort study in Sweden. The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine. 2017 ; 32(2) : 265-270.
7. Hannah M E, Hannah W J, Hewson S A, Hodnett E D, Saigal S. Accouchement par présentation du siège par voie vaginale : la fin d'une époque. Lancet.2000; 356 : 1357-83.
8. Högberg U, Claeson C, Krebs L, Skoog A, Svanberg and Kidanto H. Breech delivery at a University Hospital in Tanzania. BMC Pregnancy and Childbirth. 2016 ; 16 : p342
9. Katenga B, Maindo A, Labama O, Likilo O. Prévalence et pronostic materno-fœtal des accouchements par présentation du siège dans la

- ville de Kisangani (RD Congo). Rev méd Gd Lacs. 2013 ; 2(4) : 403-415
10. Kotaska A, Menticoglou S. Prise en charge de la présentation du siège du fœtus à terme. Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada. 2019; 41(8) : 1206-20.
 11. Lansac J, Descamps P, Goffinet F. Présentation du siège. Pratique de l'accouchement ; Paris : Masson, 6e édition. 2017 ; P123-139.
 12. Mac Namara J, Odibo A, Macones G and Cahill A. The effect of breech presentation on the accuracy of estimated fetal weight, Am J Perinatol. 2012 ; 29 : 353-360.
 13. Mattuizzi. Présentation du siège épidémiologie, facteurs de risque et complications. Recommandations pour la pratique clinique. Paris ; 2020 ; 48(1) : 70-80.
 14. Merger R, J Levy, J Melchior. Présentation du siège. Précis d'obstétrique 6e édition ; Masson Paris 2001, 185-195.
 15. Mukuku O, Kimbala J, Kinenkinda X, Kizonde J. Accouchement du siège par voie basse : étude de la morbi-mortalité maternelle et néonatale. Pan Afr Med J. 2014;17.
 16. Robin A, Eyraud J L, Catalan C, Aubard Y, Coste M. Impact d'un protocole de service sur la pratique de l'accouchement voie basse des présentations du siège à terme. Gynécol Obst Fertilité & Sénologie. 2022; 50 (1) : 45-52
 17. Satin, Andrew J. MD. Simulation in Obstetrics. Obstetrics & Gynecology. 2018 ; 132(1) : 199-209.
 18. Sentilhes L, Schmitz T, Azria E, Gallot D, Ducarme G, Korb D, et al. Présentation du siège. Recommandations pour la pratique clinique du CNGOF. Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie. 2020 ; 48 (1) : 63-9.

Pauvreté des ménages et recours thérapeutiques en cas d'Infections Respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire

Diarrassouba Ibrahima

ONG IDEAL INTER, Siège, Korhogo, Côte d'Ivoire

Kone Hamidou

Enseignant chercheur à l'Institut de Formation et de Recherche
Démographiques (IFORD), Yaoundé, Cameroun

Libite Paul Roger

Enseignant associé à l'Institut de Formation et de Recherche
Démographiques (IFORD), Yaoundé, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p143](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p143)

Submitted: 03 September 2024

Accepted: 12 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Diarrassouba I., Kone H. & Libite P.R. (2025). *Pauvreté des ménages et recours thérapeutiques en cas d'Infections Respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 143.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p143>

Résumé

La santé des populations, singulièrement celle des enfants de moins de cinq ans, a fait l'objet de plusieurs recherches et constitue l'une des préoccupations majeures des gouvernements ces dernières années. En dépit des efforts déployés pour améliorer la santé des populations, les difficultés d'accès aux soins y sont réelles, et les coûts directs qu'implique le recours aux soins sont une des barrières les plus importantes. Les barrières financières continuent d'influencer le recours aux soins de santé des populations à revenu faible ou moyen. Notre question de recherche est la suivante : **Comment la pauvreté influence-t-elle les recours thérapeutiques en cas d'infections respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire?** Cette étude, basée sur les données de l'enquête MICS5-2016 se propose de contribuer à une meilleure connaissance de l'influence de la pauvreté sur les recours thérapeutiques en cas d'infections respiratoires (IR) chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Pour y arriver, nous avons fait recours à la méthode à l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM).

De cette analyse, il ressort que dans l'ensemble le niveau de vie des ménages est significativement associé au seuil de 1% aux types de recours en cas d'IR à l'intention des enfants de moins de cinq ans. La relation entre la variable dépendante et la variable indépendante principale est encore significative au seuil de 1% sous le contrôle des autres variables explicatives sauf pour les variables situation matrimoniale (modalité « Jamais mariés »), parité de la mère/gardienne (modalité « 2-4 enfants ») et la variable niveau d'instruction de la mère/gardienne (modalité « secondaire ou plus »). S'agissant de l'analyse explicative, nous avons fait recours à une régression logistique multinomiale pour mettre en évidence les effets du niveau de vie sur les recours aux soins en cas d'IR à l'intention des enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Il ressort des analyses que le niveau de vie influence au seuil de signification statistique de 1%, les recours thérapeutiques en cas d'infections respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Il en est de même pour le choix de l'automédication plutôt que le secteur public. Les résultats suggèrent un effort de réduction des obstacles financiers grâce à des mesures telles que la réduction voire l'exemption pour les soins respiratoires pour les tout-petits (moins de cinq ans). Aussi, une sensibilisation et une éducation sur les soins de santé infantile, y compris la reconnaissance des signes de maladie grave d'infections respiratoires, sont nécessaires pour encourager les familles à rechercher des soins appropriés pour leurs enfants.

Mots-clés: Pauvreté, infections respiratoires, recours thérapeutiques, enfant, Côte d'Ivoire

Household poverty and therapeutic remedies in cases of Respiratory Infections among children under five years of age in Côte d'Ivoire

Diarrassouba Ibrahima

ONG IDEAL INTER, Siège, Korhogo, Côte d'Ivoire

Kone Hamidou

Enseignant chercheur à l'Institut de Formation et de Recherche
Démographiques (IFORD), Yaoundé, Cameroun

Libite Paul Roger

Enseignant associé à l'Institut de Formation et de Recherche
Démographiques (IFORD), Yaoundé, Cameroun

Abstract

The health of populations, particularly that of children under the age of five, has been the subject of much research and has been one of the major concerns of governments in recent years. Despite the efforts made to improve people's health, there are real difficulties in accessing care, and the direct costs involved in seeking care are one of the biggest barriers. Financial barriers continue to influence the use of healthcare by low- and middle-income populations. Our research question is as follows: How does poverty influence the use of treatment for respiratory infections in children under five in Côte d'Ivoire? This study, based on data from the MICS5-2016 survey, aims to contribute to a better understanding of the influence of poverty on the use of treatment for respiratory infections (RIs) in children under five in Côte d'Ivoire. To achieve this, we carried out a descriptive analysis (bi-variate and multivariate) using the Chi2 test and the AFCM. This analysis showed that, overall, household standard of living was significantly associated at the 1% threshold with the types of recourse in the event of RI for children under five. The relationship between the dependent variable and the main independent variable is still significant at the 1% threshold when the other explanatory variables are controlled for, except for the variables marital status (modality 'never married'), mother's level of education (secondary or higher), parity of mother/caregiver (modality '2-4 children') and the variable mother/caregiver's level of education (modality 'secondary or higher'). Regarding the explanatory analysis, we have used multinomial logistic regression to highlight the effects of poverty on the use of RI care for children under five in Côte d'Ivoire. The analyses show that, at the 1% threshold, poverty influences the use of treatment for respiratory infections in children under five in Côte d'Ivoire. The same is true for the choice of self-medication rather than the public sector. The

results suggest that efforts should be made to reduce financial barriers through measures such as universal health coverage and the promotion of health education. Also, awareness-raising and education on child healthcare, including recognition of the signs of serious illness and respiratory infections, are needed to encourage families to seek appropriate care for their children.

Keywords: Poverty, respiratory infections, therapeutic remedies, child, Côte d'Ivoire

Introduction

Les infections respiratoires continuent de figurer parmi les principales causes de morbidité chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Dans les pays à revenu faible et moyen, notamment ceux de l'Afrique subsaharienne, la pauvreté ambiante a un impact considérable sur la prise en charge médicale des maladies chez enfants. Dans les ménages démunis, les enfants n'ont pas la chance de jouir des soins modernes et convenables. En effet, les services de santé modernes sont souvent chers. Cette situation ne permet pas aux familles modestes d'y accéder.

Les IRA, qu'elles soient hautes ou basses, constituent l'une des principales causes de morbidité dans le monde. En outre, LEITH GREENSLADE (2019), Coordinatrice de l'ONG Every Breath Counts a souligné pour sa part, que « Pendant des décennies, la principale cause de décès d'enfants a été une maladie négligée et les enfants les plus vulnérables du monde en ont payé le prix. Il est temps que les gouvernements, les agences de l'ONU et les agences multilatérales, les entreprises et les ONG unissent leurs forces pour combattre la pneumonie et protéger ces enfants ». À l'occasion de la Journée mondiale de la pneumonie le 12 novembre 2020, ¹l'UNICEF appelle tout le monde à « amplifier les efforts pour apporter la vie à ceux qui luttent pour respirer² ». En effet, un enfant meurt d'une pneumonie toutes les 39 secondes, avertissent l'UNICEF et ses partenaires.

En Côte d'Ivoire particulièrement, selon les rapports MICS 2016, 1,3% des enfants enquêtés ont présenté des symptômes d'infection respiratoires aiguës au cours des dernières semaines ayant précédé le passage des agents enquêteurs dans les ménages. Le pourcentage d'enfants de moins de 5 ans ayant présenté des symptômes d'IRA au cours des deux dernières semaines pour qui des conseils ou des traitements ont été recherchés auprès de structures ou de prestataires de soins de santé est estimé à 44 %. Cette valeur est de 67% en 2021 selon le rapport de l'EDS réalisée en 2021. Ces proportions sont loin d'être satisfaisantes dans la mesure où les infections respiratoires aiguës

¹<https://reliefweb.int/report/world/un-enfant-meurt-dune-pneumonie-toutes-les-39-secondes-avertissent-lunicef-et-ses>

² <https://news.un.org/fr/story/2020/11/1082132>

constituent l'une des causes principales de morbidité et de mortalité chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Toujours selon la MICS5-2016, sur l'ensemble des enfants enquêtés, 14,7% ont présentés les symptômes d'infections respiratoires et 66,5% d'entre eux ont été conduits vers un secteur pour recevoir les soins ou rechercher des conseils.

Objectifs de recherche

L'objectif général de cette recherche est de contribuer à une meilleure connaissance de l'influence de la pauvreté sur les recours thérapeutiques en cas d'infections respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Spécifiquement il s'agit de :

- décrire les variations différentielles des recours thérapeutiques en cas d'IR par niveau de vie des ménages selon les caractéristiques sociodémographiques et socioculturelles individuelles du chef de ménage et de la mère ainsi que celles relatives à l'enfant.
- dresser le profil des enfants atteints d'IR par recours thérapeutiques selon le niveau de vie des ménages
- évaluer l'effet du niveau de vie des ménages sur les recours thérapeutiques en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire.
- déterminer le mécanisme d'action par lequel le niveau de vie des ménages influence le recours thérapeutique en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire.

Données, Variables et Methodes d'analyse

Données De Recherche

Dans cette étude, nous avons recours à l'enquête MICS-5 réalisée en Côte d'Ivoire de 2016. L'objectif général de cette enquête était de fournir des informations récentes en vue de l'évaluation de la situation des enfants et des femmes en Côte d'Ivoire permettant de suivre les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs du Plan d'action d'un Monde Digne des Enfants (MDE). L'étude porte sur les enfants de moins de cinq ans ayant présentés les symptômes d'infections respiratoires au cours des deux semaines précédant le passage des agents enquêteurs dans les ménages et pour qui des conseils ou un traitement ont été recherchés. Ils sont au nombre de 902 enfants. En effet, il s'est avéré que sur les 9259 enfants enquêtés, 1357 ont présentés les symptômes d'infections respiratoires. Sur 1357, seulement 902, soit 66,5% de ces enfants ont été conduits vers un secteur pour recevoir les soins ou rechercher des conseils.

Variables d'étude

Variable dépendante

La variable dépendante est le recours thérapeutique en cas d'IR. Nous avons choisi de capter toutes les formes d'infections respiratoires³, simples et aiguës afin de d'avoir une meilleure compréhension de la santé respiratoire des enfants, et d'identifier les besoins d'action de la part des dirigeants à l'endroit des enfants souffrant de ces affections qui constituent un problème de santé significatif en Côte d'Ivoire. Il s'agit d'une variable plurimodale qui a été recodée en trois modalités, à savoir : 1 « Secteur public », 2 « Secteur privé » et 3 « Automédication/ médecine traditionnelle ».

Variable indépendante principale

C'est une variable composite créée à l'aide d'informations relatives aux caractéristiques et les biens possédés des ménages. Cette variable peut influencer positivement ou négativement l'accessibilité financière et donc jouer un rôle déterminant dans le recours aux soins. Elle a été recodée en trois modalités : 1 « Pauvre », 2 « Moyen » et 3 « Riche ».

Les autres variables explicatives

Ce sont des variables liées au contexte de résidence, au chef de ménage, à l'enfant et à la mère (voir tableau 1).

Méthodes d'analyse

Pour atteindre les objectifs de l'étude, des techniques d'analyse statistique descriptive et explicative ont été utilisées. Au niveau de l'analyse descriptive, une analyse bivariée et une analyse multivariée descriptive ont été effectuées. Compte tenu de la nature de la variable dépendante qui est qualitative et possède 3 modalités, nous avons eu recours à la régression logistique multinomiale non ordonnée afin de mettre en évidence les raisons qui sous-tendent les différents recours thérapeutiques à l'endroit des enfants de moins de cinq ans atteints d'IR en Côte d'Ivoire.

Principaux Resultats

Résultats descriptifs bivariés et multivariés

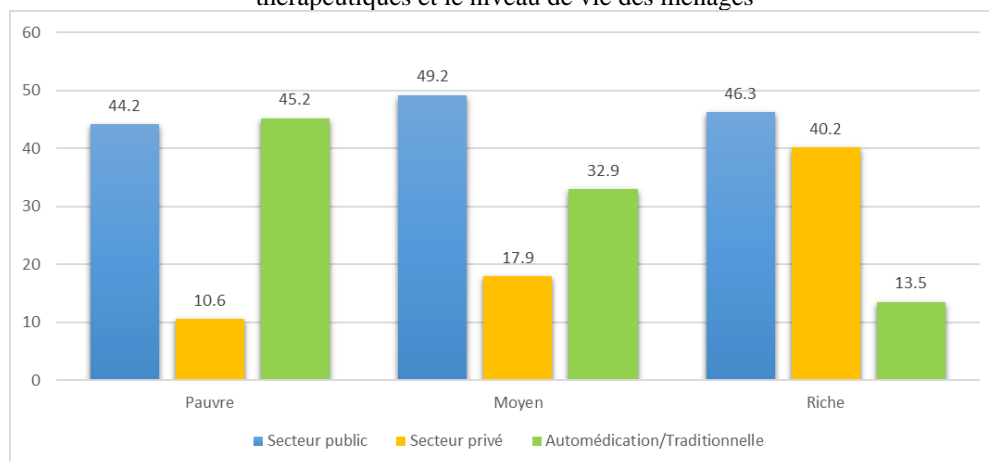
Résultats descriptifs bivariés

Au niveau descriptif, les résultats du graphique ci-dessous indiquent que les enfants issus des ménages pauvres sont essentiellement orientés vers l'automédication/médecine traditionnelle (45,2%) en cas d'IR. Quant aux enfants issus des ménages de niveau moyen et riches, ils sont prioritairement orientés vers le secteur public. En effet, près la moitié des enfants issus des ménages de niveau moyen (49,2%) et riches (46,3%) y sont orientés en cas

³ MICS n'a considéré que les IRA

d'IR. Le recours à ce type de secteur s'améliore avec le niveau de vie du ménage. Concernant le recours au secteur privé, il est essentiellement le fait des riches. En effet, 40,2% des enfants y sont orientés, suivis des enfants de niveau moyen (17,9%) et ceux issus des ménages pauvres (seulement 10%).

Figure 1: Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages



Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Les résultats du tableau 1 ci-dessous montrent que le niveau de vie des ménages a une présomption de liaison avec la variable dépendante (recours thérapeutique en cas d'IR chez l'enfant) quelle que soit la variable de contrôle utilisée. En effet, le test de chi2 entre le niveau de vie et le recours thérapeutique s'est avéré significatif au seuil de 1%, à 5% ou 10% dans tous les contrôles effectués avec chacune des 14 variables de contrôle du tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Synthèse des résultats des tests de chi2 entre le niveau de vie du ménage et le recours thérapeutique en cas d'IR sous le contrôle des variables démographiques, socioculturelles et économiques

Variables	Modalités	Pearson chi2	Probabilité	Signification
Milieu de résidence	Urbain	77,6254	0,000	***
	Rural	26,7485	0,040	**
Région de résidence	Grand Sud	108,2554	0,000	***
	Grand Nord	90,9686	0,000	***
Sexe du chef de ménage	Masculin	126,3532	0,000	***
	Féminin	107,3692	0,015	***
Groupe ethnique du chef de ménage	Forestiers	117,7812	0,000	***
	Sahéliens	180,6832	0,000	***
	Ethnies non ivoiriennes	88,5058	0,014	**
Religion du chef de ménage	chrétiens	80,5828	0,001	***

Variables	Modalités	Pearson chi2	Probabi lité	Significa tion
	musulmans	158,0025	0,000	***
	autres chrétiens	94,1743	0,018	**
	Sans niveau	133,3713	0,000	***
Niveau d'instruction de la mère	Primaire	138,3064	0,000	***
	Secondaire et plus	54,1832	0,086	*
	Jeunes femmes	97,2991	0,003	***
Groupe d'âge de la mère	Adultes	136,265	0	***
	1 enfant	74,5483	0,088	*
Parité de la mère	2 à 4 enfants	130,4873	0,000	***
	plus de 5 enfants	171,6754	0,000	***
Symptômes incitatifs	adéquat	128,0169	0,000	***
	non adéquat	112,5008	0,000	***
Exposition de la mère/gardiennne aux médias	Faiblement exposées	103,2779	0,000	***
	Fortement exposées	143,0522	0,000	***
Situation matrimoniale	A connu le mariage	136,0894	0,000	***
	N'a jamais connu le mariage	117,2022	0,060	*
Sexe de l'enfant	Masculin	179,4863	0,000	***
	Féminin	80,3822	0,000	***
Âge de l'enfant	0 à 2 ans	118,217	0,000	***
	3 à 4 ans	139,4505	0,000	***
Lien de parenté avec le CM	Fils/Fille	139,4505	0,000	***
	Autres membres	98,2527	0,003	***

NB : p < 0, 1, (*) : significatif au seuil de 10%, p < 0,05, (**) : significatif au seuil de 5%, p < 0,01 (***) : significatif au seuil de 1%

Résultats descriptifs multivariés

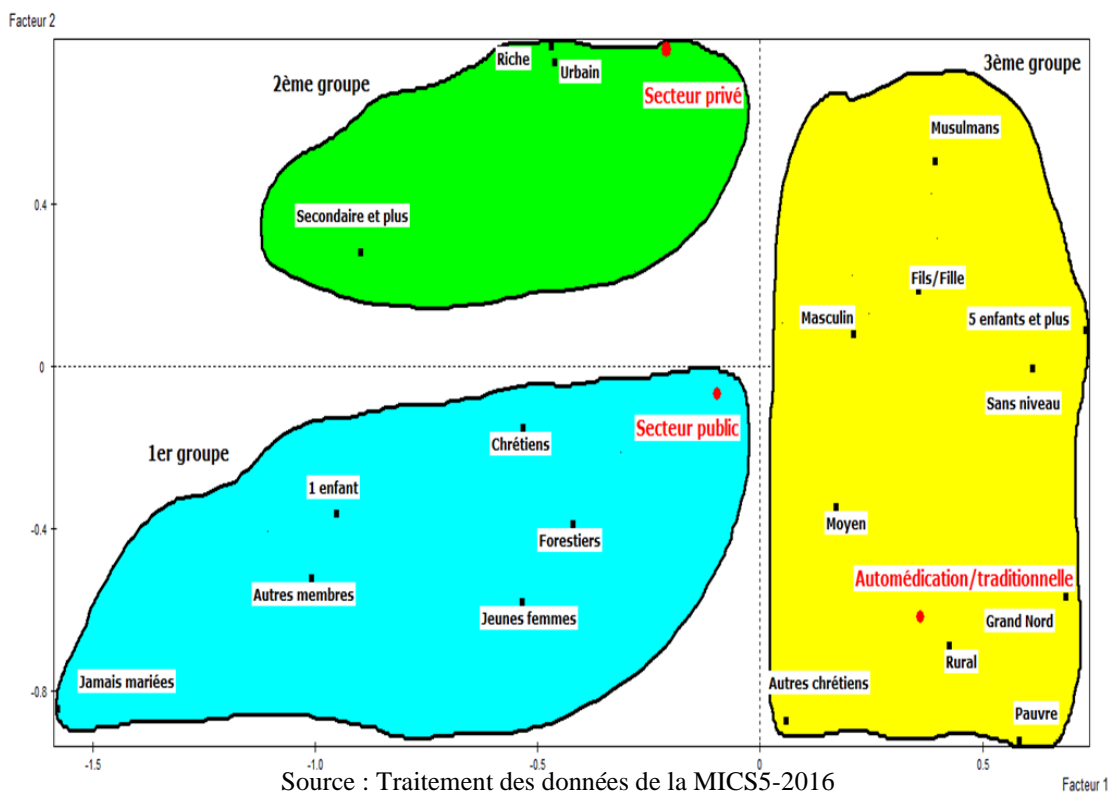
Le plan factoriel obtenu sur la base des deux axes retenus permet de mettre en évidence le profil des enfants de moins de cinq ans selon les caractéristiques sociodémographiques, socioéconomiques et culturelles, suivant les modalités de la variable dépendante. Ainsi, trois groupes d'enfants sont distingués :

Le premier groupe est constitué des enfants orientés vers le secteur public. Ils sont issus des ménages dont les chefs sont chrétiens et sont du groupe forestier. Ils sont autres membres du ménage et issus des mères jeunes (15-24ans), qui n'ont pas encore connu le mariage. Les gardiennes de ces enfants avaient un enfant pendant la période de référence.

Le deuxième groupe est constitué des enfants conduits vers le secteur privé. Ils sont issus des ménages riches résidant en milieu urbain. Les mères/gardiennes de ces enfants de ces ménages ont le niveau secondaire ou plus.

Le troisième et dernier groupe est constitué des enfants conduits vers l'automédication/médecine traditionnelle. Ces enfants sont issus du grand Nord, en milieu rural. Ils sont issus des ménages pauvres et de niveau de vie moyen. Les chefs de ménage des enfants de ce groupe sont de sexe masculin et pratiquent les autres religions chrétiennes et l'islam. Ils sont issus des mères ayant plus de cinq enfants. Ce groupe est constitué des filles ou fils du chef de ménage. En outre, les mères/gardiennes de ces enfants n'ont aucun niveau d'instruction.

Figure 2: Représentation graphique des profils par recours thérapeutiques pour les enfants



Profils des enfants issus des ménages pauvres ayant présenté des symptômes d'IR selon les recours thérapeutiques.

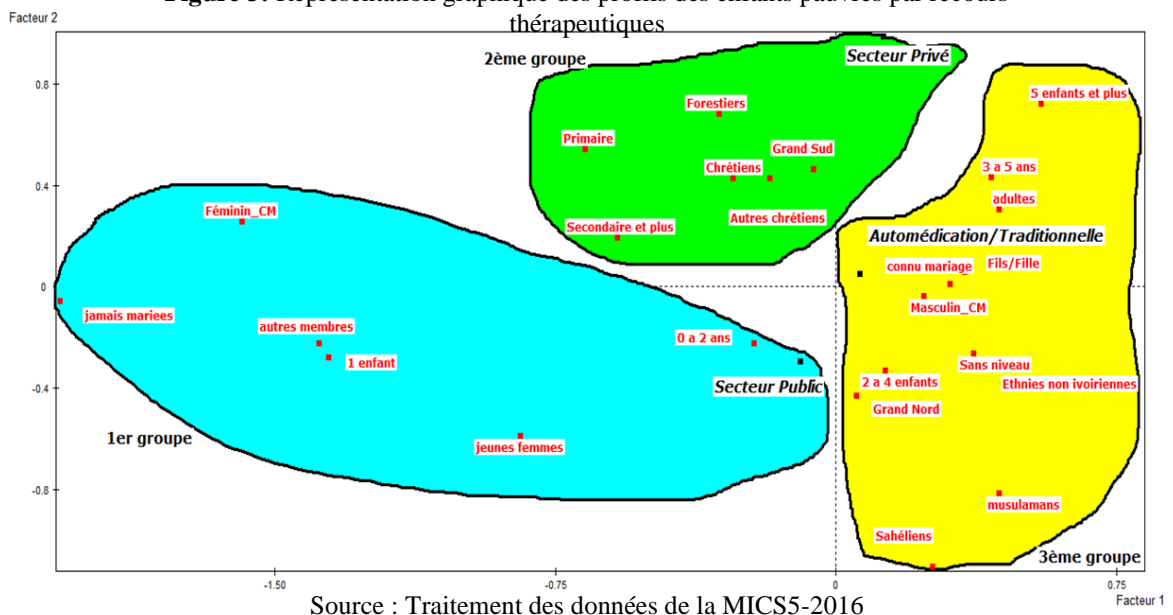
Le plan factoriel obtenu sur la base des deux axes retenus permet de mettre en évidence le profil des enfants de moins de cinq ans selon les caractéristiques sociodémographiques, socioéconomiques et culturelles, suivant les modalités de la variable dépendante. Ainsi, trois groupes d'enfants sont distingués :

Le premier groupe est constitué des enfants issus des ménages dirigés par des femmes, et orientés vers le secteur public. Ils ont moins de trois (3) ans et autres membres du ménage. Les mères de ces enfants sont primipares.

Le deuxième groupe est constitué des enfants issus dont le chef de ménage est du groupe Forestier et qui sont conduits par leurs parents vers le secteur privé en cas d'IR. Les chefs de ménage dont ils sont issus sont chrétiens. Les mères de ces enfants ont au moins le niveau primaire.

Le troisième groupe est constitué des enfants orientés vers l'automédication/traditionnelle. Il s'agit des enfants du groupe d'âges 3-4 ans, du grand Nord. Les mères de ces enfants sont adultes et ont déjà connu le mariage. Elles ont plus de deux (2) enfants et n'ont aucun niveau d'instruction. Les chefs de ménage dont ils sont musulmans et sont des groupes ethniques non ivoiriens.

Figure 3: Représentation graphique des profils des enfants pauvres par recours thérapeutiques



Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Profils des enfants issus des ménages de niveau de vie moyen ayant présenté des symptômes d'IR selon les recours thérapeutiques.

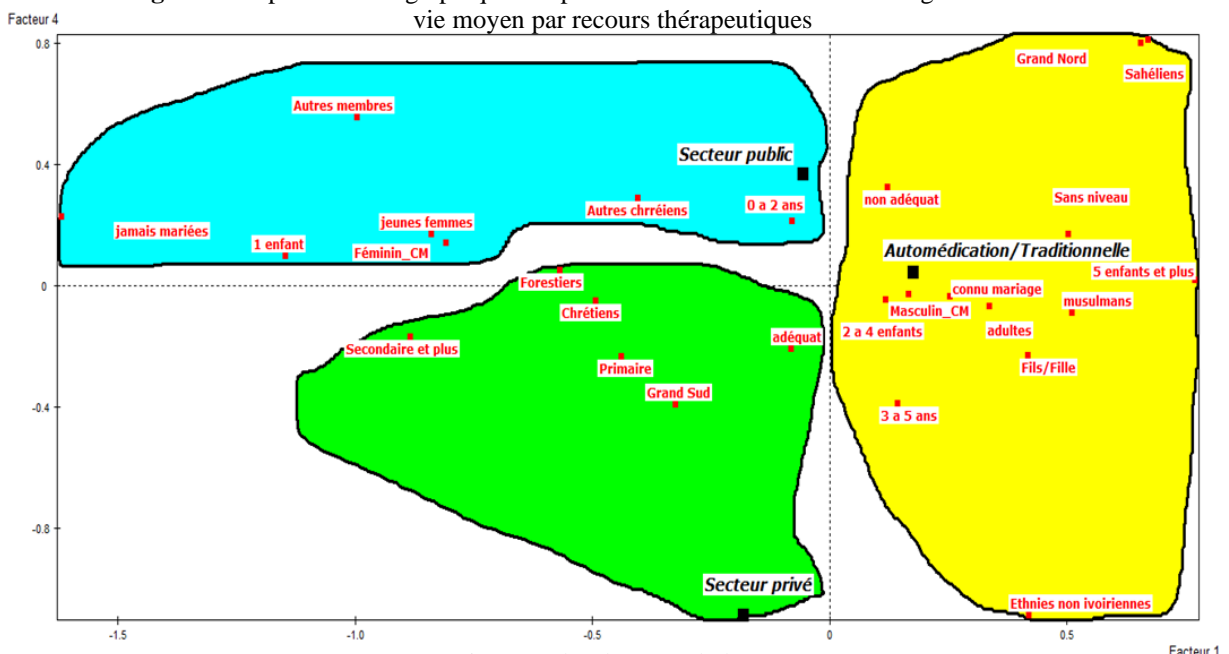
Le plan factoriel obtenu sur la base des deux axes retenus permet de mettre en évidence le profil des enfants de moins de cinq ans selon les caractéristiques sociodémographiques, socioéconomiques et culturelles, suivant les modalités de la variable dépendante. Ainsi, trois groupes d'enfants sont distingués :

Le premier groupe est constitué des enfants orientés vers le secteur public. Ils ont moins de trois (3) ans et autres membres du ménage. Les mères de ces enfants sont primipares, jeunes et n'avaient jamais contracté le mariage. Ils sont issus des ménages dirigés par les femmes pratiquant d'autres religions chrétiennes.

Le deuxième groupe est constitué des enfants conduits par leurs parents en cas d'IR vers le secteur privé. Il s'agit des enfants du grand Sud. Les mères de ces enfants ont au moins le niveau primaire et ont un comportement adéquat face aux symptômes des maladies chez l'enfant. Ils sont issus des ménages dont le chef de ménage est chrétien et du groupe Forestiers.

Enfin le troisième groupe est constitué des enfants issus orientés vers l'automédication en cas d'IR. Il s'agit des enfants du grand Nord. Les mères de ces enfants ont plus de 25 ans, sans niveau d'instruction, avec un comportement non adéquat face aux symptômes des maladies. Elles ont plus de deux enfants et ont déjà connu le mariage. Les chefs de ménage dont ils sont issus sont des hommes des groupes ethniques non ivoiriens. Ces enfants ont entre 3 et 5 ans et sont les enfants du chef de ménage.

Figure 4: Représentation graphique des profils des enfants issus des ménages de niveau de vie moyen par recours thérapeutiques



Source : Traitement des données de la MICS5-2016

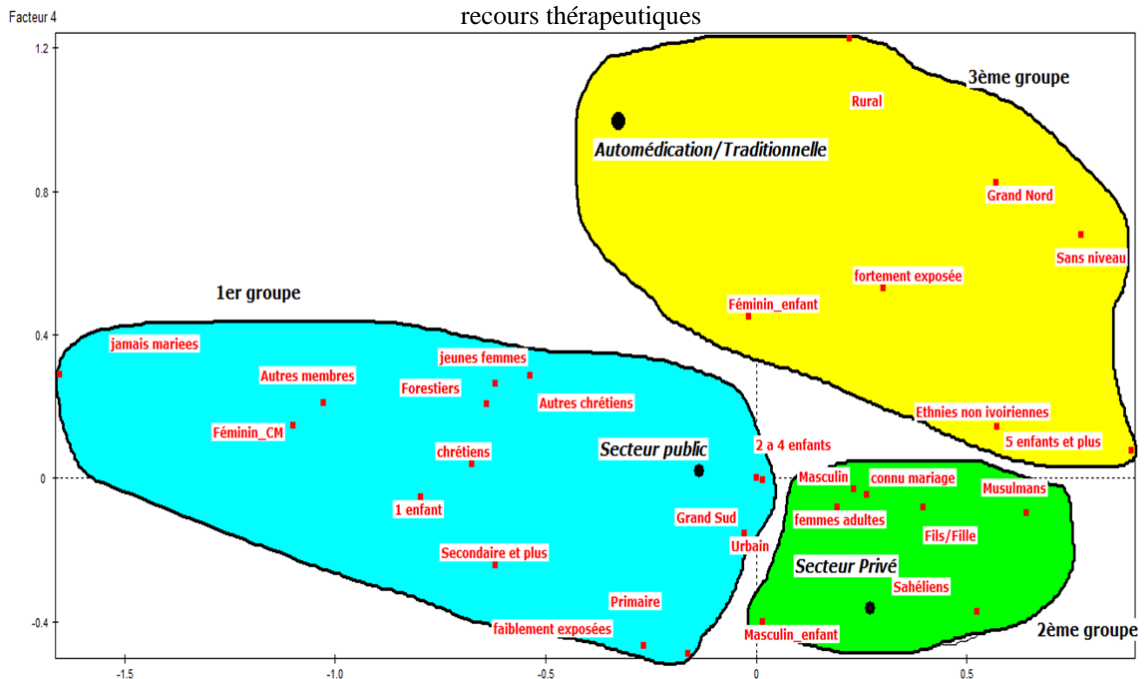
Profils des enfants issus des ménages de niveau de vie moyen ayant présenté des symptômes d'IR selon les recours thérapeutiques.

Le premier groupe est constitué des enfants orientés vers le secteur public. Il s'agit des enfants du milieu urbain de la zone Sud. Leurs mères sont jeunes et n'avaient pas encore contracté le mariage. Elles sont faiblement exposées et ont au moins le niveau primaire. Les ménages dans lesquels ils vivent sont dirigés par des femmes pratiquant le christianisme.

Le deuxième groupe est constitué des enfants dont les mères sont mariées et ont plus de 25 ans. Les ménages dans lesquels ils vivent sont dirigés par des hommes sont du groupe Sahéliens et pratiquant l'islam.

Enfin le troisième groupe est constitué des enfants du grand Nord. Ils sont issus des ménages vivant en milieu rural. Les mères de ces enfants sont sans niveau d'instruction et fortement exposées aux médias. Elles ont plus de cinq (5) enfants.

Figure 5: Représentation graphique des profils des enfants issus des ménages riches par recours thérapeutiques



Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Résultats explicatifs multivariés

Les résultats du tableau 1 montrent que le niveau de vie des ménages est un facteur de différenciation (secteur médical privé plutôt que public) des recours thérapeutiques chez les enfants de moins de cinq ans atteints d'IR en Côte d'Ivoire. S'agissant du recours au secteur privé plutôt que le public, il ressort que la pauvreté, à travers le niveau de vie des ménages à un effet significatif au seuil de 1%. Il en est de même pour le choix de l'automédication plutôt que le public.

Influence du niveau de vie des ménages sur le recours au secteur médical privé plutôt que public

Effet brut du niveau de vie des ménages sur le recours au secteur médical privé plutôt que public

Le niveau de vie des ménages a un effet brut significatif sur les recours thérapeutiques au seul de 1%. C'est plutôt la chance de recourir au secteur privé qui augmente avec le niveau de vie des ménages dans lesquels vivent les enfants. Autrement dit, il existe une relation positive entre le niveau de vie des ménages et les recours thérapeutiques en cas d'infections respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans. Ceux issus des ménages pauvres ont 72,4% moins de chance que ceux issus des ménages riches d'être conduits par leurs parents vers le secteur médical privé plutôt que le public. Quant à ceux qui sont issus des ménages de niveau moyen ont 58,1% moins de chance que ceux issus des ménages riches d'être orientés vers le secteur privé plutôt que le public.

Effet net du niveau de vie des ménages sur le recours au secteur médical privé plutôt que public

Le niveau de vie des ménages a un effet significatif net sur le recours au secteur privé plutôt que le public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans. Cependant, la présence des autres variables dans le modèle a entraîné une légère augmentation de rapports de chance les enfants de moins de cinq ans en cas d'IR vers le secteur privé plutôt que le public. En effet, dans le modèle final, les enfants issus des ménages pauvres ont désormais 59,4% moins de chance que ceux issus des ménages riches d'être conduits vers le secteur privé plutôt que le public. S'agissant des enfants issus des ménages de niveau moyen, ils ont désormais 51% moins de chance que ceux issus des ménages riches d'être conduits vers le secteur privé plutôt que le public.

Effet brut du niveau de vie des ménages sur l'automédication et/ou la médecine traditionnelle plutôt que public

Le niveau de vie des ménages a un effet brut significatif sur le recours à l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans au seul de 1%. Le niveau de vie augmente avec la chance de recourir au secteur privé plutôt que le secteur public. Il se dégage une relation négative entre le niveau de vie des ménages et le recours à l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans. En effet, les enfants issus des ménages pauvres ont 3,51 fois plus que ceux issus des ménages riches d'être conduits par leurs parents vers l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public. Les enfants issus des ménages de niveau moyen ont 2,29 fois plus de chance que ceux issus des ménages riches d'être

orientés vers l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public.

Effet net du niveau de vie sur l'automédication et/ou la médecine traditionnelle plutôt que public

Le niveau de vie des ménages a un effet significatif sur le recours à l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans.

Malgré la présence des autres variables dans le modèle, l'effet du niveau de vie des ménages n'a pas significativement changé en ce qui concerne le recours à l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public. Cependant, nous remarquons une baisse des rapports de chance avec la présence des autres variables. En effet, dans le modèle final, les enfants issus des ménages pauvres ont 2,91 fois plus de chance que ceux issus des ménages riches d'être conduits vers l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public. S'agissant des enfants issus des ménages de niveau moyen, ils ont 2,03 fois plus de chance que ceux issus des ménages riches d'être conduits vers l'automédication/et ou médecine traditionnelle plutôt que le public.

Discussions des Resultats

Recours thérapeutiques vers le secteur privé plutôt que le secteur public Niveau de vie du ménage

Le niveau de vie du ménage est positivement associé au recours vers le secteur privé plutôt que public, au seuil de signification statistique de 1%. Ceci conforte le résultat trouvé en croisant cette variable avec le recours thérapeutique. Ainsi, lorsque le niveau de vie augmente, la probabilité de recourir au secteur privé plutôt que le public augmente également.

Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que dans le contexte ivoirien, les frais de consultation, les coûts des médicaments, des examens médicaux et des interventions chirurgicales dans les structures privées peuvent être prohibitifs pour de nombreuses familles de niveau de vie moyen et pauvres. Les coûts prohibitifs des soins infantiles dans les centres privés créent des inégalités en termes de soins puisque dans cette situation, seules les personnes plus aisées peuvent se permettre de payer pour des soins de qualité dans les établissements privés pour leurs enfants. Quant aux ménages à faible revenu, ils se retrouvent souvent incapables de se rendre dans ces structures privées en raison de contraintes financières.

En somme, les coûts de prestations de services peuvent encourager ou empêcher le recours aux soins de santé dans les secteurs privés selon la capacité matérielle ou financière des individus à couvrir les frais de santé.

Ainsi, nous rejoignons KOUADIO (2019) qui a reconnu que leur choix thérapeutique est fonction des moyens financiers dont ils disposent.

Région de résidence

L'effet du niveau de vie du ménage sur le recours vers le secteur privé plutôt que le secteur public varie selon la région de résidence. Dans l'ensemble, les enfants issus du Grand Nord ont moins de chance d'être conduits vers le secteur privé que ceux du Grand Sud. Les enfants issus du Grand Nord ont 63,3% moins de chance que ceux issus du Grand Sud d'être conduits vers le secteur privé plutôt que le public en cas d'IR. Cela pourrait s'expliquer par l'inégale répartition des structures privées sur l'ensemble du territoire. En fait, dans l pays, qui comprend les régions du Sud, de l'Ouest et du Centre-Ouest et la ville d'Abidjan bénéficient généralement de la plus grande majorité des infrastructures médicales. De plus en termes de personnel et d'équipements de santé cette zone est plus alimentée que le grand Nord. En outre, selon l'INS (2015), la pauvreté concernait beaucoup plus de la moitié des populations des régions suivantes (grand Nord en majorité) : le Nord-Ouest (61,5%), le Nord (60%), le Centre-Nord (55,3%), le Centre (54,4%), le Nord-Est (54,3%). Ce déséquilibre jumelée à un taux de pauvreté dans le Grand Nord plus élevé peut conduire les parents à recourir au secteur public qui est plus accessible et les soins peuvent y être abordables.

Appartenance ethnique du chef de ménage

L'effet du niveau du ménage sur le recours vers le secteur privé plutôt que le secteur public est favorisé par l'appartenance ethnique du chef de ménage. Les enfants issus des ménages dont le chef de ménage est du grand groupe Sahélien ont 1,87 fois plus de chance d'être conduits vers le secteur privé plutôt que le secteur public que ceux issus des ménages dont le chef de ménage est du grand groupe ethnique Forestier d'être conduits vers le secteur privé plutôt que public.

Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que malgré la persistance des inégalités en termes d'infrastructures sanitaires entre le Sud et le Nord du pays, les sahéliens ont un intérêt particulier pour le secteur privé. En effet, ces populations de ce groupe ethnique sont de plus en plus enclines à recourir aux structures privées pour ce type d'infections. Donc malgré le coût élevé des soins, ces secteurs sont de plus en plus recommandés, en raison de la perception plus positive ainsi que la qualité des soins dans lesdits secteurs.

Groupe d'âges de la mère/gardiennne

Les résultats obtenus indiquent que le groupe d'âge des mères favorise l'influence du niveau de vie de ménage sur le recours au secteur privé plutôt que secteur public. Les enfants issus des jeunes mères/gardiennes (15-24 ans)

ont moins de chance que ceux issus des mères/gardiennes du groupe d'âge 25-49 ans d'être conduits vers le secteur privé plutôt que le public en cas d'IR. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les jeunes mères/gardiennes ne sont pas financièrement stables et sont, par ailleurs, moins influentes en ce qui concerne la prise de décisions par rapport aux soins des enfants. De plus, dans le contexte ivoirien, selon l'ENV de 2015, la pauvreté touche beaucoup plus les jeunes. En effet, 51,4% des jeunes de moins de 25 ans sont pauvres et ils sont les plus pauvres quel que soit le milieu de résidence : 26,4% à Abidjan, 48,6% dans les autres villes et 62,6% en milieu rural. Notons que du point de vue genre, la pauvreté touche les deux sexes : 47,4% femmes et 45,5% hommes. Ce résultat s'aligne avec ceux de ALIMA (2011), qui a obtenu que dans la région des Savanes, en référence aux 18-35 ans, les personnes âgées (plus de 60 ans) déterminent positivement le choix des formations sanitaires modernes et des tradipraticiens par rapport à l'automédication.

Symptômes incitatifs

Les enfants issus des mères/gardiennes ayant un comportement non adéquat ont moins de chance d'être conduits vers le secteur privé plutôt que le secteur public en cas d'IR. Cette situation pourrait s'expliquer par l'ignorance des femmes des troubles respiratoires. En effet, ces mères ne sont pas informées et conscientes des bonnes pratiques en matière de santé. Ce qui ne leur permet pas de prendre des mesures appropriées pour la santé de leurs enfants. Il s'agit en effet de la connaissance de l'allaitement maternel exclusif, de l'hygiène, de la vaccination, de la nutrition équilibrée et des premiers soins en cas de maladie. Il ne faudrait pas ignorer l'aspect financier qui peut jouer un rôle très important dans l'explication de cette situation. En effet, les ressources financières dont disposent les parents peuvent également jouer un rôle dans le comportement sanitaire des mères et le recours au secteur privé plutôt que le secteur public à l'intention des enfants souffrant d'IR. Les familles ayant un faible revenu peuvent être confrontés à des difficultés en ce qui concerne le paiement des frais médicaux, les médicaments ou les traitements qui sont généralement coûteux dans les services de santé privé, ce qui peut affecter leur capacité à rechercher et à obtenir des soins pour leurs enfants atteints d'IR.

Cette attitude pourrait s'expliquer par les propos d'une femme au foyer en Côte d'Ivoire qui déclarait que « Si un enfant est malade et que tu as les moyens, tu envoies l'enfant à l'hôpital. Si tu n'as pas les moyens, tu fais l'indigénat » En effet, l'interprétations, les normes culturelles et les croyances peuvent influencer le comportement sanitaire des mères et le recours aux soins des enfants. Ainsi au lieu de se tourner vers le secteur privé qui dispose généralement des plateaux techniques adéquats pour les soins des enfants

atteints d'IR, elles préfèrent se limiter à leurs expériences en matières (plantes, anciennes ordonnances etc.,).

Recours thérapeutiques vers l'automédication plutôt que le secteur public Niveau de vie du ménage

Le niveau de vie du ménage exerce un effet significatif sur le recours vers l'automédication/traditionnelle, au seuil de signification statistique de 1%. Les enfants issus des ménages pauvres et de niveau de vie moyen ont respectivement 2,91 fois et 2,03 fois de risque que ceux issus des ménages riches d'être conduits vers l'automédication/traditionnelle plutôt que le secteur public en cas d'IR. Il se dégage une relation négative entre le niveau de vie du ménage et le recours à l'automédication/traditionnelle. En effet, plus le niveau de vie des ménages baisse, plus la probabilité pour les enfants d'être conduits vers l'automédication/traditionnelle est élevée.

L'accès aux services de santé appropriés est crucial pour le recours aux soins respiratoires. Cela inclut l'accessibilité géographique des établissements de santé, la disponibilité de personnel formé dans le domaine des affections respiratoires, la disponibilité de médicaments essentiels et d'équipements de diagnostic. Pourtant dans le contexte ivoirien, les infrastructures pour les soins respiratoires sont insuffisantes pour répondre aux besoins des populations. En outre, des barrières financières peuvent également limiter l'accès aux soins respiratoires lorsqu'elles existent pour certaines familles à faible revenu. L'une des principales raisons du recours de la population à la médecine traditionnelle peut être le fait que le coût des prestations des praticiens de la médecine traditionnelle est symbolique. A cela s'ajoute la souplesse des modalités de paiement qui est appréciée, surtout par les familles à faibles revenus avant de postuler pour un type de recours donné.

Appartenance ethnique du chef de ménage

Les résultats du tableau indiquent que l'appartenance ethnique du chef de ménage favorise l'influence du niveau de vie de ménage sur le recours à l'automédication/traditionnelle plutôt que secteur public. Autrement dit, le niveau de vie du ménage agit indirectement sur le recours à l'automédication/traditionnelle plutôt que secteur public à travers le groupe ethnique du chef de ménage. Les enfants issus des ménages dont les chefs de ménages sont du groupe Sahéliens de risque que ceux issus des ménages dont les chefs sont du groupe Forestiers d'être conduits vers l'automédication et/ou médecine traditionnelle.

Cette situation pourrait s'expliquer en partie par le poids des pratiques culturelles et croyances. En effet, ces pratiques agissent sur les recours aux soins respiratoires. Certaines familles peuvent préférer recourir à des remèdes traditionnels ou à des guérisseurs locaux avant de chercher une aide médicale

formelle. En effet, certaines pratiques traditionnelles ou croyances culturelles peuvent parfois entrer en conflit avec les recommandations médicales modernes, ce qui peut impacter les décisions prises par les mères concernant les soins de leurs enfants. En ce qui concerne les Sahéliens, composés des Mandés du Nord et les Gurs, ce sont des peuples qui sont moins ouverts aux valeurs occidentales et donc à la médecine moderne pour plusieurs raisons culturelles. Ces peuples sont profondément attachés à leurs traditions et préfèrent traiter en premier lieu avec les plantes médicinales. Cette situation est approuvée par ALIMATOU (2011) qui a fait le constat qu'être Mandé ou Voltaïque est associé à la médecine traditionnelle. Aussi, il est utile de rappeler que la partie septentrionale du pays est caractérisée par une abondance de plantes médicinales utilisées dans la médecine traditionnelle (YORO, 2012).

Niveau d'instruction de la mère/gardienne

Le niveau d'instruction de la mère/gardienne favorise l'effet du niveau de vie sur le recours à l'automédication plutôt que le secteur public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans. Autrement dit, l'effet du niveau de vie sur le recours à l'automédication plutôt que le secteur public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans est renforcé par le niveau d'instruction de la mère/gardienne. Les enfants issus des mères/gardiennes de niveau secondaire ou plus ont 47,7% moins de chance que ceux dont les mères sont sans niveau d'être conduits vers l'automédication/traditionnelle que public. Cependant, il ressort qu'il n'y a pas de différence significative en terme de choix thérapeutique en cas d'IR entre les enfants issus des mères/gardiennes sans niveau et ceux issus des mères/gardiennes de niveau primaire.

Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les mères/gardiennes de niveau d'instruction élevé ont souvent une meilleure connaissance des signes et symptômes des affections respiratoires chez les enfants, ainsi que des risques associés. Ainsi, face aux signes d'un problème respiratoire potentiel, elles sont plus susceptibles d'adopter un comportement adéquat (proactivité) en recherchant rapidement des soins médicaux auprès d'un professionnel de santé par exemple. Les mères instruites (secondaire et plus) ont généralement plus facilement accès à des informations de santé fiables et à jour que celles qui ne sont pas instruites. Elles sont donc plus exposées aux médias et sont capables de lire des magazines, des brochures, d'utiliser Internet ou de bénéficier de programmes de sensibilisation sur la santé mis en place dans les établissements de santé. Ce qui favorise l'aide à la prise de décisions éclairées puisqu'elles ont conscience des symptômes respiratoires.

Les barrières financières peuvent aussi être l'une des raisons pour lesquelles mères/gardiennes sans niveau optent pour les soins traditionnels ou l'automédication. En effet, Les mères moins instruites se trouvent incapables d'accéder aux services de santé formels. Les coûts associés à la consultation

d'un professionnel de santé, aux médicaments prescrits et aux examens complémentaires peuvent être un obstacle pour les mères issues de ces familles. Ce qui pourrait les pousser à se tourner vers des alternatives moins coûteuses, comme les soins traditionnels.

Groupe d'âges des enfants

Le groupe d'âge des enfants favorise l'effet du niveau de vie sur le recours à l'automédication plutôt que le secteur public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans. Autrement dit, l'effet du niveau de vie sur le recours à l'automédication plutôt que le secteur public en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans est renforcé par la prise en compte du groupe d'âge des enfants. En effet, les enfants du groupe d'âge 3-4 ans ont 1,86% fois plus de risque que ceux du groupe d'âge 0-2 ans d'être conduits vers l'automédication/traditionnelle plutôt que vers le secteur public.

Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les soins respiratoires accordés aux enfants de moins de cinq ans peuvent varier en fonction du groupe d'âge. Les enfants de 3-5 ans sont plus mobiles et plus résistants que ceux de moins de trois (03) ans. Les parents réagissent généralement lorsque l'enfant (de la tranche d'âge 3-5 ans) n'arrive ni à boire, ni manger, ni jouer. La première intention n'est pas de les envoyer systématiquement dans un centre de santé. La situation devient plus préoccupante lorsque les enfants sont issus des ménages pauvres. En effet, plus de la moitié (52%) des enfants issus des ménages pauvres sont traités à l'automédication/traditionnelle en cas d'IR. Cette proportion est de 41,53% pour les enfants de 0-2 ans des ménages pauvres.

Les enfants de moins de 3 ans nécessitent beaucoup d'attention car ceux-ci ont leur système immunitaire qui n'est pas solide. Ils sont perçus comme plus fragiles et nécessitent plus fréquemment une intervention externe à la concession familiale. Ils sont vulnérables aux IR et dès les premiers signes d'IR, les parents consultent généralement les professionnels de santé. Les parents n'adoptent pas le même réflexe généralement lorsqu'il s'agit des enfants du groupe d'âge 3-4 ans. Cela est dû au fait que les parents estiment que les enfants sont désormais moins fragiles et que le recours à l'automédication/médecine traditionnelle pourrait être largement efficace pour guérir de la maladie.

Ces résultats sont corroborés avec ceux de FRANCKEL en 2004, qui concluait que l'âge de l'enfant était fortement corrélé aux pratiques thérapeutiques, dans sa thèse portant sur les comportements de recours aux soins en milieu rural au Sénégal.

Tableau 2 : Odds ratio du recours thérapeutiques en cas d'IR en Côte d'Ivoire avec pour modalité de référence secteur public

Variables et modalités	Secteur Privé VS Secteur Public	VS	Automédication/Traditionnelle VS Secteur Public	
	Effets bruts	Effets nets	Effets bruts	Effets nets
Niveau de vie du ménage				
Pauvre	0.276 ^(***)	0.406 ^(***)	3.508 ^(***)	2.910 ^(***)
Moyen	0.419 ^(***)	0.490 ^(***)	2.292 ^(***)	2.030 ^(***)
Riche	Réf	Réf	1.000	Réf
Milieu de résidence				
Urbain	2.349 ^(***)	0.937 ^(ns)	0.405 ^(***)	0.856 ^(ns)
Rural	Réf	Réf	1.000	Réf
Régions de résidence				
Grand Sud	Réf	Réf	1.000	Réf
Grand Nord	0.294 ^(***)	0.367 ^(***)	1.382 ^(**)	0.726 ^(ns)
Sexe du chef de ménage				
Masculin	Réf	Réf	1.000	Réf
Féminin	0.728 ^(ns)	0.602 ^(*)	0.831 ^(ns)	0.782 ^(ns)
Appartenance ethnique du chef de ménage				
les forestiers	Réf	Réf	0.897 ^(ns)	Réf
Les sahéliens	1.526 ^(**)	1.866 ^(**)	1.000	1.877 ^(**)
Ethnie non ivoirienne	1.648 ^(**)	1.499 ^(ns)	1.337 ^(ns)	1.537 ^(ns)
Religion du chef de ménage				
Chrétiens	0.720 ^(*)	0.986 ^(ns)	1.000	1.292 ^(ns)
Musulmans	Réf	Réf	0.872 ^(ns)	Réf
autres chrétiens	0.530 ^(***)	0.979 ^(ns)	0.339 ^(***)	1.507 ^(ns)
Niveau d'instruction de la mère/gardienne				
Sans niveau	Réf	Réf	1.000	Réf
Primaire	1.118 ^(ns)	1.105 ^(ns)	0.872 ^(ns)	0.987 ^(ns)
Secondaire et plus	1.012 ^(ns)	0.836 ^(ns)	0.339 ^(***)	0.524 ^(**)
Groupe d'âge de la femme				
jeunes femmes	0.645 ^(**)	0.561 ^(**)	1.205 ^(ns)	1.018 ^(ns)
Adultes	Réf	Réf	1.000	Réf
Parité atteinte de la mère/gardienne				
1 enfant	0.983 ^(ns)	1.212 ^(ns)	1.030 ^(ns)	1.030 ^(ns)
2 à 4 enfants	Réf	Réf	1.000	Réf
5 enfants et plus	0.888 ^(ns)	0.813 ^(ns)	1.221 ^(ns)	0.987 ^(ns)
Symptôme incitatifs				
Adéquat	Réf	Réf	1.000	Réf
non adéquat	0.706 ^(**)	0.659 ^(**)	0.644 ^(***)	0.742 ^(*)
Exposition de la mère/gardienne aux médias				

Variables et modalités	Secteur Privé VS Secteur Public	Automédication/Traditionnelle VS Secteur Public		
	Effets bruts	Effets nets	Effets bruts	Effets nets
faiblement exposée	Réf	Réf	1.000	Réf
fortement exposée	1.381 ^(**)	1.245 ^(ns)	0.992 ^(ns)	1.089 ^(ns)
Situation matrimoniale				
connu mariage	Réf	Réf	1.000	Réf
jamais mariées	0.974 ^(ns)	1.694 ^(ns)	1.327 ^(ns)	1.275 ^(ns)
Sexe de l'enfant				
Masculin	Réf	Réf	1.000	Réf
Féminin	0.821 ^(ns)	0.961 ^(ns)	0.729 ^(**)	0.736 ^(*)
Groupe d'âge de l'enfant				
0 à 2 ans	Réf	Réf	1.000	Réf
3 à 5 ans	1.275 ^(ns)	1.320 ^(ns)	1.685 ^(***)	1.855 ^(***)
Lien de parenté de l'enfant avec le chef de ménage				
Fils/Fille	Réf	Réf	1.000	Réf
autres membres	0.778 ^(ns)	0.808 ^(ns)	1.137 ^(ns)	1.284 ^(ns)

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Conclusion et Recommandations

Les infections respiratoires sont très répandues et constituent un problème de santé qui nécessite une attention particulière en Côte d'Ivoire. Cependant, la littérature sur les recours thérapeutiques pour venir à bout de cette maladie est presque inexistante ou rare. Il était donc nécessaire de s'intéresser à ce sujet, en particulier sur l'influence du niveau de vie sur le recours en cas d'IR.

Au niveau explicatif, la régression multinomiale non ordonnée a permis de mettre en évidence les effets du niveau de vie ménages sur les recours thérapeutiques en cas d'IR chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. Il ressort que la pauvreté influence les recours thérapeutiques en cas d'infections respiratoires aiguës chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire. S'agissant du recours au secteur privé plutôt que le public, il ressort que la pauvreté, à travers le niveau de vie des ménages a un effet significatif au seuil de 1%. Il en est de même pour le choix de l'automédication plutôt que le public.

Les résultats suggèrent un effort de réduction des obstacles financiers grâce à des mesures telles que la réduction voire l'exemption pour les soins respiratoires pour les tout-petits (moins de cinq ans). Aussi une promotion de l'éducation des mères/gardiennes des enfants de moins de cinq ans sur les troubles respiratoires qui peuvent partir d'un cas simple au complexe s'avère utile. Ainsi, une sensibilisation et une éducation sur les soins de santé infantile,

y compris la reconnaissance des signes d'infections respiratoires des enfants de moins de cinq ans, sont nécessaires pour répondre aux problèmes respiratoires infantiles en Côte d'Ivoire.

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. CISSE ALIMATOU (2011), « Analysis of health care utilization in Côte d'Ivoire » African Economic Research Consortium, Nairobi, Research paper 201, pp, 1-41.
2. FRANCKEL Aurélien (2004), Les comportements de recours aux soins en milieu rural au Sénégal : le cas des enfants fébriles à Niakhar, thèse de doctorat en Démographie, UNIVERSITE PARIS X – NANTERRE, 371 p + annexe.
3. KOUADIO YAO JEAN (2019), évolution des inégalités sociales de la mortalité des enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire, MPD, IFORD, Yaoundé, 187p
4. MINISTERE DE LA SANTE ET DE L'HYGIENE PUBLIQUE COUVERTURE MALADIE UNIVERSELLE (2016), Rapport annuel sur la situation sanitaire année 2015, Côte d'Ivoire, 316p.
5. INS-CÔTE D'IVOIRE (2021), Rapport du recensement général de la population et de l'habitat, RGPH 2021, Côte d'Ivoire.
6. INS-Côte d'Ivoire (2016), Rapport de l'enquête par grappe à indicateurs multiples, Enquête MICS 2016 Côte d'Ivoire.
7. INS-CÔTE D'IVOIRE (2015), Rapport de l'enquête sur le niveau de vie, ENV 2015 Côte d'Ivoire, 91p.
8. RASS (2020), Rapport Annuel sur la Situation Sanitaire 2020, Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, Côte d'Ivoire
9. BASSIAHI ABDARAMANE SOURA (2009), « Disparités spatiales de mortalité infanto-juvénile à Ouagadougou », Espace populations sociétés, 2009/1 | 2009, 159-174.
10. YORO, B. M. (2012), Pluralisme thérapeutique et recours aux soins en milieu rural ivoirien : approche méthodologique. Recherches qualitatives, 31(1), pp. 47-61. WHO, 2003 -International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, Tenth Revision. WHO, vol.2, Geneva, 124p.

Appendix

Tableau A.1 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages

Niveau de vie des ménages	Recours thérapeutiques			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	44,2	10,6	45,2	100 (N=307)
Moyen	49,2	17,9	32,9	100 (N=298)
Riche	46,3	40,2	13,5	100 (N=294)
Pearson Chi2 = 121,3580 Prob = 0,0000				

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Tableau A.2 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par milieu de résidence

Niveau de vie des ménages	Urbain				Rural			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	54,9	0	45,1	100 (N=12)	43,7	11,1	45,2	100 (N=295)
Moyen	50,4	15,8	33,9	100 (N=63)	48,8	18,7	32,5	100 (N=235)
Riche	46	42,1	11,9	100 (N=240)	48,9	25	26,1	100 (N=54)
Pearson Chi2 = 77,6254 Prob = 0,0000					Pearson Chi2 = 26,7485 Prob = 0,041			

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Tableau A.3 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par région de résidence

Niveau de vie des ménages	Grand Sud				Grand Nord			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	37,6	15,4	47	100 (N=117)	50,2	6,3	43,5	100 (N=190)
Moyen	45,3	23,7	31	100 (N=176)	56,9	6,5	36,6	100 (N=122)
Riche	46,2	41,6	12,2	100 (N=230)	46,6	30,7	22,7	100 (N=64)
Pearson Chi2 = 108,2554 Prob = 0,0000					Pearson Chi2 = 90,9686 Prob = 0,0000			

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Tableau A.4 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par sexe du chef de ménage

Niveau de vie des ménages	Masculin				Féminin			
	Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	44,3	10,7	45	100 (N=261)	43,9	9,6	46,5	100 (N=46)
Moyen	46,9	19,1	34,1	100 (N=244)	60	12,6	27,4	100 (N=54)
Riche	45,4	41,7	13	100 (N=241)	50,6	33,5	15,8	100 (N=53)
Pearson Chi2 = 126,3532 Prob = 0,0000					Pearson Chi2 = 107,3692 Prob = 0,015			

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Tableau A.5 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par groupe ethnique du chef de ménage

	Forestiers				Sahéliens				ethnies non ivoiriennes				
Niveau de vie des ménages	Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques				
	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	
	Pauvre	43,1	12,5	44,3	100 (N=125)	46,8	3,3	49,9	100 (N=115)	43,9	14,1	42,1	100 (N=67)
	Moyen	58,7	11,6	29,7	100 (N=120)	38,7	20,6	40,7	100 (N=106)	42,4	27,7	3à	100 (N=72)
	Riche	50,6	35,8	13,6	100 (N=135)	43,5	44,1	12,4	100 (N=108)	41,4	43,6	15,0	100 (N=50)
	Pearson Chi2 = 117,7812 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 180,6832 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 88,5058 Prob = 0,014				

Source : Traitement des données de MICS-5-2016

Tableau A.6 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par religion du chef de ménage

	Chrétiens				Musulmans				Autres chrétiens				
Niveau de vie des ménages	Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques				
	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	
	Pauvre	45,5	11,5	43	100 (N=87)	46,3	6,9	46,8	100 (N=128)	43,1	14,3	42,6	100 (N=89)
	Moyen	52,2	21,6	26,2	100 (N=89)	46,9	20,2	32,9	100 (N=152)	49,8	6,8	43,4	100 (N=57)
	Riche	50,2	34,2	15,6	100 (N=113)	42,1	46,5	11,4	100 (N=149)	51,2	33,3	15,5	100 (N=32)
	Pearson Chi2 = 80.5828 Prob = 0.001				Pearson Chi2 = 158.0025 Prob = 0.0000				Pearson Chi2 = 94.1743 Prob = 0.018				

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Tableau A.7 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par niveau d'instruction

Niveau de vie des ménages	15-24 ans				25-49 ans			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	51,2	4,3	44,4	100 (N=105)	39,3	14,5	46,2	100 (N=190)
Moyen	42,1	22,2	35,7	100 (N=80)	52	16	32,0	100 (N=196)
Riche	49,9	30,7	19,3	100 (N=64)	45,9	42,4	11,7	100 (N=215)
	Pearson Chi2 = 97,2991 Prob = 0,003				Pearson Chi2 = 136,2650 Prob = 0 ,000			

Source : Traitement des données de MICS-5-2016

Tableau A.8 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par groupe d'âges de la mère

Niveau de vie des ménages	Sans niveau				Primaire				Secondaire et plus			
	Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	40,8	11,2	48	100 (N=229)	42,8	9,6	47,6	100 (N=58)	76,1	9,3	14,6	100 (N=20)
Moyen	49,8	16,3	33,8	100 (N=184)	48,8	16,3	34,9	100 (N=76)	48	25,1	26,9	100 (N=38)
Riche	40,9	44	15,1	100 (N=106)	42,9	42,1	15	100 (N=90)	54,2	35,1	10,7	100 (N=98)
	Pearson Chi2 = 133,3713 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 138,3064 Prob = 0,0000				Pearson Chi2 = 54,1832 = 0,086			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Tableau A.9 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par parité de la mère

Niveau de vie des ménages	1 enfant				2 à 4 enfants				5 enfants et plus			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	41,31	12,39	46,30	100 (N=42)	50	8,2	41,7	100 (N=161)	34,9	14,8	50,3	100 (N=91)
Moyen	45,09	25,22	29,69	100 (N=53)	51,3	17	31,7	100 (N=140)	48,4	12,7	39	100 (N=83)
Riche	48,99	34,15	16,86	100 (N=62)	42,9	42,7	14,4	100 (N=160)	54,3	38,4	7,4	100 (N=56)
	Pearson Chi2 = 74,5483 Prob = 0,088				Pearson Chi2 = 130,4873 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 171,6754 Prob = 0,000			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Tableau A.10: Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par comportement sanitaire de la mère

Niveau de vie des ménages	Comportement adéquat				Comportement non adéquat			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	41,5	11,9	46,6	100 (N=201)	49,7	78	42,3	100 (N=106)
Moyen	45,6	18,8	35,6	100 (N=181)	55,3	16,4	28,3	100 (N=117)
Riche	41,5	44,1	14,5	100 (N=162)	52,9	35	12,1	100 (N=132)
	Pearson Chi2 = 128,0169 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 112,5008 Prob =0,000			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Tableau A.11 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par degré d'exposition de la mère aux médias

Niveau de vie des ménages	Faiblement exposées				Fortement exposées			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	43,5	11,2	45,3	100 (N=208)	43,5	10,2	46,3	100 (N=87)
Moyen	51	18,8	30,2	100 (N=138)	47,2	16,6	36,2	100 (N=138)
Riche	50	35,5	14,5	100 (N=146)	43,2	44,4	12,4	100 (N=138)
	Pearson Chi2 = 103,2779 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 143,0522 Prob =0,000			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Tableau A.12: Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par situation matrimoniale de la mère/gardiennne de l'enfant

Niveau de vie des ménages	Déjà contracté le mariage				Jamais mariées			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	44,68	11,59	43,73	100 (N=258)	36,62	7,09	56,29	100 (N=37)
Moyen	49,06	15,46	35,49	100 (N=243)	49,90	32,40	17,70	100 (N=33)
Riche	47,15	41,34	11,51	100 (N=242)	44,74	29,08	26,18	100 (N=37)
	Pearson Chi2 = 136,0894 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 117,2022 Prob =0,060			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Tableau A.13 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par sexe de l'enfant

Niveau de vie des ménages	Masculin				Féminin			
	Recours thérapeutiques				Recours thérapeutiques			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication/ Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	42,2	3,7	54	100 (N=159)	46,1	17,3	36,6	100 (N=148)
Moyen	46,8	20,1	33,1	100 (N=147)	51,5	15,9	32,7	100 (N=151)
Riche	42,4	43,2	14,4	100 (N=163)	50,7	36,8	12,5	100 (N=131)
	Pearson Chi2 = 179,4863 Prob = 0,000				Pearson Chi2 = 80,3822 Prob = 0,000			

Source : Traitement des données de la MICS5-2016

Tableau A.14 : Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par groupe d'âge de l'enfant

Niveau de vie des ménages	0-2 ans				3-4 ans			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	37,2	10,8	52	100 (N=116)	46,1	17,3	36,6	100 (N=235)
Moyen	42,3	18,5	39,2	100 (N=112)	51,5	15,9	32,7	100 (N=212)
Riche	41,4	40,7	17,9	100 (N=110)	50,7	36,8	12,5	100 (N=211)
	Pearson Chi2= 118,2170 Prob = 0,000				Pearson Chi2= 139,4505 Prob = 0,000			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Tableau A.15: Répartition (en %) des enfants de moins cinq ans selon le type de recours thérapeutiques et le niveau de vie des ménages par lien de parenté

Niveau de vie des ménages	Fils/Fille				Autres parents			
	Type de recours thérapeutique				Type de recours thérapeutique			
	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble	Secteur public	Secteur privé	Automédication /Traditionnelle	Ensemble
Pauvre	44,7	11,1	44,2	100 (N=235)	42,6	8,8	48,5	100 (N=72)
Moyen	46,1	20,3	33,6	100 (N=212)	56,2	12,5	31,3	100 (N=86)
Riche	47	42,7	10,3	100 (N=211)	44,5	34,4	21,2	100 (N=83)
	Pearson Chi2= 139,4505 Prob = 0,000				Pearson Chi2= 98,2527 Prob = 0,003			

Source : Traitements des données de la MICS5-2016

Connaissance des parents sur les effets des écrans chez les enfants de zéro à cinq ans du Centre Hospitalier Régional de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

Konan N'zue Karo Stéphane Georgette

Institut National de Formation des Agents de la Santé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Akaffou Adja Evelyne

Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan Cocody et Hôpital Mère-Enfant Dominique Ouattara de Bingerville (HME), Bingerville

Thanon Née Coulibaly Fatoumata

Institut National de Formation des Agents de la Santé, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p170](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p170)

Submitted: 07 August 2024

Accepted: 12 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Konan N'zue K.S.G., Akaffou A.E. & Thanon N.G.F. (2025). *Connaissance des parents sur les effets des écrans chez les enfants de zéro à cinq ans du Centre Hospitalier Régional de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 170.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p170>

Résumé

L'avancée des nouvelles technologies numériques caractérisées par le lancement de l'iphone, début de la révolution des smartphones en 2007 et l'année 2017 a été marqué par l'équipement massif des smartphones et tablettes dans les foyers. Cette avancée a fait apparaître une multitude d'écrans qui a entraîné une surexposition des enfants au détriment de l'interaction et les jeux essentiels pour leur développement. Notre étude vise donc à déterminer les connaissances et les pratiques des parents vis-à-vis de l'exposition des enfants de zéro à cinq ans face aux écrans. Cette étude descriptive s'est déroulée sur 04 mois. Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire anonyme adressé à 277 parents ayant des enfants âgés de 0 à 5 ans. Ces données ont été saisies à l'aide du logiciel CSPRO et analysées avec le logiciel STATA. Les résultats obtenus ont montré que concernant le profil des parents enquêtés, 52 % ont moins de 35 ans et 65 % sont des femmes. Quant au niveau de connaissance des parents sur les conséquences des écrans, 40,2 % signalent des troubles ophtalmologiques et 36 % ignorent les méfaits des écrans. 75 % n'ont jamais été sensibilisés aux risques et 64 % sont favorables

à des lois réglementant l'exposition. Pour ce qui est des attitudes et pratiques des parents quant à l'exposition de leurs enfants de zéro à cinq ans aux écrans, nous retenons que la durée moyenne quotidienne d'exposition des enfants face aux écrans est de 1h26 minutes. De plus les avantages éducatifs du numérique influencent cette l'exposition et elle est plus marquée les weekends. 52 % des enfants sont exposés avant l'âge d'un 1 an. L'écran préféré des enfants est la tablette (37 %) et la télévision est l'écran le plus utilisé (54 %). Une sensibilisation et une réglementation sont nécessaires pour protéger la santé des enfants face aux méfaits des écrans.

Mots-clés: Ecrans, connaissances, méfaits, pratiques, enfants de 0 à 5 ans

Parents' knowledge of the effects of screens on children aged zero to five years at the Regional Hospital Center of Daloa (Centre-West of Côte d'Ivoire)

Konan N'zue Karo Stéphane Georgette

Institut National de Formation des Agents de la Santé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Akaffou Adjia Evelyne

Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan Cocody et Hôpital Mère-Enfant Dominique Ouattara de Bingerville (HME), Bingerville

Thanon Née Coulibaly Fatoumata

Institut National de Formation des Agents de la Santé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The advance of new digital technologies characterized by the launch of the iPhone, the start of the smartphone revolution in 2007, and the year 2017 was marked by the massive equipment of smartphones and tablets in households. This progress has led to the appearance of a multitude of screens, resulting in children being overexposed to them, to the detriment of the interaction and play that are essential to their development. Our study therefore aims to determine parents' knowledge and practices regarding the exposure of children aged zero to five to screens. This descriptive study took place over 4 months. Data were collected using an anonymous questionnaire sent to 277 parents with children aged 0 to 5. Data were entered using CSPRO software and analyzed using STATA software. The results showed that 52% of the parents surveyed were under 35, and 65% were women. As for parents' level of knowledge about the consequences of screens, 40.2% reported ophthalmological problems and 36% were unaware of the harms of screens. 75% had never been made aware of the risks, and 64% were in favor of laws

regulating exposure. As for parents' attitudes and practices regarding their children's exposure to screens between the ages of zero and five, the average daily exposure time is 1 hour 26 minutes. Moreover, the educational benefits of digital technology influence this exposure, and it is more pronounced at weekends. 52% of children are exposed to screens before the age of 1. Children's favorite screen is the tablet (37%), and television is the most widely used screen (54%). Awareness-raising and regulation are needed to protect children's health from the harmful effects of screens.

Keywords: Screens, knowledge, harm, practices, children aged 0 to 5

Introduction

Les écrans font partie intégrante du quotidien des enfants et de leur famille depuis plusieurs décennies. De nos jours, l'avènement du numérique provoque des changements fondamentaux dans le quotidien des parents et celui des enfants. En effet, pour Bachiri et Bara (2022), le temps passé devant les écrans, qu'il s'agisse d'écrans fixes ou mobiles, ne cesse d'augmenter. Ce phénomène n'épargne pas les enfants qui ont des besoins spécifiques que sont : les interactions, les échanges et les jeux essentiels à leur développement. Les écrans ne peuvent donc pas se substituer aux stimulations du monde réel. Par ailleurs les idées reçues de ces nouvelles technologies selon lesquelles elles éveilleraient l'intelligence des enfants et contribueraient à leur éducation font que les parents en font des outils privilégiés dans l'éducation des enfants Cathérine (2021).

Cette exposition précoce et massive aux écrans semble avoir des conséquences néfastes sur les enfants Marie (2019). En effet, L'OMS (2019) recommande que : « pour grandir en bonne santé, l'enfant de moins de cinq ans doit passer moins de temps assis devant un écran, bénéficier d'un sommeil de bonne qualité et consacrer du temps à des jeux actifs.

Le même constat est fait en Côte d'Ivoire où déjà en 1999, la sonnette d'alarme a été tirée par Timité *et al.* (1999) lors du SIMED (Salon Internationale de la Médecine en Afrique) sur les effets néfastes des écrans pour la santé des enfants.

Ainsi krostyrka *et al* (2017) affirme que malgré leur incontestable utilité, les écrans suscitent des inquiétudes sur lesquelles il devient opportun de nous interroger d'où l'importance de cette étude intitulé '' Connaissance des parents sur les effets des écrans chez les enfants de zéro à cinq ans du Centre Hospitalier Régional de Daloa au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire'' a été initié. Elle se fixe pour objectif général est de déterminer les connaissances et les pratiques des parents vis-à-vis de l'exposition des enfants de zéro à cinq ans face aux écrans. De manière spécifique il s'agira d'abord d'identifier les caractéristiques sociodémographiques des parents d'enfants dont l'âge est

compris entre zéro et cinq ans. Ensuite, apprécier le niveau de connaissance des parents sur les conséquences des écrans sur leurs enfants de zéro à cinq et enfin décrire les attitudes et pratiques des parents quant à l'exposition de leurs enfants de zéro à cinq ans aux écrans.

Dans le but de répondre aux différents objectifs que nous nous sommes fixés, un certain nombre de matériel et méthode ont été utilisé pour mener à bien cette étude.

Matériel et Méthodes

Matériel

Le matériel d'étude est constitué de fiche de questionnaire.

Il s'agit essentiellement d'un questionnaire adressé aux parents des enfants de 0 à 5 ans exposé aux écrans fréquentant le CHR de Daloa durant notre enquête

Méthodes

Présentation de la zone d'étude

Notre étude s'est déroulée dans la ville de Daloa chef-lieu de la région du haut Sassandra, au centre ouest de la Côte d'Ivoire. Elle a une superficie de 5362 Km² avec une population de 421.879 habitants (ONU- habitats rapport pays 2023). Daloa est la troisième ville de la Côte d'Ivoire après Abidjan et Bouaké. Elle est distante d'Abidjan de 373 km et de Yamoussoukro de 137 Km. Elle est limitée au Nord par les districts de Vavoua et de Zuénoula, au Sud par le district d'Issia, à l'est par les districts de Bouaflé et de Sinfra, et à l'ouest par le district de Duékoué. Construit sur le site actuel en 1961, l'Hôpital Central de Daloa a été érigé en Centre Hospitalier Régional (CHR) en 1980. Le champ de notre étude est le service de Pédiatrie du CHR de Daloa. Le CHR de Daloa est situé au quartier Kirmann. Il s'étend sur une superficie d'environ 27 hectares dont 15 hectares sont bâtis. Il est limité à l'Est par le quartier Évêché I, à l'Ouest par des habitations, au Nord par le Lycée II et au Sud par un bas-fond. Il est à la fois l'hôpital de référence du District Sanitaire de Daloa et de la Région Administrative du Haut Sassandra.

Enquête proprement dite

Notre étude est de type quantitatif et descriptif réalisée par un questionnaire déclaratif sur les connaissances, les attitudes et les pratiques des enfants de 0 à 5 ans. La méthode qui a été utilisé est d'échantillonnage non probabiliste de type accidentel. Nous avons procédé par un tirage aléatoire simple pour les parents d'enfants âgés de 0 à 5 ans qui ont fréquentés le CHR de Daloa pendant la durée de notre enquête. L'enquête qui s'est déroulée sur quatre (4) mois du 13 Septembre 2023 au 05 Janvier 2024.

Pour réaliser cette étude, quelques démarches administratives telles que l'obtention de l'autorisation du ministère de la santé par le biais de

l'Institut National de Formation des Agents de Santé (INFAS). Par la suite cette autorisation a été présentée au chef de service de Pédiatrie qui nous a autorisés à collecter nos données. Nous avons procédé à l'enquête avec un questionnaire non nominatif pour garder la confidentialité des réponses. Nous avons en outre rassuré les enquêtés que leurs réponses seraient confidentielles et qu'ils étaient libres de répondre aux questions qui leurs étaient posées sans crainte. Ils ont même été informés des objectifs de l'étude et leur consentement éclairé a été obtenu.

L'échantillon (n) a été calculé selon la formule SCHWARTZ :

$$n = t_2 \times P (1 - p) / m^2$$

avec :

n = taille d'échantillon requise (échantillon minimum) ;

t = niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96) ;

P = prévalence estimative de la zone d'étude ;

M = marge d'erreur à 5% (valeur type de 0,05).

Pour notre étude, l'échantillon n est de 277.

La formule de Schwartz est couramment utilisée en recherche pour déterminer la taille d'un échantillon représentatif, en particulier dans les études épidémiologiques et les enquêtes de santé publique. Elle est aussi une formule adaptée aux études descriptives transversales et garantit une représentativité minimale de la population étudiée avec une population cible dans notre cas s'agissant à prendre en compte tous les parents qui ont des enfants dont l'âge est compris entre zéro et cinq dans le Centre Hospitalier Régional de Daloa. Toutes ces raisons justifient le choix de cette formule dans notre étude.

Traitements et analyses des données

Les données de l'enquête ont été recueillies sur le terrain et dépouillées. Elles ont été saisies à l'aide du logiciel CSPRO puis exportées dans le logiciel STATA version 14, pour les analyses descriptives.

Resultats

Situation sociodémographique des parents enquêtés

Age des parents enquêtés

La figure 1 a montré que 52 % des parents étaient âgés de moins 25 à 35 ans contrairement au plus de 50 ans qui étaient les minoritaires (6 %) .

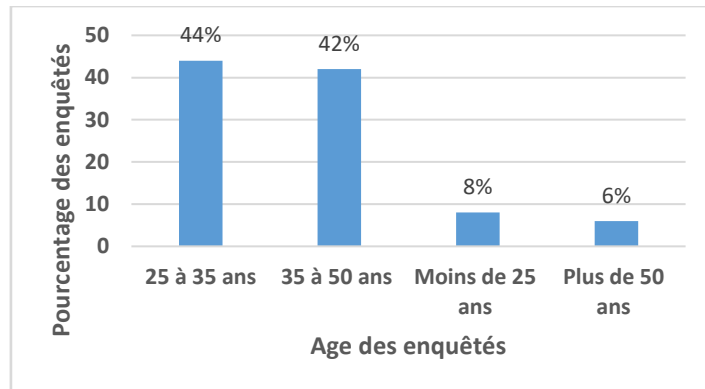


Figure 1: Répartition des enquêtés selon leur âge

Sexe des répondants

Les enquêtés étaient en majorité de sexe féminin (73 %) contrairement à (27 %) qui ont un sexe masculin (Figure 2).

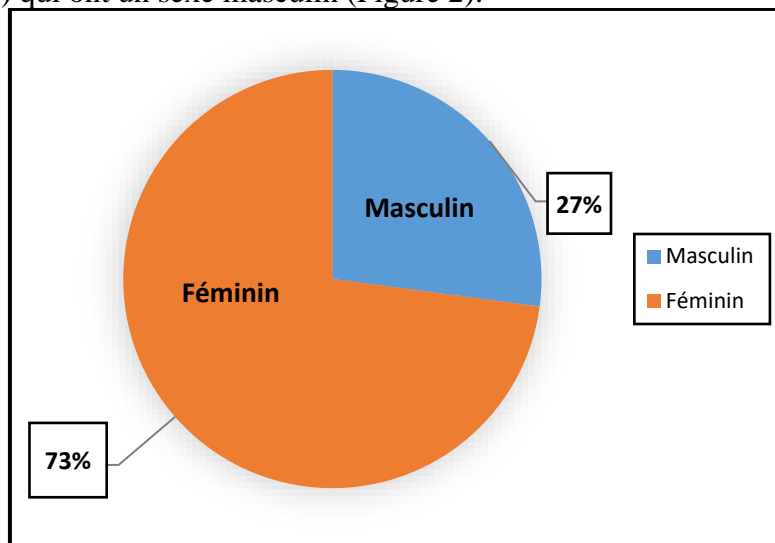


Figure 2: Répartition des enquêtés selon le sexe

Profession des répondants

La majorité des enquêtés soit 50,2 % étaient du secteur informel et 30 % exerçaient dans le domaine de la santé selon la figure 3.

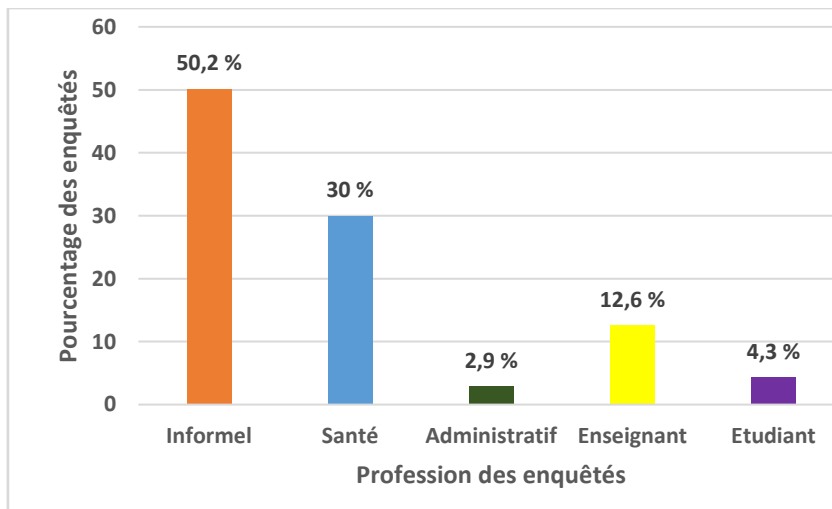


Figure 3: Répartition des enquêtés selon leur profession

Connaissances des parents sur les écrans

Nombre d'écran au domicile des parents enquêtés

Il existe un certain nombre d'écran utilisé dans les domiciles des parents enquêtés. Le diagramme 4 a montré que la totalité des parents enquêtés dispose d'au moins un (1) à sept écrans à leur domicile. En effet 95 parents ont 3 écrans et 94 possèdent deux écrans.

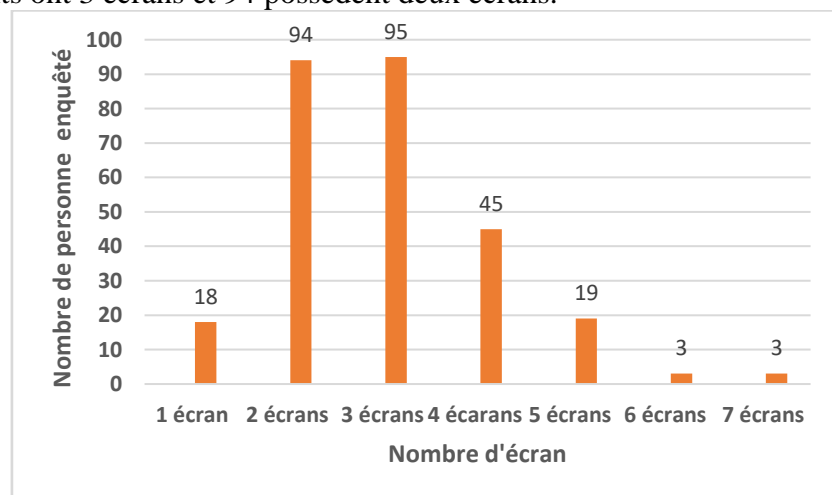


Figure 4: Répartition des enquêtés selon le nombre d'écrans dans les domiciles

Types d'écrans au domicile des parents enquêtés

On observe par ce graphique (5) une répartition équilibrée entre les enquêtés qui ont 3 types d'écrans (34,80 %) et ceux qui en n'ont 2 types (34,43 %) à leur domicile.

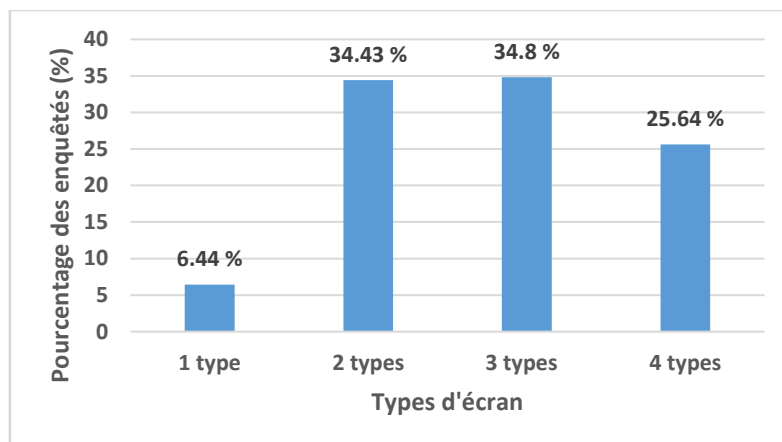


Figure 5: Répartition du type d'écran dans les foyers des parents enquêtés

Conséquences des méfaits de la surexposition des écrans sur le développement des enfants de 0 à 5 ans

Tableau I: Fréquence des réponses des enquêtés relatives aux effets des écrans

RÉPONSES	EFFECTIFS	POURCENTAGES (%)
Troubles ophtalmologiques	111	40,1
Insociabilité et dépendance	24	8,7
Perte du goût de l'effort	9	3,2
Perte de temps et perversion	24	8,7
Isolation	8	3,4
Ne sait pas	101	36
TOTAL	277	100

Selon le tableau I six inconvénients liés à la surexposition des écrans sur le développement des enfants de 0 à 5 ans ont été cités par les parents enquêtés. Il s'agit entre autres des troubles ophtalmologiques, insociabilité et dépendance, perte du goût de l'effort, perte de temps et perversion et l'insolation. Le constat est que les troubles ophtalmologiques sont les effets sur la santé des enfants les plus cités à 40,1 % par les enquêtés. À 36 %, les enquêtés n'ont pas pu citer les méfaits des écrans sur la santé des enfants.

Connaissances des parents relatives aux lois limitant l'utilisation des écrans

Parmi les 277 sondés, 203 soit (73 %) ont déclaré ne pas être informés de l'existence de lois limitant l'utilisation des écrans, contre 74 soit (27 %) qui en connaissent l'existence selon la figure 6.

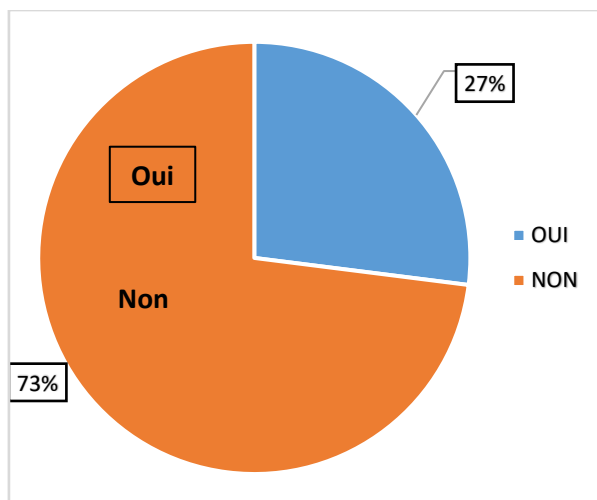


Figure 6 : Répartition des réponses des parents relatives à l'existence de lois qui limitent l'utilisation des écrans

Etat de sensibilisation sur l'utilisation des écrans.

Il ressort de l'analyse de cette fréquence que la majorité soit 75 % des enquêtés n'a jamais été sensibilisé sur l'utilisation des écrans (Figure 7).

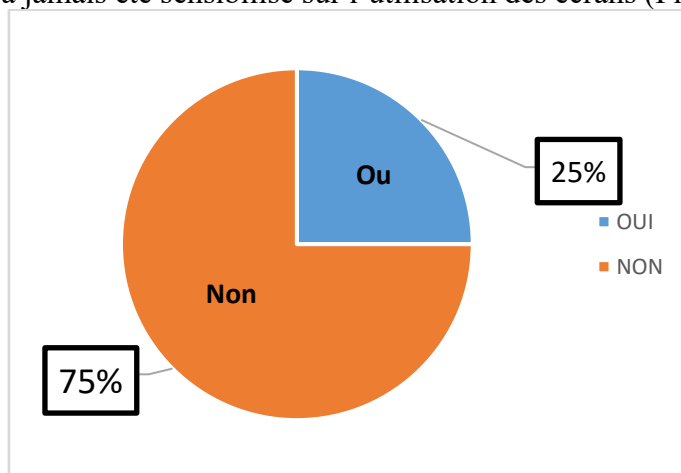


Figure 7: Répartition des réponses de l'état de sensibilisation des parents sur les écrans

Attitudes des enfants face aux écrans selon les enquêtés

Avantages de l'utilisation des écrans sur le développement des enfants de 0 à 5 ans selon les enquêtés

Concernant les avantages, à travers le tableau II, 39,82 % des parents pensent que les écrans sont éducatifs pour les enfants et 22,94 % trouvent que les écrans ont un avantage ludique.

Tableau II: Répartition des avantages de l'écran évoqués par les enquêtés

Avantages de l'utilisation des écrans par les enfants	Effectifs des enquêtés	Pourcentage des enquêtés (%)
Aucun avantage	17	6,14
Amélioration de l'expression du langage	9	3,25
Apprentissage, lire, écrire et compter	32	11,29
Développement intelligence	16	5,78
Distraction	63	22,94
Education	110	39,82
Initiation à l'informatique	21	7,58
Permet de rester à la maison	9	3,2
TOTAL	277	100

Difficultés à défaire les enfants des écrans

La majeure partie des parents soit 70,20 %, ont déclaré qu'il est difficile de défaire les enfants des écrans par contre 29,80 % pensent le contraire (Figure 8).

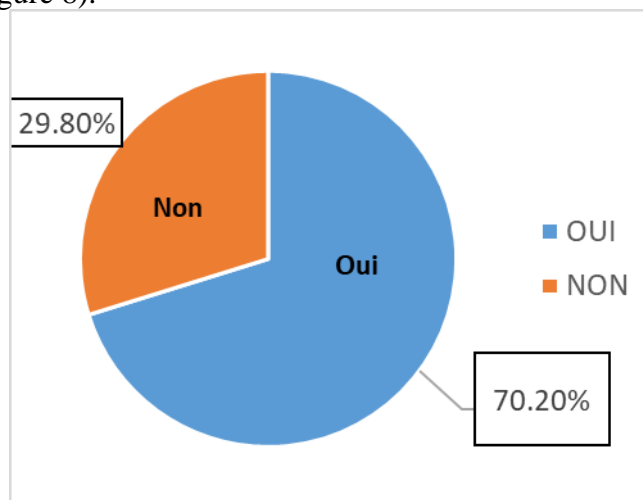


Figure 8: Répartition des réponses des enquêtés sur la difficulté à défaire les enfants des écrans

Pratiques des enfants face aux écrans selon les enquêtés

Accès des enfants aux écrans

Concernant l'accès aux écrans, la figure 9 nous a montré que trois types d'écrans que sont la tablette tactile, la télévision, le smart phone sont les écrans utilisés par les enfants selon les enquêtés. La télévision est utilisée à 54 % et la tablette tactile à 37 % par les enfants. Quant au smart phone il est utilisé à 9 % par les enfants des parents enquêtés.

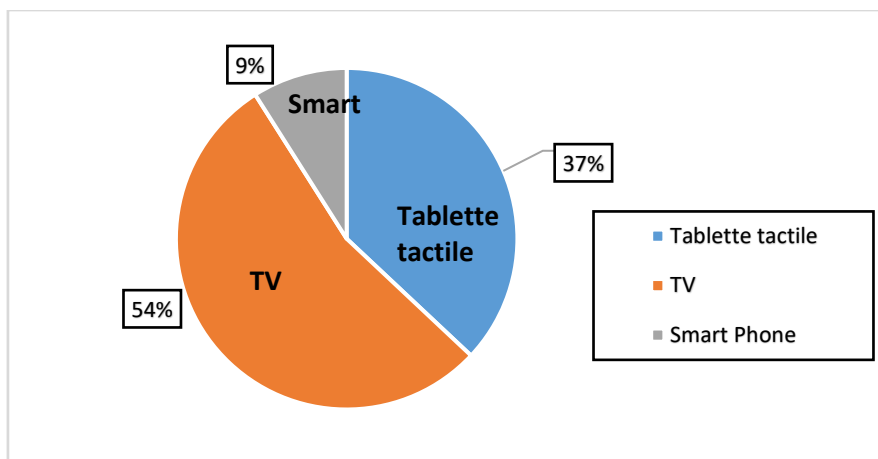


Figure 9: Répartition de l'accès des enfants aux différents écrans de la famille

Début d'exposition des enfants aux écrans

Le graphique ci-dessous indique que la majorité des enfants des enquêtés (52 %) ont commencé à être exposés aux écrans avant 1 an. Par contre seulement 7 % des enfants ont commencé à être exposés à l'âge de 3 ans. La moyenne d'âge de début d'exposition se situe à 1,5 soit 1an 6 mois.

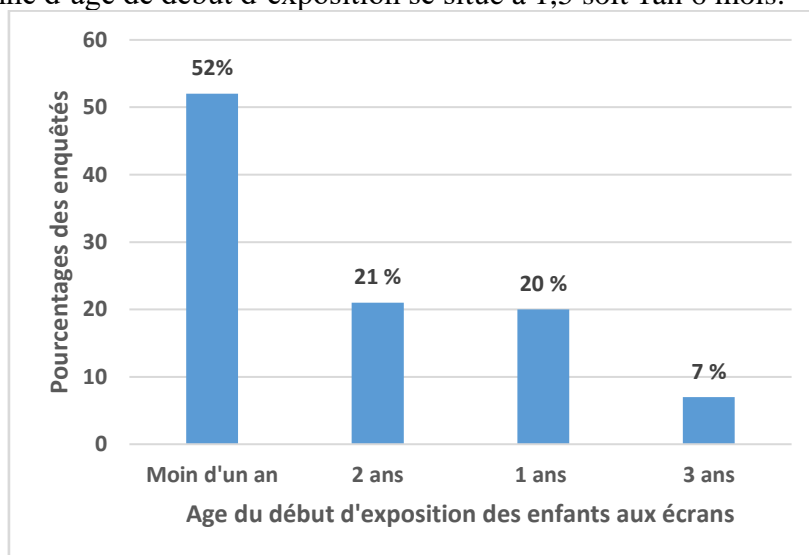


Figure 10: Répartition des réponses des enquêtés relatives à l'âge du début de l'exposition des enfants aux écrans.

Moments de mise devant les écrans

Pour ce qui est du moment de mise devant l'écran, 5 moments ont été cités par les parents enquêtés. On constate à travers le tableau III que l'enfant est devant l'écran à 48,4 % les weekends, 43,7 % à la demande du parent et 40,4 % des cas après les devoirs.

Tableau III: Répartition présentant les moments où l'enfant est devant les écrans

Réponses	Fréquences	Pourcentages (%)
Weekend	134	48,4
Après les devoirs	112	40,4
A la sortie de l'école	66	23,8
A la demande des parents	121	43,7
Avant de dormir	10	3,6

Heure d'écran journalier des enfants devant les écrans

On note à travers la figure 11 que 34 % des enfants selon les enquêtés passent plus de 2h devant les écrans par jour et 27 % y passent 2h de temps par jour.

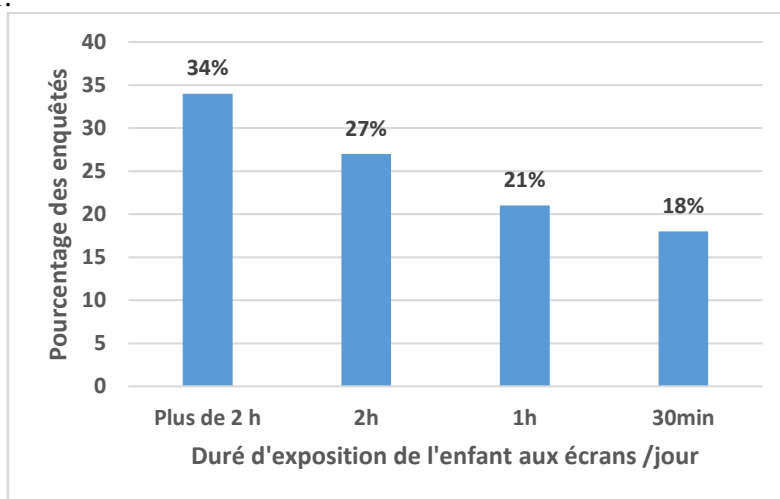


Figure 11: Répartition des réponses des enquêtés relatives à la durée d'exposition de l'enfant aux écrans par jour

Choix des programmes

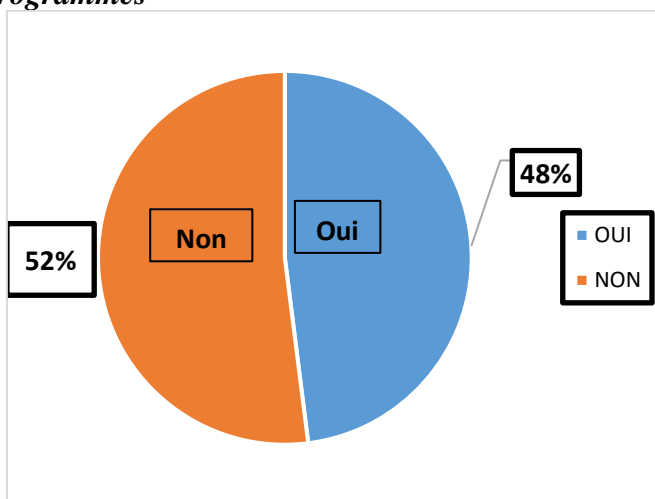


Figure 12: Répartition des réponses des parents relatives à la sélection des programmes

Il apparaît qu'à 48 % selon les déclarations des parents que ce sont eux qui sélectionnent les programmes et dans 52 % des cas se sont les enfants qui choisissent leur programme (Figure 12).

Discussion

La situation sociodémographique des enquêtés a montré que la tranche d'âge des moins de 25 à 35 ans et celle des moins de 25 ans constitue 52, 2 % de nos enquêtés. Notre population est donc majoritairement jeune à l'image de la population ivoirienne comme l'indique le recensement général de la population 2021 comme l'indique le recensement général de la population 2021 effectué par ONU HABITAT (2021), qui stipule que 75,6 % de la population ivoirienne a moins de 35 ans. Elle fait partie de la frange de la population sexuellement active avec un fort taux de fécondité. De même notre population est dominée par les mères à 65,34 %. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les mères sont principalement celles qui prennent soins des enfants surtout en Afrique. De plus, la collecte des données a eu lieu dans des hôpitaux où se sont des mères qui accompagnent leurs enfants pour divers soins préventifs (Vaccination, pesée, diététique) ou curatifs (consultation pédiatrique, hospitalisation pédiatrique). Nos résultats sont similaires à celle d'une étude réalisée en Tunisie sur les connaissances, attitudes et pratiques parentales liées au développement de la petite enfance (Unicef, 2020). En effet l'étude a montré que les mères ont une expérience dans la prise en charge du petit enfant.

Concernant la connaissance des parents sur les écrans, le nombre d'écran dans les foyers des sondés, il y a une pluralité d'écrans dans les domiciles des enquêtés. En effet, il y en a au moins 2 écrans par foyers et on peut même en dénombrer jusqu'à sept pour certains. Cela s'expliquerait par l'avancé des nouvelles technologies. Ces résultats sont similaires à ceux de Gauthier, (2019) dans son étude sur l'utilisation des écrans par les enfants de 0 à 6 ans. En effet cet auteur a dénombré un taux maximal de 16 écrans contrairement à notre étude qui a trouvé un taux maximal de sept écrans. Aussi une étude de Common Sense Media (Rideout & Robb, 2020) montrait que les foyers américains possédaient en moyenne 2,5 écrans par enfant. Pour ce qui est des types d'écrans cités par les parents que sont la télévision, la tablette tactile, l'ordinateur, smartphone sont les mêmes qui ont été étudiés par des experts du forum Canadien sur l'utilisation des écrans et la santé des jeunes tenu le 10 Février 2020 au Québec. Ces experts ont affirmé que ces types d'écran ont connu une nette progression entre les années 2016 à 2019. Quant aux connaissances relatives à l'existence de lois limitant l'utilisation des écrans, 73 % des parents en ignorent l'existence. En effet cette ignorance pourrait s'expliquer par le fait que le phénomène des écrans est assez récent et a eu un développement assez rapide. Cet état de fait pourrait être dû à

l'inexistence de lois régulant l'utilisation des écrans par les enfants dans la législation ivoirienne. En effet jusqu'à ce jour n'avons pas connaissance de l'existence de telles lois.

Pour ce qui est de la sensibilisation sur l'utilisation des écrans par les enfants, la majeure partie des parents (75 %) déclarent n'avoir jamais été sensibilisé à ce phénomène et 96 % manifeste le désir d'être sensibiliser. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que le phénomène des écrans est nouveau, donc il y a très peu de sensibilisation sur cette thématique dans nos pays africains. En effet ce désir de sensibilisation est le même rapporté par le haut conseil de la santé publique de France le 12 Décembre 2019 relatif aux effets de l'exposition des enfants et des jeunes aux écrans. Ce rapport indique qu'il est nécessaire d'accompagner les parents sur l'utilisation des écrans par les enfants. Quant aux méfaits de la surexposition des écrans, d'autres conséquences ont été citées et sont l'insociabilité, la dépendance, la paresse, la perte de temps et la perversion. Il existe aussi d'autres conséquences importantes comme le surpoids, l'obésité, les troubles du sommeil, les troubles du langage qui n'ont pas été cités. Aussi certains parents (36 %) ignorent les conséquences liées à l'utilisation des écrans par les enfants. Tout cela pourrait se justifier par le fait que la majorité (50,2 %) de notre population enquêtée est du secteur informel. Nos résultats sont en adéquation avec ceux de Mbouba Hugues Arnaud (2010) qui a trouvé que la profession des parents pouvait agir sur le niveau de connaissance concernant la santé de leurs enfants. L'effet principalement cité se trouve être les troubles ophtalmologiques à (40,1) %. Cela est en adéquation avec l'étude de Gauthier, (2019) sur l'utilisation des écrans par les enfants de 0 à 6 ans. En effet cette étude a mis en avant les troubles ophtalmologiques comme premier effet cité avec un taux de (27 %). De même une étude menée en France par Meele (2022) montrait que 42 % des parents sous-estimaient les risques des écrans.

Le volet attitude des enfants face à l'utilisation des écrans, l'utilisation des écrans par les enfants n'a pas que des conséquences. Il existe aussi des avantages liés à l'utilisation des écrans selon les parents que sont les avantages éducatifs, la distraction, développement de l'intelligence et bien d'autre. La société Canadienne de pédiatrie a publié en 2016 un document sur le temps des écrans et les jeunes enfants. Cette étude a révélé que l'utilisation des écrans peut avoir des avantages sur l'apprentissage, la lecture, et l'éducation. Concernant le choix de programme et la difficulté à défaire les enfants des écrans elle est affirmée par 52 % des parents dont les enfants choisissent eux-mêmes leurs programmes et 70,20 % des parents déclarent avoir des difficultés à limiter l'usage des écrans. Ces chiffres sont préoccupants et similaires aux tendances mondiales. Une étude de l'UNESCO (2023) montrait que 65 % des parents avaient du mal à gérer le temps d'écran. En effet selon Abdelkim et Arib (2021) les écrans procurent du plaisir aux enfants cela justifierait ce fait

qu'il soit difficile pour les parents de défaire les enfants des écrans. Nos résultats sont pareils à ceux de Gauthé, (2019) qui a affirmé que 75 % des parents déclarent rencontrés des difficultés à retirer un écran à leurs enfants.

Pour ce qui est de la pratique des parents sur les méfaits des écrans, l'analyse de nos résultats a montré que 51 % des enfants possèdent un écran. Cet écran est préférentiellement la tablette tactile à 37 %. Cette préférence des enfants pourrait être dû au fait que la tablette tactile est le dernier né selon l'évolution des écrans. En effet le HCSP Français, (2019) dans son rapport du 19 Décembre 2019 dans son rapport relatif aux effets de l'exposition des enfants et des jeunes aux écrans a indiqué que la tablette est un nouveau concurrent qui écrase littéralement les ventes. La tendance pour les tablettes se confirme en 2014 avec 35,20 % des acquisitions.

Concernant l'accessibilité au nombre d'écran, sur les 4 types d'écran que sont la télévision, la tablette tactile, le smart phone et l'ordinateur, 87 % des parents des enquêtés déclarent que les enfants ont accès à au moins un type d'écran qui est la télévision et d'autres peuvent avoir accès aux 4 types.

Il n'est donc pas étonnant que la télévision soit l'écran le plus utilisé à 54 % par les enfants.

En effet, la télévision est l'écran le plus présent dans les foyers et aussi le plus vieux selon l'historique des écrans. Elle est quasiment allumée dans les domiciles. Contrairement aux tablettes mobiles qui peuvent être confisquée ou rangées lors des punitions. Nos résultats sont similaires à ceux de Gauthé, (2019) qui a trouvé dans son étude que la télévision, le smartphone et les écrans tactiles sont les plus utilisés.

Nos résultats ont montré que 52 % des enfants sont exposées aux écrans avant de l'âge d'1an et 48 % d'entre eux sont exposés aux écrans entre 1 et 3 ans.

Cette précocité d'exposition pourrait se justifier par le fait qu'il existe plusieurs écrans (jusqu'à 7 écrans) dans les domiciles. Notre étude est similaire à celle réalisé par Le et Turberg (2015) dans leur étude intitulé Nutri-Bébé 2013 observent que les nourrissons et les enfants français de 0-3ans passent par jour en moyenne 30 minutes jusqu'à douze mois, puis 50 minutes à 24-29 mois et près d'une heure à 30-35 mois sur les écrans.

Concernant le temps journalier passé par les enfants devant les écrans, notre étude révèle que :

- Les moins d'1an passent 40 min tandis que l'étude de Gauthé, (2019) révèle 38 min.
- Les 1ans passent 1h 10min contre 55 min
- Les 2 ans passent 1h 30min contre 56 min
- Les 3ans passent 1h 40min contre 1h 34min
- Les 4ans passent 1h 44min contre 2h 09min
- Les 5ans passent 1h 52min contre 2h 54min

Notre étude diffère donc de celle de Gauthier, (2019) et cette différence s'observe le plus de 4ans à 5ans. Cependant les deux études ne respectent pas les recommandations du HCSP de France, (2019) qui recommande :

- qu'avant l'âge de 3 ans, les sont à proscrire si les conditions d'une interaction parentale ne sont pas réunies, et même dans ce cas le temps d'utilisation doit être faible et délimité (limite de début et de fin).
- Avant l'âge de 3 ans, l'enfant ne doit pas être exposé à un écran, c'est-à-dire que l'enfant ne doit pas être installé devant un écran allumé servant de distraction.
- Avant l'âge de 5ans ne pas exposer l'enfant à des écrans diffusant les images en 3D en raison des effets négatifs de ces images.

Conclusion

Notre étude a permis de montrer qu'il existe plusieurs types d'écrans dans les foyers auxquels les enfants ont accès. Elle a aussi permis de voir que les parents enquêtés sont majoritairement dans le secteur informel. Ils ignorent l'existence de lois sur la limitation de l'usage des écrans par les enfants et désirent être sensibilisés sur la thématique. Par ailleurs les parents ont cité plusieurs avantages de l'utilisation des écrans mais n'ont que quelques notions sur les conséquences de l'usage abusif des écrans par les enfants. Par conséquent, les enfants sont exposés précocement (avant l'âge d'un an) et sont devant les écrans en moyenne 1h 26 min par jour. De même la plupart des parents n'ont pas établies des règles d'utilisation des écrans pour les enfants. En outre ces résultats ne respectent pas les recommandations de l'OMS. Au vu de tout ceci, il s'avère nécessaire de sensibiliser les parents sur les méfaits des écrans dans le développement des enfants de 0 à 5 ans pour favoriser leur épanouissement, à cette ère où l'utilisation des écrans demeure indispensable dans notre quotidien.

Remerciements

Nos remerciements sont adressés au Professeur AKAFFOU Adja Evelyne, Maître de Conférences, à l'UFR Sciences Médicales de l'Université Felix Houphouët Boigny et chef de service de la Pédiatrie Médicale et de néonatalogie à l'hôpital mère enfant de Bingerville notre Directrice de mémoire. Madame THANON née COULIBALY Fatoumata Surveillante Générale à l'école de spécialité de l'INFAS notre Co-directrice. Merci pour vos conseils, assistances et orientations lors de nos travaux. Nous remercions également le Professeur KONAN Kouakou Séraphin (Enseignant chercheur à l'Université Jean Lorougnon Guédé) pour ses orientations et corrections lors de la rédaction de cet article. Nous remercions également tous ceux qui de près ou de loin nous ont apporté leur soutien en occurrence BOHOUSOU Crystel Natacha (Docteur à l'Université Felix Houphouët Boigny) pour son aide à la

mise en forme du document sans oublier les parents enquêtés des enfants de 0 à 5ans qui ont donné leur accord à participer à cette étude.

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.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a pu être réalisée suite à l'autorisation obtenue par le Ministère de la Santé par le biais de l'Institut National de Formation des Agents de Santé. La Direction du CHR de Daloa a validé l'autorisation. Elle a été par la suite présentée au chef de service de Pédiatrie qui nous a autorisés à collecter nos données.

References:

1. Abdelkrim, M., Arib, F. (2021). La surexposition des enfants aux écrans et indicateurs d'addiction aux jeux vidéo. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en Psychologie de l'Université de Béjaïa, 98p.
2. Bachiri, M & Bara, L (2022). L'effet de surexposition aux écrans sur langage expressif chez les enfants âgés de 3 à 5 ans. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en Psychologie de l'Université de Béjaïa., 74p.
3. Catherine, E. (2021). Pour un retour à la réalité, pourquoi les écrans absorbent tans nos enfants ? Livre numérique. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. Bibliothèque et Archives du Canada - 2021. 176p.
4. Habitat O. N. U. (2021). Sistema de ciudades de Bolivia (SCB). Política nacional de desarrollo integral de ciudades. La Paz: ONU Hábitat.
5. Heuzey, M. F., & Turberg-Romain, C. (2015). Nutri-bébé 2013 Study Part 3. Nutri-Bébé Survey 2013: 3/Behaviour of mothers and young children during feeding. Archives de Pédiatrie, 22(10), 10S20-10S29.
6. Krostyrka, Allchorne, K., Cooper, N R., Simpson, A. (2017). Touchscreen generation: children's current media use, parental supervision methods and attitudes towards contemporary media. Acta paediatr, volume 106, n°4, 2017, p. 654-762.

7. Marie, G. (2019). L'utilisation des écrans par les enfants de 0 à 6 ans dans le cadre familial. Étude quantitative à partir de 375 enfants. Médecine humaine et pathologie. Thèse, 112p.
8. Meele. (2022). parents, enfants & numérique. 9p.
9. Mondiale de la Santé, Organisation, and World Health Organization «Pneumococcal conjugate vaccines in infants and children under 5 years of age: WHO position paper–February. Vaccins antipneumococciques conjugués chez les nourrissons et les enfants de moins de 5 ans: note de synthèse de l'OMS–février 2019." Weekly Epidemiological Record= Relevé épidémiologique hebdomadaire 94.08 (2019): 85-103.
10. Rideout, V & Robb, M. B. (2020). The Common Sense census: Media use by kids age zero to eight, 2020. San Francisco, CA: Common Sense Media.
11. Timité-konan, A M., Aké-Assi, M.H., Adonis-Koffi, L Y., Assé, K V (1999). la télévision et santé de l'enfant, premier salon international de la médecine en Afrique.
12. UNESCO. (2023). Résumé du rapport mondial de suivi sur l'éducation, 2023: les technologies dans l'éducation: qui est aux commandes? 35P.
13. Unicef. (2020). La Situation des enfants dans le monde 2019: Enfants, nourriture et nutrition-Bien grandir dans un monde en mutation. United Nations.
14. World Health Organization. (2009). Infant and young child feeding: model chapter for textbooks for medical students and allied health professionals. World Health Organization.

Caractéristique du peuplement ligneux et stock de carbone le long d'un gradient forêt sacrée-champs de culture dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun

*Tiokeng Bertine
Tuedom Sikati Armel Gabin
Tsobou Roger
Matane Sob Kevine
Nguetsop Victor François*

Faculté des Sciences, Université de Dschang, Département de Biologie
Végétale, Unité de Recherche de Botanique Appliquée, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p188](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p188)

Submitted: 04 February 2025

Accepted: 18 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Tiokeng B., Tuedom A.S.G., Tsobou R., Matane S.K. & Nguetsop V.F. (2025). *Caractéristique du peuplement ligneux et stock de carbone le long d'un gradient forêt sacrée-champs de culture dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 188. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p188>

Résumé

La gestion des forêts sacrées par les populations rurales est de plus en plus fragilisée par le changement de mentalités lié à la mondialisation. Cependant, les forêts sacrées restent les seuls refuges de la végétation ancienne bien qu'elles soient de plus en plus réduites au profit des terres cultivées. L'objectif de ce travail est de contribuer à la connaissance de la flore des ligneux et des quantités de carbone stockées par ces ligneux le long d'un gradient forêt sacrée-champs de culture dans le groupement Bandjoun. Un inventaire de la végétation ligneuse a été réalisé sur 23 placettes de 30 m x 30 m ; soit 10 dans la forêt sacrée et 13 dans les champs du groupement Bandjoun. Les mensurations ont porté sur la hauteur (m) et le diamètre à hauteur de poitrine (dhp \geq 10 cm) de tous les individus comptés. Les données collectées ont permis d'évaluer la structure du peuplement ainsi que la phytodiversité sur la base des indices couramment utilisés. Les biomasses et le carbone ont été estimés par la méthode non destructive. Dans l'ensemble un total de 823 individus répartis dans 54 espèces, 40 genres et 28 familles a été recensé. Les valeurs moyennes des indices de diversité floristique de Shannon confirment

celles de Simpson ; elles sont toutes faibles témoignant d'une faiblesse dans la variabilité spécifique des écosystèmes étudiés. Les résultats de l'Équitabilité de Pielou traduisent la stabilité des deux communautés végétales. Les espèces *Canarium schweinfurthii* Engl. (70%) et *Persea americana* Mill. (92,31%) sont les plus fréquentes respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs. La surface terrière est de 66,17 m²/ha dans la forêt sacrée et de 47,48 m²/ha dans les champs. L'évolution des individus par classe de diamètre montre une diminution du nombre d'individus avec l'augmentation du diamètre. Parmi les espèces recensées, 03 sont Vulnérables, 02 en danger et 01 en danger critique. Les quantités de carbone séquestrées dans la forêt sacrée et champs sont respectivement de 328,30 et 215,53t C/ha. *Cola acuminata* (P.Beauv.)Schott&Endl. renferme les quantités de carbone 44,41 t/ha et 56,75 t/ha respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs. Cette étude montre que la forêt sacrée et les champs dans le groupement Bandjoun renferment une composition floristique presque similaire et une phytodiversité non négligeable qui méritent des attentions particulières ; en plus ces écosystèmes contribuent à la réduction des gaz à effet de serre notamment le CO₂ contenu dans l'atmosphère.

Mots-clés: Anthropique, Carbone, champs, forêts sacrées, Ouest Cameroun

Woody stand characterization and carbon stock along a sacred forest-cropland gradient in the Western Highlands of Cameroon

Tiokeng Bertine

Tuedom Sikati Armel Gabin

Tsobou Roger

Matane Sob Kevine

Nguetsop Victor François

Faculté des Sciences, Université de Dschang, Département de Biologie
Végétale, Unité de Recherche de Botanique Appliquée, Cameroun

Abstract

Management of sacred forests by rural populations is increasingly undermined by changing attitudes linked to globalization; yet sacred forests remain the only refuges of ancient vegetation, even though they are being increasingly reduced in favor of cultivated land. The aim of this work is to contribute to the knowledge of the flora of woody plants and the quantities of carbon stored by these woody plants along a sacred forest-cropland gradient

in the Bandjoun group. An inventory of woody vegetation was carried out on 23 plots measuring 30 m x 30 m; 10 in the sacred forest and 13 in the fields of the Bandjoun group. Measurements were taken of the height (m) and diameter at breast height (dhp \geq 10 cm) of all individuals counted. The data collected made it possible to assess stand structure and phytodiversity on the basis of commonly used indices. Biomass and carbon were estimated using the non-destructive method. Overall, a total of 823 individuals in 54 species, 40 genera and 28 families were recorded. The mean values of Shannon's floristic diversity indices confirm Simpson's; they are all low, reflecting the low specific variability of the ecosystems studied. The Piélou Equitability results show the stability of both plant communities. The species *Canarium schweinfurthii* (70%) and *Persea americana* (92.31%) are the most frequent in the sacred forest and the fields respectively. The basal area is 66.17 m²/ha in the sacred forest and 47.48 m²/ha in the fields. The evolution of individuals by diameter class shows a decrease in the number of individuals as diameter increases. Of the species recorded, 03 are Vulnerable, 02 Endangered and 01 Critically Endangered. The quantities of carbon sequestered in the sacred forest and fields are 328.30 and 215.53t C/ha respectively. *Cola acuminata* contains 44.41 t/ha and 56.75 t/ha of carbon in the sacred forest and fields respectively. This study shows that the sacred forest and the fields in the Bandjoun grouping have an almost similar floristic composition and significant phytodiversity, which merit special attention; in addition, these ecosystems contribute to the reduction of greenhouse gases, in particular the CO₂ contained in the atmosphere.

Keywords: West Cameroon, anthropogenic, Carbon, crop fields, sacred forests

Introduction

Les écosystèmes forestiers fournissent de nombreux produits et services utiles au développement socioéconomique des populations. Près de 2,5 milliards de personnes vivant en zone rural dans les pays en voie de développements utilisent des produits forestiers autres que le bois d'œuvre (FAO,2024). Les forêts jouent un rôle important sur le plan culturel et dans le maintien des équilibres écologiques. Au-delà des services écologiques rendus par ces écosystèmes forestiers tels que : la séquestration du carbone, le recyclage de la matière et la protection des sols contre l'érosion, ils favorisent les précipitations, fournissent de nombreux médicaments et une sécurité alimentaire pour l'homme (Topa *et al.*, 2010). Les forêts contribuent à alimenter 40 millions de personnes vivant dans les centres urbains des pays où sont situés ces forêts (Nasi *et al.*, 2011 ; De Wasseige *et al.*, 2013). Malgré les différents services rendus par les forêts aussi bien à l'Homme qu'à la nature,

on assiste au cours de ces dernières décennies à une forte érosion des écosystèmes due aux pressions économique, démographique et socioculturelle (FAO,2024). En effet, la croissance démographique entraîne une augmentation des champs cultivés avec pour conséquence la réduction des formations naturelles (Fournier *et al.*,2001) si bien que ces espaces naturels se retrouvent finalement pour la plupart aux zones incultivables ou protégés ou même sacrée.

La région de l'Ouest Cameroun est marquée par ses potentialités agricoles. La pression sur les terres y est très importante et les massifs forestiers sont peu nombreux (Salpeteur, 2010). La forêt dense de montagne qui couvrait anciennement toute la zone ne se rencontre aujourd'hui que sous forme de reliques dit « sacrées » situées à proximité des chefferies. Les stratégies de gestion traditionnelle de ces forêts se dégradent progressivement avec l'expansion des religions modernes et le changement des mentalités (Koutchika *et al.*,2013). La rareté des terres cultivables pousse les populations à empiéter de plus en plus sur ces reliques de forêts restantes au profit des champs et autres utilisations des terres dans le but de satisfaire leurs besoins quotidiens malgré leurs superficies réduites. Certaines espèces sont préservées pendant la mise en place des champs de culture ; en effet, les champs de culture sont très souvent marqués par le maintien des peuplements ligneux utiles et favorables aux cultures. Les populations rurales utilisent ces arbres comme une alternative aux productions agricoles mais aussi une source additionnelle d'aliments et des revenus (Kengne *et al.*,2024 ; Badiane et al., 2019). La connaissance de ces ligneux serait un atout pour la maîtrise de ces espèces et un renforcement des mesures liées à leur gestion. De nombreuses études se sont penchées jusqu'ici vers les écosystèmes naturels parmi lesquels les forêts sacrées de la région de l'ouest. Ces travaux ont pour la plupart montré non seulement une faible diversité spécifique (Tiokeng *et al.*,2020 ; Makemteu et Noumi, 2022 ; Donfack et al.,2024) dans ces forêts sacrées mais aussi le rôle joué par celles-ci dans la diminution du CO₂ atmosphérique (Tiokeng *et al.*, 2024). Cependant, dans un contexte de recrudescence des aires de cultures, l'influence de l'action anthropique sur la phytodiversité des ligneux le long d'un gradient forêt sacrée-champs de culture sur les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun n'a pas encore été suffisamment appréciée. Ce travail vise à apporter des connaissances sur le peuplement ligneux et les quantités de carbone séquestrées par ceux-ci dans les forêts sacrées et les champs de culture du groupement Bandjoun. Il s'agit plus précisément : (1) d'analyser la composition floristique des ligneux de la forêt sacrée et des champs de culture de Bandjoun ; (2) d'estimer les quantités de carbone séquestrées par les ligneux de ces écosystèmes.

Méthode d'étude

Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude (figure 1) est située dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun précisément dans le département du Koung-khi entre 5° 20 19'' ou 5,3385° de latitude Nord et entre 10° 28' 28'' ou 10,4745° de longitude Est avec une altitude moyenne de 1490 m. Il comprend deux arrondissements qui sont : Poumougne, Bayangam et a pour chef-lieu Bandjoun. La forêt sacrée qui fait l'objet de cette étude est situé dans la chefferie de Bandjoun, arrondissement de Poumougne.

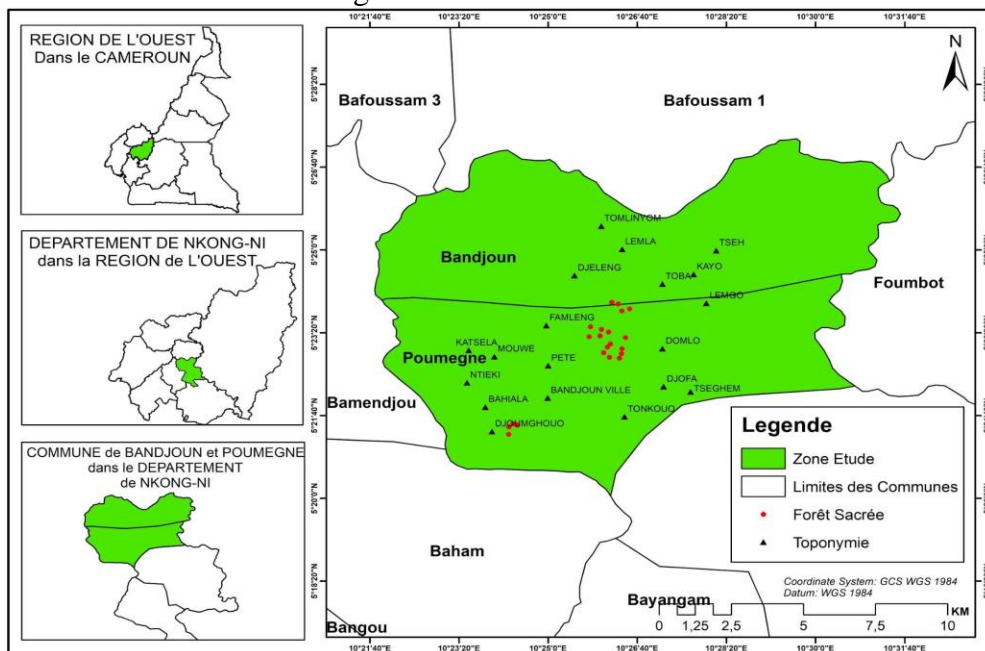


Figure 1 : Localisation des parcelles étudiées (source : DEFFO, Google Earth, 2023)

Collecte des données

L'échantillonnage aléatoire simple a été adopté pour cette étude. En effet, la position spatiale des relevés a été déterminé au hasard et de façon indépendante dans la forêt sacrée et dans les champs de cultures. L'âge des champs de culture n'a pas été prise en compte dans cette étude étant donné que l'intérêt était porté uniquement sur des ligneux de diamètre supérieur ou égale à 10 cm prise à 1,30 m du sol. Les inventaires ont été réalisés au moyen des relevés de surface sur un total de 23 parcelles de 30 m * 30 m (Boudet, 1984 ; Ngom *et al.*, 2013 ; Tiokeng *et al.*, 2024) installées de façon à couvrir le maximum de superficie ; soit 10 dans la forêt sacrée et 13 dans les champs. Un GPS a été utilisé pour enregistrer les coordonnées géographiques de chaque parcelle. À l'intérieur des parcelles, tous les individus ayant une circonférence supérieure ou égale à 32 cm, soit un diamètre à hauteur de

poitrine supérieur ou égale à 10 cm ont été comptés. Ces individus ont été mesurés à l'aide d'un ruban métrique. Toute tige bifurquée avant 1,30 m au-dessus du sol était considérée comme une tige secondaire et également comptée. Le diamètre des arbres à contreforts était pris à 30 cm au-dessus de ceux-ci. La hauteur de chaque individu a été mesurée à l'aide d'un clinomètre/boussole de marque SUNTO et après plusieurs répétitions une estimation a été faite pour les autres individus. Certaines espèces ont été identifiées sur place grâce aux fleurs, fruits, couleurs de l'exsudation après entaille de l'écorce et à la présence des contreforts.

Les espèces non identifiées ont été récoltées, pressées et séchées, puis identifier ultérieurement par comparaison avec les échantillons d'Herbiers National du Cameroun et en utilisant le manuel de Letouzey (1985). La nomenclature botanique utilisée est celle du groupe de la classification phylogénétique des angiospermes III (APG III).

Analyse des données

Dans le but de mieux présenter la diversité floristique, un certain nombre d'indices a été choisi pour cette étude. Il s'agit de :

Indice de diversité de Shannon

Il quantifie la diversité spécifique, en tenant compte des proportions de chaque espèce (Shannon, 1948). Plus cet indice atteint des valeurs fortes, plus la diversité est élevée. Une valeur supérieure à 3,5 bits indique une grande diversité floristique (Kent et Cooker, 1992). L'indice de Shannon-Weaver (H') se calcule selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

Dans cette formule, H' désigne l'indice de diversité de Shannon,

N_i : le nombre d'individus d'une espèce i avec i allant de 1 à S (nombre total d'espèces),

N : le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues dans le milieu,

S : la richesse spécifique de la parcelle ou du biotope considéré

Log : le logarithme de base 2.

$H' = 0$ si tous les individus du peuplement sont représentés par une seule et même espèce ; ou encore si dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu ; H' sera maximal quand tous les individus seront répartis d'une façon égale sur toutes les espèces. Il peut varier entre 0 et 4,5 pour des relevés de faibles tailles. H est maximal quand tous les

individus sont répartis d'une façon égale entre toutes les espèces (Frontier, 1983).

Equitabilité de Piélou

$E = \frac{H'}{\log_2(S)}$; avec S le nombre total d'espèces présentes dans la parcelle

Encore appelé indice d'équirépartition (Blondel, 1979), L'équitabilité de Piélou exprime la répartition des individus au sein des espèces. Cet indice varie entre 0 et 1. Lorsqu'une espèce constitue la majorité de l'effectif, E tend vers 0. E tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

Indice de diversité de Simpson

Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (Schlaepfe, 2002) et donne plus d'importance aux espèces dominantes qu'aux espèces rares. Il se calcule à travers la formule $1 - D = \sum \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$; avec N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée i, i allant de 1 à s.

L'indice de diversité de Simpson $1-D$ a été proposé par d'autres chercheurs (Danaïs, 1982 ; Mendes *et al.*, 2008), car selon ces chercheurs, il donne des valeurs « plus intuitives ». Le maximum de diversité est représenté par la valeur 1 et le minimum de diversité par la valeur 0. Tous ces indices de diversité ont été calculés à l'aide du logiciel Past 4.03.

Richesse spécifique

Elle correspond au nombre total d'espèces dans un échantillon donnée.

Évaluation de la structure horizontale

Pour apprécier la structure horizontale des peuplements étudiés, les paramètres structuraux suivants ont été calculés.

- Densité des individus

La densité est le nombre d'individus par unité de surface. Elle s'exprime en nombre d'individus/ha et s'obtient par le rapport de l'effectif total des individus dans l'échantillon (N) par la surface échantillonnée (S). Sa formule mathématique est : $D = \frac{N}{S}$

- Abondance relative des taxons $Dr = \frac{N_i}{N} \times 100$

Avec N_i l'effectif d'une espèce et N l'effectif total,

- Fréquence $F_r = \frac{P_i}{p} \times 100$ avec P_i = nombre de relevé où l'espèce i est présente ; p = nombre total de relevé, présentes sur la surface considérée et S est la surface échantillonnée,

- Surface terrière $St = \sum \frac{\pi D_i^2}{4}$ Avec D le diamètre de chaque individu, St est la surface terrière (m²/ha) et D, le diamètre (m).
- Dominance $Do = \frac{St}{St} \times 100$

La surface terrière correspond à la section transversale d'un d'arbre et permet de mieux visualiser la surface occupée par une espèce ou famille. Avec, St est la surface terrière (m²/ha) ; D est le diamètre (m).

L'Indice de valeur d'Importance des espèces l'IVI (Curtis et Macintosh, 1951) est la somme de la fréquence relative, la densité relative et la dominance relative. C'est une expression synthétique et quantifiée de l'importance d'une espèce dans un peuplement. Pour une interprétation plus facile de l'IVI certains auteurs (Lindsey, 1956 ; Labat, 1995 ; NGom *et al.*, 2013) l'ont exprimé en pourcentage (%) en le définissant comme la moyenne arithmétique, pour l'espèce i, de la densité relative (Dr), la fréquence relative (Fr) et la dominance relative (Domr).

$IVI = \frac{Fr + Dr + Dor}{3}$. Il permet de caractériser l'importance d'une espèce par rapport à l'ensemble des autres espèces au sein d'une végétation (Gueulou *et al.*, 2018).

La répartition des classes de diamètres des ligneux a été inspirée de la méthode de Letouzey (1968). D'après cette approche, les individus enregistrés sont classés par classe de diamètres de manière suivantes : [10-20 cm [; [20-50 cm [; [50-100 cm [; ≥ 100 cm. La structure verticale a été appréciée à partir des classes de hauteurs subséquentes : [1-5 [; [5-10[; [10-15[; [15-20 m[; [20-25 m[; ≥ 25 m.

• Statut de conservation des espèces

Le statut de chaque espèce a été obtenu à partir du site www.iucnredlist.org de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2023). C'est un indicateur essentiel de la santé de la biodiversité mondiale. La connaissance du statut d'une espèce permet de maintenir l'existence de cette espèce, mais aussi de préserver son environnement d'un point de vue plus global.

Estimation du carbone stocké

L'estimation de la biomasse aérienne (BA) et souterraine (BS) des ligneux s'est fait par la méthode non destructive basée sur les équations allométriques établie par les autres chercheurs dans la zone tropicale. Pour cela, l'équation allométrique de de **Fayolle *et al.* (2013)** a été utilisée pour l'estimation de la biomasse aérienne : $BA = \rho x e^{(-1,183 + 1,940 \times \ln(D) + 0,239 \times (\ln(D))^2 - 0,0285(\ln(D))^3)}$; Avec $\rho = 0,58$ et D = diamètre des arbres.

La biomasse souterraine a été calculée en utilisant l'équation allométrique de Cairns *et al.* (1997) qui est fonction de la biomasse aérienne : $BS = e^{(-1,0587+0,8836 \times \ln(BA))}$

BA : Biomasse aérienne, **BS** : Biomasse souterraine

La biomasse totale (BT) exprimée en kg MS/ha a été estimée à partir de la formule suivante : $BT = BA + BS$; avec, **BA** = biomasse aérienne et **BS** = biomasse souterraine.

Pour évaluer le stock de carbone dans chacune des forêts, la relation suivante a été utilisée : $Stock\ C = CF * BT$; avec, C = stock de carbone total ; **BT** = biomasse totale et CF = Carbone Fraction (ratio de carbone) dont la valeur par défaut est 0,47 pour toutes espèces confondues (GIEC, 2006). Les quantités de CO₂ absorbé par ces forêts ont été t déduit à partir de la formule : $CO_2 = C \times 3,67$; avec CO₂ = Stock de CO₂ atmosphérique et C = Stock de carbone issu de la biomasse.

Résultats

Composition floristique et diversité spécifique

Les inventaires ont permis de recenser 823 individus au total appartenant à 54 espèces cumulées, 40 genres et 28 familles dans les deux peuplements végétaux. Le nombre d'espèces identifiée par utilisations de terre est presque similaire ; soit 54 espèces dans les champs de cultures et 58 espèces dans la forêt sacrée. Parmi les familles recensées, les Moraceae sont les plus diversifiées avec 6 espèces, suivie des Rubiaceae et des Fabaceae avec respectivement 4 espèces. Les densités des individus à l'hectare sont de 451 et 355 individus respectivement dans la forêt sacrée et les champs. La surface terrière est de 66,17 m²/ha dans la forêt sacrée et de 47,48 m²/ha dans les champs. Les valeurs moyennes de Simpson, de Shannon et Piélou sont de 0,86±0,03 ; 2,25±0,24 et 0,87±0,04 respectivement dans la forêt sacrée alors que dans les champs, elles sont de 0,78±0,14 ; 2±0,49 et 0,81±0,10 (Tableau 1).

Tableau 1: Diversité floristique par parcelle dans la forêt sacrée (FS) et les champs (CH)

Sites inventoriés		1-D	H'	E
Forêt sacrée	FS1	0,92	2,69	0,91
	FS2	0,87	2,28	0,86
	FS3	0,84	2,25	0,81
	FS4	0,87	2,16	0,94
	FS5	0,89	2,32	0,93
	FS6	0,9	2,47	0,91
	FS7	0,83	2,01	0,87
	FS8	0,87	2,38	0,86
	FS9	0,8	1,83	0,8
	FS10	0,83	2,12	0,83
Moyenne		0,86±0,03	2,25±0,24	0,87±0,04
CH1		0,78	1,81	0,75

Champ	CH2	0,36	0,72	0,52
	CH3	0,73	1,67	0,76
	CH4	0,84	2,12	0,88
	CH5	0,8	1,84	0,84
	CH6	0,83	2,3	0,83
	CH7	0,84	2,15	0,86
	CH8	0,88	2,43	0,88
	CH9	0,9	2,5	0,92
	CH10	0,85	2,05	0,89
	CH11	0,87	2,4	0,85
	CH12	0,87	2,42	0,87
	CH13	0,7	1,48	0,76
	Moyenne	0,78±0,14	2±0,49	0,81±0,10

Le t test a été effectué pour comparer les moyens des indices de diversité obtenu dans les deux types de biotope au seuil de 5 %. Les résultats révèlent qu'il n'existe pas une différence significative entre les valeurs de Shannon ($t=2,08$; $p=0,14$), de Piélou ($t=2,08$; $p=0,13$) et de Simpson ($t=2,08$; $p=0,12$).

Indice de valeur d'importance des espèces (IVI)

Les espèces les plus prépondérantes dans les deux zones sont parfois les mêmes. Le tableau 2 présente 10 espèces ayant une valeur d'IVI supérieur à 10 % dans les deux peuplements. Les espèces *Cola acuminata* et *Persea americana* ont des valeurs d'importance plus élevées ; soit 32,18% et 38,46 % respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs. Elles sont suivies de *Canarium schweinfurthii* (28,37%) dans la forêt sacrée et de *Cola acuminata* (38,02%) dans les champs.

Tableau 2 : Importance relative de 10 espèces ayant des valeurs de l'IVI $\geq 10\%$

Sites inventoriés	Nom de l'espèce	Fr (%)	Do(%)	D(%)	IVI(%)
Forêt sacrée	<i>Cola acuminata</i> Engl.	69,98	13,47	13,09	32,18
	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	69,99	12,16	2,96	28,37
	<i>Persea americana</i> Mill.	70,01	3,36	6,91	26,76
	<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms	70,01	0,32	9,38	26,57
	<i>Ficus vogeliana</i> (Miq.) Miq.	70,01	0,57	0,25	23,61
	<i>Ficus exasperata</i> Roxb.	50,01	5,07	10,86	21,98
	<i>Dracaena aborea</i> (Wild.) Link	50	9,84	3,46	21,1
	<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	50,01	0,71	1,48	17,4
	<i>Ficus chlamydocarpa</i> Mildbr. & Burret	50,01	0,83	0,49	17,11
	<i>Cassia</i> sp	30,01	4,35	1,73	12,03
	<i>Persea americana</i> Mill.	92,29	7,74	15,35	38,46
	<i>Cola acuminata</i> Engl.	76,92	20,59	16,55	38,02
	<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K.Schum. ex Engl.	84,61	7,92	16,31	36,28

Champs	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	69,22	9	13,19	30,47
	<i>Dacryodes edulis</i> G.Don	76,93	2,45	4,32	27,9
	<i>Mangifera indica</i> L.	69,24	2,61	2,88	24,91
	<i>Dracaena arborea</i> (Wild.) Link	46,14	8,13	3,84	19,37
	<i>Croton macrostachyus</i> Ensermu	38,47	0,5	1,44	13,47
	<i>Ficus chlamydocarpa</i> Mildbr. &				
	Burret	30,78	2,61	1,2	11,53
	<i>Ficus</i> sp	30,77	2,32	1,2	11,43

Fr : Fréquence relative ; **Do** : dominance relative ; **D** : densité relative ; **IVI** : indice de valeur d'importance

Distribution des individus par classe de diamètre

La figure 2 montre la distribution des individus recensés par classes de diamètre. On constate que la distribution a une allure en forme de cloche avec un pic dans la classe de diamètre comprise entre 20 et 50 cm dans les deux écosystèmes. Cette distribution montre un faible effectif des arbres à gros diamètre (15 individus dans la forêt sacrée et 5 individus pour les champs).

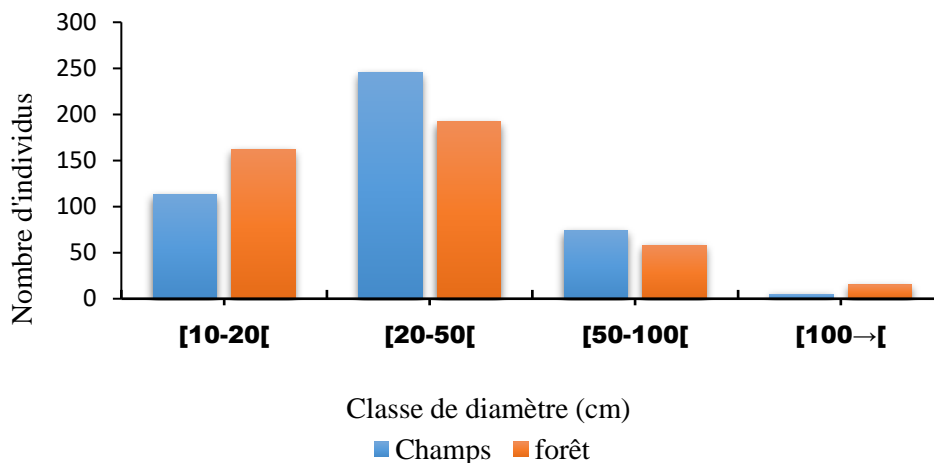


Figure 2 : Histogramme de distribution des individus suivant les classes de diamètre

Structure verticale des espèces

La répartition du nombre d'individus par classe de hauteur montre la présence des strates similaires dans la forêt sacrée et dans les champs de culture. Il s'agit des strates arbustives, arborescentes inférieure et arborescente moyenne. Cependant, le nombre d'individus par strate diffère d'un site à l'autre avec un pic dans la forêt sacrée notamment au niveau de la classe de hauteur comprise entre 5 et 10 m (Figure 3). De manière générale, la classe de hauteur inférieure à 25 m est dominante dans les deux peuplements.

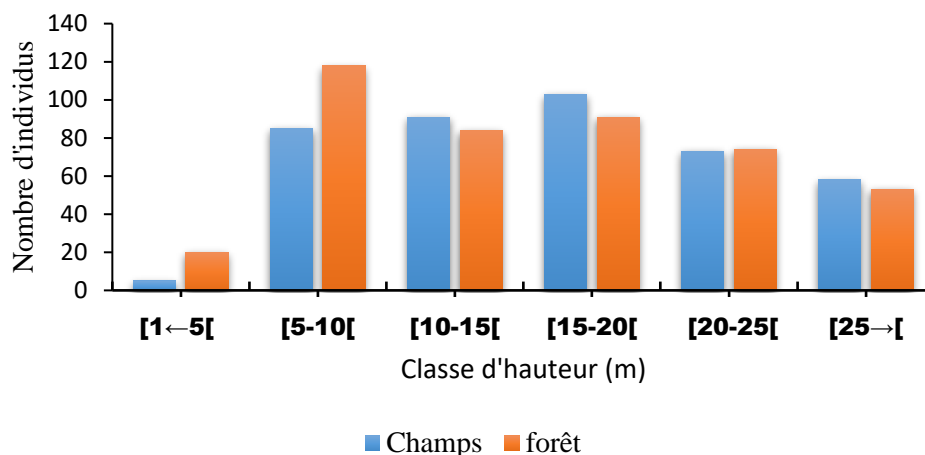


Figure 3: Histogramme de distribution par classe de hauteur des individus recensés dans les deux peuplements

Statut de conservation des espèces recensées

Le statut de conservation des espèces recensées selon la liste rouge de L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN,2024) révèle que *Schefflera mannii* est une espèce vulnérable. *Coffea arabica* figurent dans la catégorie des espèces en danger (EN).

Biomasse et Carbone dans les peuplements

Les biomasses et carbone totaux diffèrent d'un peuplement à l'autre ; ainsi, la biomasse totale est de 698,51 t /ha dans la forêt sacrée et de 458,58 t/ha dans les champs. Il en est de même pour les valeurs de carbone qui sont de 328,30 t /ha et de 215,53 t /ha respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs culture. Les quantités de CO₂ séquestrée par les deux écosystèmes sont de 1189,15 t /ha dans la forêt sacrée et de 782,52 t /ha dans les champs culture.

L'analyse des valeurs de biomasses, de carbone et de CO₂ par espèce montrent une variation suivant le type de l'espèce. Le tableau 3 présente dix espèces de chaque peuplement renfermant les biomasses les plus élevées. On remarque du tableau 3 que l'espèce *Cola acuminata* renferme les quantités de carbone (44,41 t/ha et 56,75 t/ha) et de CO₂ (162,98 t/ha et 208,27 t/ha) les plus élevées respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs. Cette espèce est suivie de *Dracaena arborea* dans les deux peuplements avec 40,37 t/ha de carbone et 148,16 t/ha de CO₂ dans la forêt sacrée ; puis 23,39 t/ha de carbone et 85,84 t/ha de CO₂ dans les champs de culture.

Tableau 3 : Biomasses aérienne et souterraines, stock de carbone et quantité de CO₂ de 10 espèces ayant les valeurs les plus élevées dans les deux peuplements. BA =Biomasse aérienne ; BS=Biomasse souterraine ; C= quantité de carbone stockée, CO₂ Dioxyde de Carbone

Sites inventoriés	Espèces	BA (t/ha)	BS (t/ha)	C (t/ha)	CO2 (t/ha)
Forêt sacrée	<i>Cola acuminata</i> Engl.	76,2	18,28	44,41	162,98
	<i>Dracaena arborea</i> (Wild.) Link	69,28	16,62	40,37	148,16
	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	58,96	14,15	34,36	126,1
	<i>Ficus sp</i>	37,04	8,89	21,59	79,24
	<i>Cassia sp</i>	31,55	7,57	18,39	67,49
	<i>Ficus exasperata</i> Roxb.	27,46	6,59	16	58,72
	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	27,29	6,55	15,9	58,35
	<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K.Schum. ex Engl.	24,73	5,93	8,37	30,72
	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	14,37	3,44	13,4	49,18
	<i>Vitex sp</i>	16,47	3,95	9,6	35,23
Champs	<i>Cola acuminata</i> Engl.	99,19	23,37	56,75	208,27
	<i>Dracaena arborea</i> (Wild.) Link	40,14	9,63	23,39	85,84
	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	37,08	8,89	21,61	79,31
	<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K. Schum. ex Engl.	32,34	7,76	18,84	69,14
	<i>Persea americana</i> Mill.	31,62	7,58	18,43	67,64
	<i>Ficus chlamydocarpa</i> Mildbr. & Burret	13,13	3,15	7,65	28,08
	<i>Mangifera indica</i> L.	12,06	2,89	7,03	25,8
	<i>Ficus sp</i>	11,78	2,87	6,86	25,18
	<i>Vitex doniana</i> Sweet	9,02	2,16	5,26	19,3
	<i>Dacryodes edulis</i> G.Don	8,6	2,06	5,01	18,39

Discussion

Diversité des ligneux et richesse spécifique

La diversité floristique obtenue à travers les indices de diversité dans cette étude bien que faible, selon les valeurs moyennes des indices de Shannon, montre que la variabilité spécifique de la flore ligneuse de la forêt sacrée est similaire à celle des champs de culture. Pourtant on se serait attendu à une phytodiversité plus élevée dans la forêt sacrée, étant donné son caractère « sacré » et aussi le fait qu'elle soit considérée comme un système naturel. La présence d'une grande quantité de ligneux dans les systèmes agraires serait liée à l'intérêt accordé aux arbres par les paysans. En effet, lors de la mise sur pied de leur espace de culture, certains ligneux sont préservés en fonction de leur utilité et d'autres sont pour eux un outil par excellence permettant de mieux organiser leur superficie et marquer les limites de leur foncier. De manière générale, les valeurs d'indice de diversité de Shannon sont

inférieures à 3,5 bits traduisant de ce fait la faible diversité spécifique enregistrée dans ce travail (Kent et Cooker 1992). Les résultats de la présente étude sont proches de ceux de Frederic *et al.* (2018) obtenus dans la forêt sacrée de Batoufam (2,98 bits) et de ceux de Koutchia *et al.* (2013) qui ont trouvé dans les bois sacrés de Agrazounvi, Djèzoum et Winman respectivement 2,31 ; 2,29 et 1, 91 bits. Les travaux de Kengne *et al.* (2024) effectués au Cameroun dans les champs de cultures pluviales du Diamaré ont aussi révélés des résultats similaires (2,9 bits). Les moyennes des indices de Piélou sont élevées et montrent que la physionomie de ce peuplement est déterminée par un nombre d'individu plus ou moins uniformément repartis au sein des espèces recensées (Odum,1976).

La richesse spécifique enregistrée est sensiblement la même dans les deux types d'utilisation des terres (54 espèces et 58 espèces respectivement dans les champs de cultures et la forêt sacrée). Cette ressemblance serait liée au nombre d'espèces considérables qui a été notée surtout au niveau des haies dont traversaient certaines parcelles établies dans les champs de culture ; en effet, la terre étant un facteur de production presque limitant dans la région de l'ouest Cameroun, les arbres marquent les limites des parcelles cultivées par les populations participant ainsi à la protection d'un bon nombre d'espèces. Ce système de conservation des végétaux démontrerait la maîtrise endogène du rôle écologique des arbres par les populations rurales. Le nombre total d'espèces obtenu dans ce travail est supérieur à celui de Kengne *et al.*(2024) issue des champs de cultures pluviales du Diamaré au Cameroun qui est de 42 espèces . Les valeurs trouvées par Dione *et al.*(2020) dans deux systèmes d'utilisation des terres au Sénégal (28 espèces) et de celles de Mwishingo *et al.* (2024) obtenues dans la forêt sacrée de Kaziba en République Démocratique du Congo (20 espèces) sont également inférieurs aux valeurs de la présente étude. Toutefois, ils sont similaires à la valeur de Bayé-Niwah *et al.* (2020) qui est de 51 espèces observées dans les champs de case périphériques de la réserve de Kalfou et de Tiokeng *et al.* (2024) dans les forêts sacrées de Banganté qui est de 57 espèces. Dans les agrosystèmes traditionnels des Monts Mandara à l'Extrême-Nord Cameroun, Todou *et al.* (2022) ont enregistré un nombre plus élevé d'espèces (67 espèces). Toutes ces différences observées au niveau de la richesse spécifique pourraient aussi être attribuées aux différents éléments caractérisant le climat de chaque zone d'étude notamment le degré de précipitation, la nature physico-chimique du sol et la situation topographique qui font partie des facteurs qui définissent la composition floristique d'un site.

La présence des espèces les plus prépondérantes sur le plan écologique dans les deux types d'utilisation des terres à l'instar de *Cola acuminata* dans les deux cas, de *Canarium schweinfurthii* et *Persea americana* respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs de cultures traduirait le fait qu'elles

soient des espèces produisant des fruits qui sont d'un intérêt socio-économique très important pour les populations de la région de l'Ouest.

Paramètres structuraux

La densité des individus est de 501,11 individus /ha et 303,41 individus /ha respectivement dans la forêt sacrée et les champs de cultures. Ces valeurs sont dans le sillage régulièrement obtenue dans certaines forêts sacrées de l'Ouest Cameroun (Frédéric *et al.*, 2018 ; Tiokeng *et al.*, 2023 ; 2024). Par contre, les chiffres obtenus dans cette étude sont supérieurs à ceux de Kengne *et al.* (2024) qui ont trouvé 77 individu /ha dans les champs de cultures pluviales du Diamaré, de Tchobsala *et al.* (2016) qui ont repéré 84 arbres/ha dans les champs de la falaise de Ngaoundéré au Cameroun et de Ali *et al.* (2014) dans les forêts sacrées du Sud-Est du Bénin (103 individus/ha). Tous ces dissimilitudes de densité seraient typiques aux caractéristiques écologiques de chaque individu et à la manière dont ces individus sont gérés. En effet, dans certaines zones, seules les espèces d'arbres à usages multiples, capables de résister aux perturbations anthropiques et climatiques sont préservées dans les champs de culture ; ce qui influence la composition floristique de ces différents sites, réduisant ainsi leur capacité à préserver la flore du milieu (Kengne *et al.*, 2024 ; Yaméogo *et al.*, 2020).

La surface terrière enregistrée dans la forêt sacrée est de 66,17 m²/ha et celui des champs de culture est de 47,48 m²/ha. Cette différence de chiffre pourrait s'expliquer par la grosseur du diamètre et même la densité des espèces qui varient beaucoup suivant les individus et le milieu dans lequel se développe chaque espèce. Les résultats de la présente étude sont proches de ceux obtenus au Cameroun par Tiokeng *et al.* (2020) qui ont enregistré une surface terrière de 45,85 m²/ha dans la forêt sacrée de Mbing-Mekoup au Cameroun et de Tiokeng *et al.* (2024) dans les forêts sacrées de Balengou et de Bangangté qui sont de 53,28 m²/ha et 42,19 m²/ha respectivement. Par contre, ces valeurs sont supérieures à ceux de Noumi (2012) qui a obtenu une surface terrière de 90,37 m²/ha dans les villages Batoufam mais inférieures aux valeurs de Kengne *et al.* (2024) qui est de 20,39 m²/ha dans les champs de cultures pluviales du Diamaré.

La distribution des individus en classe de diamètre dans les deux écosystèmes présente une allure en forme de cloche. On peut penser que ces deux peuplements sont de plus en plus soumis à l'action humaine ; ce qui engendre un déséquilibre au niveau de la croissance des jeunes individus. Selon Herman et Tappan (2013), la prépondérance des jeunes individus appartenant à la classe de diamètre compris entre 20cm et 50cm dans un peuplement pourrait consolider l'idée de la régénération naturelle après une action anthropique. Cette structure a été observée dans les forêts sacrées du Mont Okou et de Kouoghap dans le village Batoufam (Noumi, 2012 ; Noumi

et Tiam, 2016) ; puis par Kengne *et al.* (2024) dans les champs pluviaux de Diamaré. Par contre, elle est différente de celle trouvée par Dione *et al.* (2020) dans deux systèmes d'utilisation des terres dans la région de Kaffrine au Sénégal.

La distribution des arbres par classe de hauteur à montrer une allure semblable à celle des classes de diamètre donc en forme de cloche bimodale, traduisant une dominance des individus de moyenne classe de hauteur. Cette forme de distribution caractérise les peuplements équiennes (âges voisins et réguliers) marqués par des arbres de diamètres peu différents ayant tous des âges voisins. Ainsi, on assiste à une meilleure représentation des classes intermédiaires par rapport aux classes extrêmes ; ce qui fait penser à un milieu qui est en pleine reconstitution (Silué *et al.*, 2021 ; 2023).

Stocks de carbone séquestrés dans les deux types d'utilisation des terres

Les résultats de cette étude révèlent des valeurs de stock de carbone de 328,30 t /ha et de 215,53 t /ha respectivement dans la forêt sacrée et dans les champs de culture. Les différences au niveau des quantités de carbone pourraient être attribuées aux variations des paramètres tels que les densités spécifiques, la taille des individus et la densité du bois de chaque espèce présente dans ces milieux. En effet, plus ces variables sont élevées, plus on assiste à une augmentation de la biomasse végétale et par conséquent du carbone séquestré. Les quantités de stock de carbones obtenus dans la présente étude sont largement supérieures à celle de Kemeuze *et al.* (2015) dans les forêts sacrées des Monts Mandara au Cameroun qui ont trouvés 150 t /ha ; puis de celles de Boukeng *et al.* (2023), variant entre 27-32 t/ha, dans les systèmes agroforestiers de la zone soudano-sahélienne du Cameroun . Par contre, ces quantités de carbone sont inférieures à 2216 t/ha enregistrées dans les bois sacrés de la chaîne de Lama-Kouméa par Kankpénangue *et al.* (2023) au Nord du Togo. De manière générale, les dissimilitudes notées seraient dues aux types d'équation choisis et aux facteurs climatiques qui déterminent la nature et la qualité de la flore. La diversité des dispositifs d'échantillonnage pourrait aussi avoir une influence sur les quantités de carbones obtenues dans la présente étude.

Conclusion

Cette étude effectuée dans deux types d'utilisations des terres (forêt sacrée - champs de culture) à Bandjoun montre une faible richesse spécifique dans les deux peuplements. Les quantités de carbone enregistrées sont assez considérables montrant le rôle écologique joué par ces écosystèmes dans la lutte contre les variations du climat. La distribution des individus par classe de diamètre est semblable à celle des classes de hauteur montrant l'allure d'un peuplement marqué par des arbres de diamètres peu différents ayant tous des

âges voisins et de plus en plus soumis à l'action anthropique. Les espèces de plante à valeur économiques sont les plus prépondérantes dans ces peuplements. Parmi les espèces recensées, *Schefflera arboricola* et *Coffea arabica* figurent dans les catégories des espèces dites respectivement Vulnérable et en danger. Les résultats de cette étude pourraient constituer une base pour une stratégie de promotion des agrosystèmes comme les champs de culture de la région de l'Ouest Cameroun lors de la mise en œuvre du processus REDD+.

Remerciement

Nous remercions le chef du village Bandjoun pour avoir accordé la réalisation de ce travail dans sa forêt sacrée. Il a facilité la collecte des données en mettant à notre disposition certains de ses collaborateurs. Nous disons aussi merci aux populations du village Bandjoun pour l'accueil et leur franche collaboration pendant notre séjour.

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. Ali, R KF., Odjoubere, J, Tente, AB et Sinsin, AB.__(2014). Caractérisation floristique et analyse des formes de pression sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Oué mé au Sud-Est du Bénin. *Afrique SCIENCE* 10(2) 243 - 257.
2. Amadou, LB. (2021). Estimation du potentiel de séquestration du carbone à l'aide des modèles d'équations allométriques multi-espèces : application aux phytocénoses de la guinée forestière. Sciences de l'environnement. Thèse d'Université Gamal Abdel Nasser de Conakry (Guinée). 127p.
3. Angelsen, A., Brockhaus, M, Sunderlin, WD et Verchot, LV. (2013). Analyse de la REDD+ : les enjeux et les choix. Bogor, Indonésie ,CIFOR.
4. Angiosperm Phylogeny Group (APG III). (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *In Botanical Journal of the Linnean Society*. 161(2):105-121. Available: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>.

5. Badiane, M., Camara B, Ngom, D et Diédhiou, MAA. (2019). Communautaire agroforestiers Perception des traditionnels parcs à *Faidherbia albida* (Del.) Chev. En Basse Casamance, Sénégal. *Afrique Science* 15 (1) : 214-226. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>
6. Bayé-Niwah, C., Kosso, H, Souare K et Todou G. (2020). Diversité et structure des ligneux des agrosystèmes autour d'une aire protégée : cas des champs de case périphériques de la réserve de Kalfou (Cameroun) ». *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, 28 (2) : 86-104.
7. Boukeng, DJE., Avana, TM, Zapfack, L, Desrochers, A, Dzo, MGI et Banoho, k LPR, Khasa, D. (2023). Stocks de carbone des systèmes agroforestiers de la zone soudano-sahélienne du Cameroun, Afrique centrale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 27(1) : 19-30 DOI: 10.25518/1780-4507.20143
8. Brown, S., Gillespie, AJR et Lugo, AE. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35(4):881-902 DOI: 10.1093/forestscience/35.4.881
9. Chave, J., Condit, R, Aguilar, S, Hernandez, A, Lao, S et Perez, R. (2004). Propagation des erreurs et mise à l'échelle pour les estimations de la biomasse des forêts tropicales. *Philos Trans R Soc. Lond B Biol Sci* 359(1443), 409-420.
10. Chave, J., Andalo, C, Brown, S, Cains, MA, Chambers, JQ, Eamus, D, Folster, H, Fromard, F, Higuchi, N, Kira, T, Lescure, JP, Nelson, BW, Ogawa, H, Puig, H, Riéra, B et Yamakura, T. (2005). Allometrie des arbres et amelioration de l'estimation des stocks et bilans de carbone dans les forêts tropicales. *Oecologia*, 145(1), 87-99.
11. CIFORD (Centre d'Information, de Formation et de Recherche pour le Développement). (2011). Plans communaux de développement de Pete Bandjoun.
12. Curtis, JT. and McIntosh, RP. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32 (3) 476-496 <http://www.jstor.org/stable/1931725>
13. Danaïs, M. (1982). La diversité en Ecologie : analyse bibliographique. *Rhedonica*, 17 : 77-104.
14. De Wasseige, C., Flynn J, Louppe, D, Hiol Hiol, F and Mayaux, Ph. (2014). The forests of the Congo Basin: State of the Forest 2013. Weyrich. Belgium. 328p. ISBN : 978-2-87489-299-8
15. Dione, A., Ngom, S, Sarr, O, Diallo, A et Guissé, A. (2020). Caractéristiques du peuplement ligneux de deux systèmes d'utilisation des terres dans la région de Kaffrine au Sénégal. *Revue d'élevage et de*

- médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 2020, 73 (3) : 221-229, DOI: 10.19182/remvt.36315
16. Dongfack, TE., Kongnso, M, Bekono, A, Yotchou, MAE. (2024). Étude comparative des paramètres structuraux des forêts sacrées de la région de l'ouest-Cameroun : cas du département de la Menoua. *Geotrope*, 1 : 94-106, ISSN 1817-5589
 17. Duveiller, G., Defourny, P, Desclee, B et Mayaux, P. (2008). Deforestation in Central Africa: Estimate at regional, national and landscapes levels by advanced processing of systematically distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment* 112(5): 1969-1981.
 18. FAO (2024). Résumé de La Situation des forêts du monde 2024 – Innovations dans le secteur forestier pour un avenir plus durable. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd1212fr>
 19. Fayolle, A., Doucet, JL, Gillet, JF, Bourlant. N, Lejeune, P. (2013). Tree allometry in Central Africa: Testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management* 305 : 29-37.
 20. Fayolle, A., Loubota-Panzou, GJ, Drouet, T, Swaine, MD, Bauwens, S, Vminckx, J, Biwole. A, Lejeune, P, Doucet, JL. (2016). Taller trees, denser stands and greater biomass in semi-deciduous than in evergreen lowland central African forests. *Forest Ecology and Management*, 374: 42-50.
 21. Fournier, A., et Millogo-Rasolodimby, J. (2007). Une végétation menacée ou modelée par les hommes ? IRD Éditions, collection Colloques et séminaires Paris, p 63-156 , 2007. ISSN : 0767-2896 ISBN : 978-2-7099-1634-9,
 22. Frédéric, C., Tchatchouang, L, Djomo, CC, Tajeukem, VC, Djibrilla, P and Happi, JY. (2018). Studies on Diversity, Structure and Carbon Stocks from Three Pools in the Kouoghap Sacred Forest, Hedgerows and Eucalyptus Plantations in the Batoufam Locality , West Cameroon. *Applied Ecology and Environmental Sciences* 6(4): 160-169.
 23. Frontier, S. (1983) L'échantillonnage de la diversité spécifique. In Stratégie d'échantillonnage en écologie, *Frontier et Masson édit.*, Paris (Coll. D'écologie), XVIII + 494 p.
 24. GIEC (2006). Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. Institute for Global Environmental Strategies, *Japon* 4 : 46-52.
 25. GIEC (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

- [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A., Genève, Suisse, 103 p.
26. Gueulou N, Ouattara ND, Konan D, Gnahoré E, Missa K, Bakayoko A. (2018). Diversité floristique et structurale de la forêt galerie du Bandama dans la Réserve Scientifique de Lamto en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 14(4): 452-439. <http://www.afriquescience.net>
 27. Herrmann, S. and Tappan, G. (2013). Vegetation impoverishment despite greening: A case study from central Senegal. *Journal of Arid Environments* 90, 55–66.
 28. Hounto, G., Tente, B, Yabi, F, et Yabi, I. (2016). Diversité et connaissance ethnobotanique des espèces végétales de la forêt sacrée de Badjamè et zones connexes au sud-ouest du Benin. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement Du Bassin Du Congo-RIFFEAC*, 7, 28–36.
 29. Ismaila, C., Hassanatou, D, Mamadou, O et Mayecor, D. (2021) Caractéristiques et stock de carbone de la végétation ligneuse des systèmes d'utilisation des terres de la commune de Combacara (Kolda, Sénégal). Mémoire de Master en Aménagement de Gestion Durable des Écosystèmes Forestiers et Agroforestiers. Université Assane Seck Ziguinchor. 55P.
 30. Kankpénangue, S., Abalo, A. et Tatongueba, S. (2023). Potentiel de séquestration de carbone des bois sacrés de la chaîne de Lama-Kouméa au Nord du Togo Carbon sequestration potential of sacred groves of Lama-Kouméa chain in North- Togo. *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 2023, 3(2) : 1–14 e-ISSN (Online) : 2790-3230 DOI : <https://doi.org/10.59384/recopays.tg3212>
 31. Kemeuze, VA., Mapongmetsem, PM, Sonwa, DJ, Fongnzossie, E, Nkongmeneck, BA. (2015). Plant diversity and carbon stock in sacred groves of semi-arid areas of cameroon: case study of Mandara mountains. *International Journal of Environment*. 4(2) : 308-318 ISSN 2091-2854
 32. Kengne, OC., Ibrahima, SW, Mana, D, Woukoue, TBJ, Nazifatou, S, Munting, TD, Tchobsala et Zapfack, L. (2024). Caractérisation écologique et gestion des peuplements arborés des agrosystèmes périurbains : cas des champs de cultures pluviales du Diamaré, Extrême-Nord Cameroun. *Journal of Animal & Plant Sciences*.61(3): 11277 -11303 <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v61-3.1>
 33. Kent, M. and Coker, P. (2003). Vegetation Description and Analysis - a Practical Approach. John Wiley & Son Eds: UK; 354p. + Annexes.
 34. Kokou, K and Sokpon, N. (2006). Les Forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois et forêts des tropiques* 288 (2) :15-23.

35. Kokou, K. et Kokuster, A. (2010). Des forêts sacrées, dans la région du littoral très anthropisée du sud Togo, dans Forêts sacrées et sanctuaires boisés des créations culturelles et biologiques (BurkinaFaso, Togo, Bénin) Edition *Karthala*, pp.280, 2010. [\(halshs-00467806\)](#).
36. Kokou, K., Adjossou, K et Hamberger, K. (2005). Les forêts sacrées de l'aire Ouatchi au Sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *La revue en sciences de l'environnement*. 6, 10 p.
37. Kokou, K., Caballé, G, Akpagana, K. (2002). Analyse floristique des îlots forestiers du sud du Togo. *Acta Botanica Gallica* 146, 139-144.
38. Koutchika, RI, Chougourou DC, Agbani, OP, Sinsin, B. (2013). Étude de la diversité floristique par strates de quelques bois sacrés du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 69:5429 – 5436 t www.m.elewa.org on 30th September 2013. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v69i0.95068>
39. Labat, JN. (1995). Végétation du nord-ouest du Michoacan Mexique. Instituto de Ecologia A. C., 401p, première Edition ISSN 0188-5170
40. Letouzey, R. (1968). Etude phytogéographique du Cameroun. Le chevalier. Paris, 511p.
41. Letouzey R (1985). Notice de la carte Phytogéographique du Cameroun au 1/500000. IRA Yaoundé, Inst. Cart. Intern. Végétation, Toulouse. 240 p.
42. Lewin, G. (2019). Drôle d'histoire de médicaments d'origine naturelle de A comme Artémisinine à Z comme Ziconotide .BoD- Books on Demand.284p.
43. Limoges, B., Gratton, L and Kasisi, R. (2013). Terminologie relative à la conservation de la biodiversité in situ. *Le Naturaliste canadien*, 137(2), 21-27.
44. Lindsey, AA. (1956). Sampling method and community attributes in forest ecology. *Forest Science*: 2:287-296
45. Makemteu, J et Noumi, E. (2022). La forêt sacrée Kouoghap de Batoufam : un exemple de la conservation de la biodiversité. *Editions Universitaires Européennes*. ISBN 13 : 978-620-3-43993-9
46. Mendes, LR., Evangelista, Sidinei, MT, Angelo, A A, and Luiz, C GRS. (2008). A unified index to measure ecological diversity and species rarity. *Ecography* 31: 450-456, doi: 10.1111/j.2008.0906-7590.05469.x
47. Mwishingo, EM., Mukotanyi, MS, Kahindo, WD, Lifoli, Bofate, LN, Kitembo, MJ, Mambo, H, Mulenda, MF, Mwanga, MI, Shamamba, BD, Zihahirwa, BA. (2024). Diversité floristique ligneuse et contraintes de gestion des forêts sacrées dans la Chefferie de Kaziba, Sud – Kivu, République Démocratique du Congo. *Revue Ecosystèmes*

- et Paysages*, 2024, 4 (2) : 1-12 ISSN Online: 2790-3230<https://doi.org/10.59384/recopays.tg4218>
48. Nasi, R., Billand A. and Van Vliet N. (2011). Empty forests, empty stomachs : bushmeat and livelihoods in Congo and Amazon Basins. *International Forestry Review*. p. 355-368.
 49. Ngom, D., Fall, T, Sarr, O, Diatta, S, et Akpo, LE. 2013. Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 66:5008 – 5023. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v65i0.89644>
 50. Noumi, E and Tiam, TAG. (2016). Floristic Inventory of Woody Species of the Oku Sacred Forest in the North-West Cameroon, Theoretical and Philosophical Approach. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* 3(1): 66-91.
 51. Noumi, E. (2012). Ligneous flora diversity of a submountain forest of west Cameroon; the Kouoghap sacred forest of the village Batoufam. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 4(1) :8-28.
 52. Salpeteur, M. (2010). Espaces politiques, espaces rituels : les bois sacrés de l'Ouest-Cameroun. *Autrepart* , 55 :19-38
 53. Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379–423
 54. Schlaepfer, R. (2002) Analyse de la dynamique du paysage. Fiche d'enseignement 4.2, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse, 10 p.
 55. Silué, AP., Soro D, Koffi, BA et Yao, KA. (2023). Structure de la végétation et potentiel de séquestration du carbone de la Réserve forestière de l'Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire). *Vertigo-Revue électronique en sciences del'environnement*. DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.40569><https://doi.org/10.4000/vertigo.40569>, consulté le 30 janvier 2025
 56. Silué, PA., Koffi, AD, Kouassi, KE et Kouakou, AAM. (2021), Espace Boisé de l'Écoferme de Lokoli (Sinématiali, nord de la Côte d'Ivoire) : un cas de compensation écologique, *International Journal of Advanced Research*, 9(9) : 466-473.
 57. Tankou, MC., Geert, R, Hans, H, de Iongh and Persoon G. (2013). Variation in plant biodiversity across sacred groves and fallows in Western Highlands of Cameroon. *African journal of Ecology*. 1-10.
 58. Tchobsala, Ibrahima, A, Dongock , ND and Nyasiri, J.(2016). The impact of anthropisation on the floristic composition, the structure and ecological characterization of the Ngaoundéré cliff, *Cameroon. Global Journal of Science Frontier Research*, 16 (3): 15-34.

59. Topa, G., Karsenty, A., Megevand, C. et Debroux, L. (2010). Forêts tropicales humides du Cameroun : une décennie de réforme. Banque mondiale, Washington, D.C. 232 pages.
60. Tiokeng, B., Gatchou, KDD, Dong, EAB, Kenne, TL, Nguetsop, VF and Mapongmetsem, PM. (2024). Floristic Diversity and Carbon Stock of Woody Stands in Some Sacred Forests in the West Cameroon Region. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 25(2):42-52
61. Tiokeng, B., Matane, K., Tsobou, R, Anguessin, B, Kene, TL and Mapongmetsem , PM. (2023). Characterization and Carbon Sequestration Potential of Sacred Forests in the Western Highlands Cameroon. *Journal of Global Ecology and Enviroment*, 19(4):52-66
62. Tiokeng, B., Ngougni, ML, Nguetsop, VF, Momo, SMC et Zapfack, L.(2020). Les Forêts Sacrées Dans Les Hautes Terres De l'Ouest Cameroun : Intérêt Dans La Conservation De La Biodiversité. *European Scientific Journal*, 16 (36) 235-256
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p234>
63. Todou, G., Kamblaba, P, Nnanga, JF, Djosebe, A.(2022). Diversity and floristic composition of woody plants in traditional agrosystems of sudano sahelian zone of Cameroon: case of Meri in the Mandara Mountains. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 116 (2) : 69 85
64. Yaméogo, JT., Ouattara, RYS, Tankoano, B, Hien, M et Ouoba P. (2020). Flore, structure et état sanitaire des peuplements ligneux des parcs agroforestiers des forêts de Dindéresso et de Kuinima à l'ouest du Burkina Faso. *European Scientific Journal*, 16 (40), 48-70.

Efficacité agronomique de *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. sur la croissance et le rendement du Sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en plein champ en Basse Casamance (Senegal)

Boubacar Camara

Département d'agroforesterie, UFR ST,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

André Amakobo Diatta

Département Productions Végétales et Agronomie, UFR des Sciences
Agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies Alimentaires (S2ATA),
Université Gaston Berger, Saint-Louis BP, Sénégal

Ibrahima Ndiaye

Département d'agroforesterie, UFR ST,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Lémou Ndiaye

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles,
Centre National de Recherches forestières, Dakar Hann, Sénégal
Université Cheikh Anta DIOP Laboratoire d'Écologie et d'Eco hydrologie,
Département de Biologie Végétale, FST, Dakar Fann, Sénégal

Alioune Ndiaye

Département d'agroforesterie, UFR ST,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Daouda Ngom

Université Cheikh Anta DIOP Laboratoire d'Écologie et d'Eco hydrologie,
Département de Biologie Végétale, FST, Dakar Fann, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p211](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p211)

Submitted: 06 January 2025

Accepted: 04 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Camara B., Diatta A.A., Ndiaye I., Ndiaye L., Ndiaye A. & Ngom D. (2025). *Efficacité agronomique de Faidherbia albida* (Del) A. Chev. sur la croissance et le rendement du Sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en plein champ en Basse Casamance (Senegal). European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 211. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p211>

Résumé

Le sorgho est une plante essentielle en Afrique, où il constitue l'un des aliments de base pour des milliers de personnes. Cependant, la dégradation

des sols due entre autres à l'utilisation excessive d'engrais chimique, le rend peu productif. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif global de contribuer à l'amélioration de la fertilité des sols avec des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement. Un dispositif en couronnes concentriques placées autour de l'arbre, ainsi qu'un autre dispositif aléatoire complètement randomisé, comprenant tous deux quatre traitements et trois répétitions, ont été utilisés. Il s'agit du témoin (T0), de la pratique conventionnelle (T1), de la pratique paysanne (T2) et de l'association organo-minérale (T3). Les résultats obtenus lors de cette expérimentation indiquent que les traitements "organo-minéral" et "pratique conventionnelle" favorisent en moyenne une croissance en hauteur ($208,41 \pm 11,64$; $194,66 \pm 26,32$), un nombre de feuilles ($13,50 \pm 3,6$; $13,91 \pm 4,18$) un diamètre au collet ($2,15 \pm 0,26$; $2,16 \pm 0,39$) et des teneurs en chlorophylle totale ($2,00 \pm 1,00$ mg/L et $1,41 \pm 0,31$ mg/L) et en caroténoïde ($0,35 \pm 0,18$ mg/L et $0,30 \pm 0,05$ mg/L) les plus élevés, avec des performances maximales observées sous houppier. Le traitement "pratique paysanne" et le "témoin" ont donné les résultats les moins satisfaisants de l'étude. Les plants de sorgho situés à R/2 du houppier ont donné les meilleurs rendements par rapport à ceux situés au rayon du houppier (respectivement $1,862 \pm 0,21$ T/ha contre $0,917 \pm 0,18$ T/ha). Au vu des résultats obtenus, l'association organo-minérale constitue une solution durable contre la baisse de fertilité et la faible productivité des sols.

Mots-clés: Sorgho, dégradation, engrais chimique, pratiques agricoles durables, rendement

Agronomic performance of *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. on the growth and yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) in the field in Lower Casamance (Senegal)

Boubacar Camara

Département d'agroforesterie, UFR ST,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

André Amakobo Diatta

Département Productions Végétales et Agronomie, UFR des Sciences
Agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies Alimentaires (S2ATA),
Université Gaston Berger, Saint-Louis BP, Sénégal

Ibrahima Ndiaye

Département d'agroforesterie, UFR ST,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Lémou Ndiaye

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles,
Centre National de Recherches forestières, Dakar Hann, Sénégal
Université Cheikh Anta DIOP Laboratoire d'Écologie et d'Eco hydrologie,
Département de Biologie Végétale, FST, Dakar Fann, Sénégal

Alioune Ndiaye

Département d'agroforesterie, UFR ST,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Daouda Ngom

Université Cheikh Anta DIOP Laboratoire d'Écologie et d'Eco hydrologie,
Département de Biologie Végétale, FST, Dakar Fann, Sénégal

Abstract

Sorghum is an essential crop in Africa, providing a staple food for thousands of people. However, soil degradation due to excessive use of chemical fertilizers, among other factors, is making it less productive. The overall aim of this study is to contribute to improving soil fertility through sustainable, environmentally-friendly farming practices. A system of concentric rings placed around the tree and a completely randomized system, both comprising four treatments and three replications, were used. These were the control (T0), the conventional practice (T1), the farmers' practice (T2), and the organo-mineral association (T3). The results obtained in this experiment indicate that the "organo-mineral" and "conventional practice" treatments promote, on average, growth in height (208.41 ± 11.64 ; 194.66 ± 26.32), number of leaves (13.50 ± 3.6 ; 13.91 ± 4.18), collar diameter (2.15 ± 0.26 ; 2.16 ± 0.39) and total chlorophyll (2.00 ± 1.00 mg/L and 1.41 ± 0.31 mg/L) and carotenoid (0.35 ± 0.18 mg/L and 0.30 ± 0.05 mg/L) contents, with maximum performance

observed under the canopy. The “farmers' practice” treatment and the “control” gave the least satisfactory results of the study. Sorghum plants located at R/2 of the crown gave the best yields compared with those located at the radius of the crown (1.862 ± 0.21 T/ha vs. 0.917 ± 0.18 T/ha respectively). In view of the results obtained, the organo-mineral combination is a sustainable solution to declining soil fertility and low productivity.

Keywords: Sorghum, degradation, chemical fertilizer, sustainable farming practices, yield

Introduction

Le sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), cinquième céréale mondiale en termes de production et de superficie cultivée, (Chantereau et al., 2013 ; Temple et al., 2017), est une denrée alimentaire recommandée dans les régions les plus pauvres du monde. (Gomez et Comas, 2001 ; Dempewolf, 2014). Il est crucial pour la sécurité alimentaire et la souveraineté en Afrique subsaharienne, surtout dans les zones arides et semi-arides (IRD, 2010 ; Mansour et al., 2014). La récolte totale de sorgho en Afrique lors de la saison 2016/2017 s'élevait à environ 23,9 millions de tonnes (USDA, 2019). Au Sénégal, la consommation de sorgho est faible, avec une production de 377 323 tonnes en 2020 (Ndiaye et al., 2018). Cette faible production de sorgho est due à des sols pauvres, des conditions environnementales extrêmes et à des systèmes agricoles à faibles intrants, avec des contraintes liées aux ressources (Koffi et al., 2011 ; Macauley et al., 2015).

Dans ce contexte, l'adoption de pratiques agricoles innovantes telles que le parage de bétail et l'intégration de l'arbre *Faidherbia albida* dans les systèmes agroforestiers devient opportune. L'espèce *Faidherbia albida*, une légumineuse indigène africaine, favorise la fertilité des sols et la production agricole. Plusieurs auteurs ont mis en avant les avantages de son maintien dans les systèmes de production agricole (Diallo et al., 2008 ; Camara, 2018). Il contribue à l'enrichissement en azote des sols grâce à la capacité de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. L'introduction du bétail dans les systèmes agroforestiers renforce leur efficacité agronomique, avec une amélioration des propriétés du sol grâce aux déjections animales (Serpantié et al., 2023). Au Sénégal, où l'élevage est essentiel dans l'économie rurale, cette relation peut avoir des implications majeures sur la durabilité du système de production.

Dans ce contexte, cette étude vise à améliorer la fertilité des sols à travers des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer l'effet de *Faidherbia albida* sur la croissance et le rendement du sorgho en plein champ.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée en Basse Casamance. Le site de l'essai est situé plus précisément à l'Université Assane Seck dans la région de Ziguinchor, aux coordonnées 12°78'33" Nord et 16°21'66" Ouest (Figure 1).

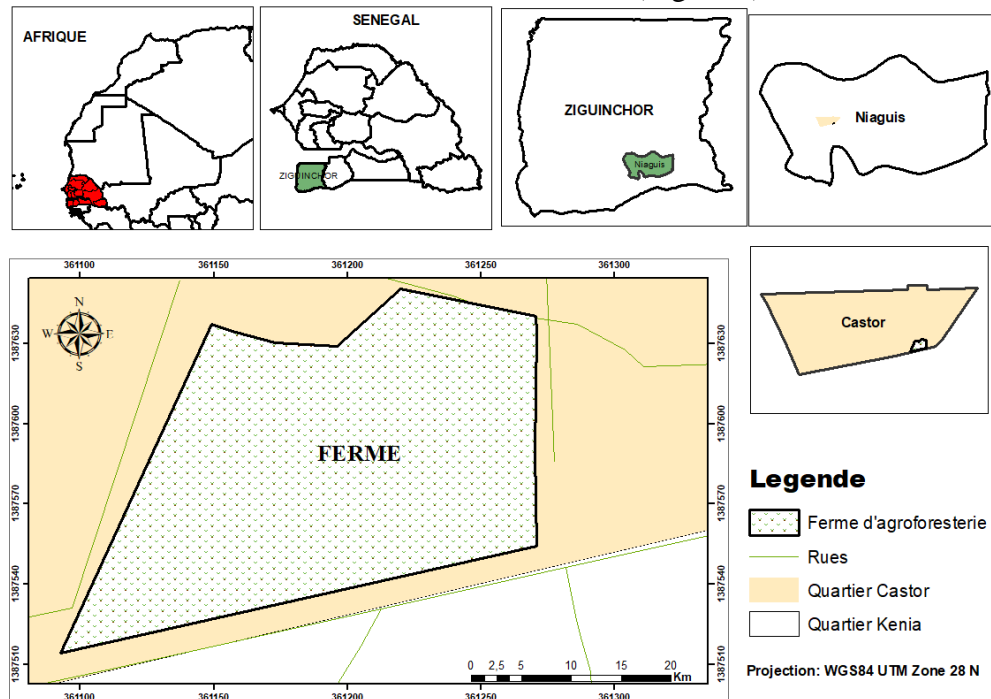


Figure 1 : Carte de localisation du site d'étude

Le climat de la région de Ziguinchor correspond au type soudano-côtier sud (Sagna et al., 2016), caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle variant entre 1300 et 1500 mm (Descroix et al., 2015), ainsi qu'une température moyenne annuelle de 27,10°C (Dasylyva et al., 2017). Cette région connaît deux saisons distinctes : une saison des pluies s'étendant sur environ 4 mois (de juillet à octobre) et une saison sèche couvrant environ 8 mois (de novembre à juin). La variabilité pluviométrique de Ziguinchor entre 1980 et 2023 met en évidence les années 1981, 1999, 2008, 2015, 2020 et 2022 comme étant celles avec les plus fortes pluviométries (avec plus de 1700 mm/an) et les années 1980, 1982, 1983, 1992, 2007 et 2021 comme les années les plus déficitaires (avec moins de 1300 mm/an). L'année 2023, qui est l'année de l'étude, a une pluviométrie déficitaire (inférieur à 1300 mm).

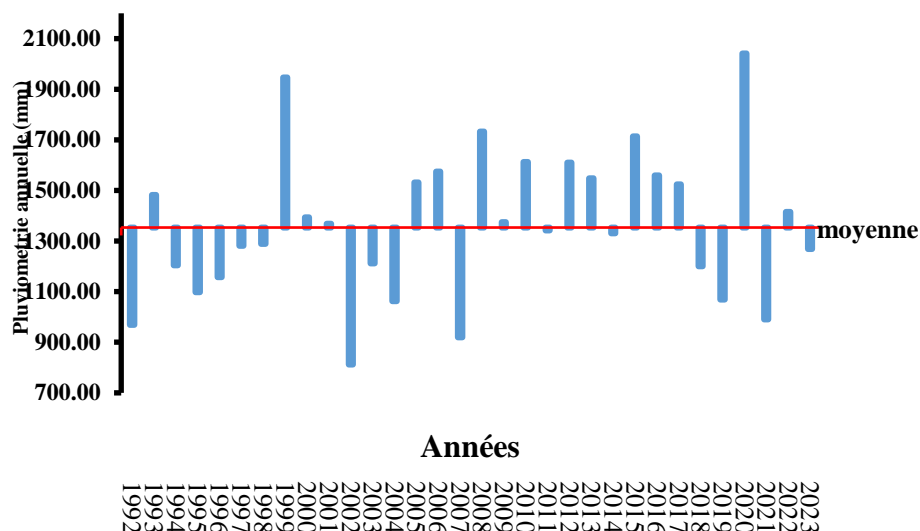


Figure 2 : Variations annuelles de la pluviométrie à la station aéroportuaire de Ziguinchor de 1980 à 2023 (Source de données : ANACIM Ziguinchor)

Matériel biologique :

○ Semence utilisée

La variété de sorgho utilisée comme semence est la variété *Nguinthe*. C'est une variété homologuée en 2011 par ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles). Elle a un cycle de maturité de 110 JAS (Jour Après Semi) et un rendement potentiel de 2 à 3t/ha.

○ Arbres de *Faidherbia albida*

○ Fumier

Le fumier de bovin est un amendement organique issus d'excréments solides et d'urines de bovins associés à de la litière absorbante comme les pailles. Sa composition est consignée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Composition chimique du fumier (Maktouf et al., 2019)

CO en %	N en %	C/N	pH	Na (mg/kg)	K (mg/kg)
34,83	1,77	19,76	8,69	4600	23000

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite pendant la saison des pluies de l'année 2023. Deux dispositifs ont été installés. Le premier dispositif est en couronnes concentriques au tronc de l'arbre et comprend deux cercles délimitant les couronnes autour de chaque pied d'arbre. Chaque cercle comprend 4 placettes opposées deux à deux par un diamètre. Les couronnes sont formées en fonction du diamètre du houppier de chaque arbre. La première couronne couvrant la moitié du rayon du houppier de l'arbre,

représente les placettes R/2 et la deuxième couvrant le reste du houppier représente les placettes R. Chaque placette a une dimension de 4 m².

Le second est un dispositif complètement randomisé avec trois répétitions ou blocs, installé à 20 m minimum des arbres (hors houppier). Chaque bloc est composé de quatre parcelles élémentaires d'une surface de 4m² chacune. Les blocs sont séparés de 1 m et les parcelles de 0,5 m dans un bloc. Le facteur étudié étant la fertilisation, quatre traitements sont présents à R/2, à R et dans le dispositif complètement randomisé (Hors houppier).

Ces traitements sont :

Témoin (T0)

La pratique conventionnelle (NPK + urée) (T1) :

NPK (15-15-15) : **150 kg/ha 15 JAL (Jour du démariage)**

Urée (CO (NH₂)₂) dosant à 46 % N : **50 kg/ha au 15 JAL (jour du démariage), 50 kg/ha au 40 JAL**

La pratique paysanne (T2) :

10 t/ha de fumier (Fumure de fond)

Organo-minérale (Fumure de fond + NPK + urée) (T3) :

Fumure de fond : **10 t/ha de fumier**

NPK (15-15-15) : **150 kg/ha 15 JAL (Jour du démariage)**

Urée (CO (NH₂)₂) dosant à 46 % N : **50 kg/ha au 15 JAL (jour du démariage), 50 kg/ha au 40 JAL**

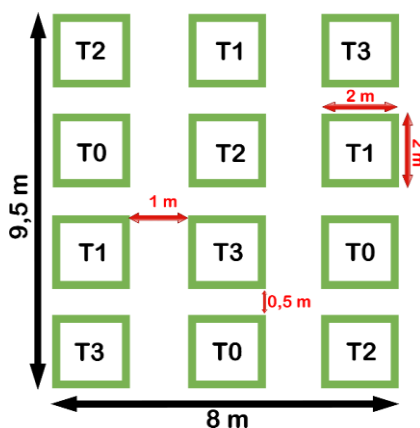
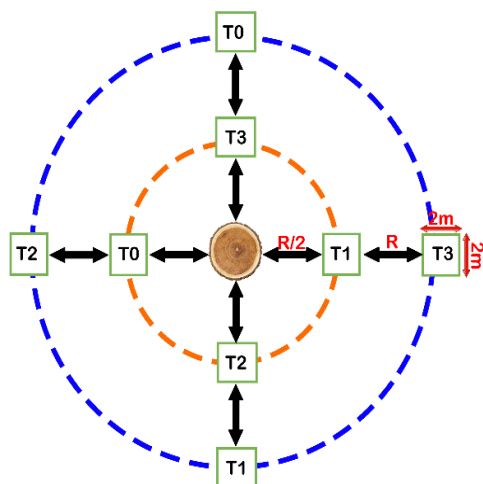


Figure 3 : Disposition des placettes à R/2 et R du houppier (A)

Figure 4 : Dispositif complètement randomisé (B)

Conduite de l'essai

Pour la mise en place du dispositif sous *Faidherbia*, trois arbres aux couronnes équilibrées ont été choisis pour servir de site d'étude. Avant l'installation du dispositif, un désherbage a été effectué autour et à au moins 20 mètres des pieds de *Faidherbia*, qui constitue la parcelle destinée à contenir le dispositif complètement randomisé. Après la mise en place des dispositifs expérimentaux, une quantité de 10 t/ha de fumier (bouse de vache) a été utilisée comme fumure de fond dans les placettes devant abriter les traitements T2 et T3.

Cela a été suivi d'un semis à la main, avec 3 graines par poquet sur les deux dispositifs, faisant un total de 36 placettes de 4m². Chaque placette comportait 15 poquets avec un espacement de 70 cm x 40 cm.

Au quinzième jour après la levée, un démariage à un plant par poquet a été effectué sur les dispositifs. Le même jour, de l'engrais NPK (15-15-15) et de l'urée (CO (NH₂)₂) dosée à 46 % de N, respectivement à 150 kg/ha et à 50 kg/ha, ont été appliqués dans les placettes abritant les traitements T1 et T3. La même dose d'urée (50 kg/ha) a été appliquée au 40° JAL dans les placettes T1 et T3. Des sarclages et binages ont été effectués régulièrement pendant toute la durée de l'étude.

Paramètres suivis

Des observations et mesures ont été effectuées à intervalle de 15 jours à partir du 21^e jour après la levée pour chaque traitement, portant sur les paramètres suivants :

- Le nombre de feuilles
- Le diamètre au collet, mesuré au moyen d'un pied à coulisse
- La hauteur du brin maître, évaluée à l'aide d'un décimètre

Le rendement en grains a été calculé à la récolte pour chaque traitement. Les panicules sèches ont été égrainées puis les grains sont pesés pour déterminer le rendement en utilisant la formule suivante : le poids en grains secs de chaque traitement/ par la surface en hectare de chaque traitement.

Extraction et dosage de la chlorophylle

Les échantillons de feuilles ont été cueillis le matin (06 h du matin), enveloppés dans du papier aluminium et mis immédiatement au froid pour les amener au laboratoire. Dans chaque parcelle élémentaire, trois échantillons ont été prélevés ce qui fait en tout 72 échantillons.

Il est important de préciser que ces échantillons ont été pris uniquement sur les placettes sous arbre (24) à la suite des attaques observées dans le dispositif complètement randomisé.

La masse de 100 mg de feuilles pour chaque échantillon a été broyée pour extraire la totalité de pigments chlorophylliens dans une solution de 10 ml d'acétone à 80 %, puis incubée dans des tubes pendant 24 h à 4°C. La teneur en chlorophylle a été déterminée selon la méthode décrite par Makeen et al. (2007). Après les 24 h, l'absorbance de la totalité des surnageants (Chl a, Chl b et caroténoïdes) pour chaque échantillon a été mesurée respectivement à 663 nm, 645 nm et 470 nm à l'aide d'un spectrophotomètre en utilisant un témoin blanc réalisé avec de l'acétone à 80 % seul. Le spectrophotomètre a montré en même temps l'absorbance des trois pigments. Les teneurs en chlorophylle (a, b et a+b) et en caroténoïde ont été calculées selon les formules d'Arnon (1949) :

$$\text{Chl a (mg/L)} = [12,7 \times \text{DO (663nm)} - 2,59 \times \text{DO (645nm)}] \times \text{V/M}$$

$$\text{Chl b (mg/L)} = [22,9 \times \text{DO (645nm)} - 4,68 \times \text{DO (663nm)}] \times \text{V/M}$$

$$\text{Chl t (mg/L)} = [8,02 \times \text{DO (663nm)} + 20,2 \times \text{DO (645nm)}] \times \text{V/M}$$

$$\text{Chl t} = \text{Chl a} + \text{Chl b} ; \text{Chl : Teneur en chlorophylle}$$

$$\text{Caroténoïde (mg/L)} = [4,695 \times \text{DO (470nm)} - 0,268 (\text{Chl a} + \text{Chl b})] \times \text{V/M}$$

Traitement des données

Les données recueillies ont été consignées dans le tableur EXCEL. Le traitement statistique de ces données a été effectué au moyen du logiciel R version 4.2.2, avec un seuil de significativité de 5 %. Le test ANOVA à deux facteurs a été effectué pour déterminer la significativité entre les modalités des facteurs.

Résultats

Effets des emplacements et des différents traitements sur les paramètres de croissance du sorgho

Hauteur des plants

La variation de la hauteur moyenne des plants en fonction des traitements et des emplacements est consignée dans le tableau 2. Les résultats indiquent une tendance générale où les hauteurs moyennes les plus élevées sont observées chez les plants soumis au traitement « organo-minéral » suivi du traitement « conventionnelle », quel que soit l'emplacement. L'analyse de variance (ANOVA) révèle qu'aux 21^{ème} et 36^{ème} jours après levée (JAL), l'interaction entre les facteurs « Emplacements » et « Traitements » n'a pas d'effets significatifs sur la croissance en hauteur des plants de sorgho ($P > 0,05$). Cependant, des effets significatifs ($p=0,0106$) et fortement significatifs ($p=0,000759$), sont observés respectivement au 51^{ème} et 66^{ème} JAL. Une meilleure croissance en hauteur des plants a été observée à une distance R/2 du houppier.

Tableau 2 : Effet de l'emplacement et des différents traitements sur la croissance en hauteur des plants de sorgho

R/2 du houppier				
Traitements	21JAL	36JAL	51JAL	66JAL
Témoin	28,00±7,68 b	70,66±11,5 b	126,41±13,52 bc	169,58±12,52 b
Pratique conventionnelle	39,00±13,30 a	101,25±23,1 a	158,41±23,88 a	194,66±26,32 a
Pratique paysanne	24,75±9,05 b	68,75±17,59 b	114,83±24,17 c	156,58±25,79 b
Organo-minéral	40,33±12,40 a	105,66±14,63 a	145,16±29,87 ab	208,41±11,64 a
Moyenne	33,02	86,58	138,45	182,30
R du houppier				
Témoin	26,00±13,51 a	71,91±23,25 ab	104,75±30,06 a	135,50±38,44 a
Pratique conventionnelle	29,75±14,77 a	77,75±25,91 ab	114,41±34,53 a	144,33±35,04 a
Pratique paysanne	28,16±10,23 a	63,41±16,75 b	119,66±18,61 a	157,25±23,81 a
Organo-minéral	30,58±12,92 a	85,91±26,03 a	122,66±17,72 a	155,41±21,66 a
Moyenne	28,62	74,74	115,37	148,12
Hors houppier				
Témoin	14,77±12,42 b	32,27±17,35 b	47,05±20,26 c	50,76±14,18 c
Pratique conventionnelle	26,16±9,19 a	51,72±21,55 a	75,94±24,71 ab	67,87±24,30 b
Pratique paysanne	17,00±5,93 b	40,55±12,75 b	64,61±16,70 b	72,30±16,37 b
Organo-minéral	23,22±6,88 a	55,38±13,89 a	82,27±17,00 a	94,56±16,45 a
Moyenne	20,28	44,98	67,46	71,37
P	0,304	0,0985	0,0106	0,000759
P1	2,29e⁻⁰⁵	5,66e⁻¹⁰	2,57e⁻⁰⁷	1,89e⁻⁰⁹
P2	4,80e⁻⁰⁹	< 2e⁻¹⁶	< 2e⁻¹⁶	< 2e⁻¹⁶

Légende : P = Probabilité de l'interaction entre les facteurs ; P1 = probabilité entre les traitements ;
P2 = Probabilité entre les emplacements.

Nombre de feuilles

La variation du nombre de feuilles moyens est consignée dans le tableau 3. L'ANOVA révèle que de manière générale, les traitements produisant les plants aux nombres de feuilles les plus élevés sont le traitement « organo-minéral », suivi du traitement « conventionnelle », du traitement « paysanne » et enfin du « témoin ». Pour ce qui est des emplacements des plants, ceux situés à R/2 du houppier affichent les moyennes les plus élevées, suivis de R du houppier et enfin du hors houppier. Au 51^{ème} JAL, le nombre moyen de feuilles observé est de 12,77 feuilles au niveau R/2 du houppier, 9,83 feuilles à R du houppier et 5,44 feuilles hors houppier. L'interaction « traitements/emplacements » n'a eu d'effets hautement significatifs qu'au 51^{ème} JAL ($p=0,000206$). Cependant, indépendamment, les traitements et les emplacements ont eu des effets hautement significatifs (P1 et P2) sur le nombre de feuilles, ceci à toutes les dates de mesure.

Tableau 3 : Effets des emplacements et des différents traitements sur le nombre de feuilles

R/2 du houppier				
Traitements	21JAL	36JAL	51JAL	66JAL
Témoin	3,41±0,66 bc	4,54±1,71 b	10,00±1,70 b	13,50±3,08 a
Pratique conventionnelle	4,16±1,02 a	5,80±2,01 a	15,58±5,99 a	13,91±4,18 a
Pratique paysanne	3,00±0,60 c	4,83±1,42 b	9,66±2,74 b	12,75±3,25 a
Organo-minéral	3,75±0,62 ab	6,14±1,88 a	15,83±4,30 a	13,50±3,06 a
Moyenne	3,58	5,33	12,77	13,42
R du houppier				
Témoin	3,08±0,99 a	5,50±1,67 b	9,16±2,65 a	10,66±3,02 b
Pratique conventionnelle	3,58±0,51 a	6,58±1,67 a	9,83±2,48 a	12,08±2,02 ab
Pratique paysanne	3,25±0,62 a	5,58±0,99 b	9,91±2,50 a	12,83±4,01 ab
Organo-minéral	3,58±0,66 a	6,91±1,50 ab	10,41±3,42 a	13,75±3,10 a
Moyenne	3,37	6,14	9,83	12,33
Hors houppier				
Témoin	2,44±0,51 b	3,16±1,04 c	4,11±1,45 c	3,27±1,27 c
Pratique conventionnelle	2,94±0,53 a	4,16±1,24 ab	5,44±2,22 b	5,31±2,08 b
Pratique paysanne	2,44±0,51 b	3,72±1,12 bc	5,55±1,33 b	4,84±1,46 b
Organo-minéral	2,66±0,48 ab	4,50±0,78 a	6,66±1,49 a	8,12±2,27 a
Moyenne	2,62	3,89	5,44	5,39
P	0,355	0,4	0,000206	0,0553
P1	1,66e⁻⁰⁵	3,39e⁻⁰⁹	1,67e⁻⁰⁶	2,83e⁻⁰⁵
P2	7,59e⁻¹⁴	2e⁻¹⁶	2e⁻¹⁶	2e⁻¹⁶

Légende : P = Probabilité de l'interaction entre les facteurs ; P1 = probabilité entre les traitements ; P2 = Probabilité entre les emplacements.

Diamètre au collet

Le tableau 4 présente la variation du diamètre au collet moyen en fonction des traitements et des emplacements. Son analyse montre que les plants situés au niveau R/2 du houppier présentent les diamètres au collet moyens les plus importants, suivis de ceux situés à R du houppier et enfin ceux hors houppier. Ainsi, indépendamment de l'emplacement, les traitements « organo-minéral » et « conventionnelle » ont donné les plants avec les plus grands diamètres moyens, suivis du traitement « paysanne ». Cependant d'une manière générale, aucune différence significative n'a été notée entre la pratique paysanne et le témoin. L'interaction entre les traitements et les emplacements a eu des effets significatifs au 21^{ème} JAL ($p=0,02577$) et hautement significatifs au 36^{ème} JAL ($p=0,00013$) et au 66^{ème} JAL ($p=1,59e^{-09}$), cependant au 51^{ème} JAL ($p=0,526$) aucune différence significative n'a été observé. Excepté au 21^{ème} JAL ($p1=0,0268$) où des effets significatifs des traitements sur les diamètres aux collets ont été notés, des effets très hautement

significatifs des traitements ont été observés au 36^{ème} JAL ($p=4,4e^{-10}$), 51^{ème} JAL ($p=7,42e^{-09}$) et 66^{ème} JAL ($p<2e^{-16}$). Pour les emplacements, un effet hautement significatif sur le diamètre a été observé à toutes les dates de mesures.

Tableau 4 : Effets de l'emplacement et des différents traitements sur le diamètre au collet

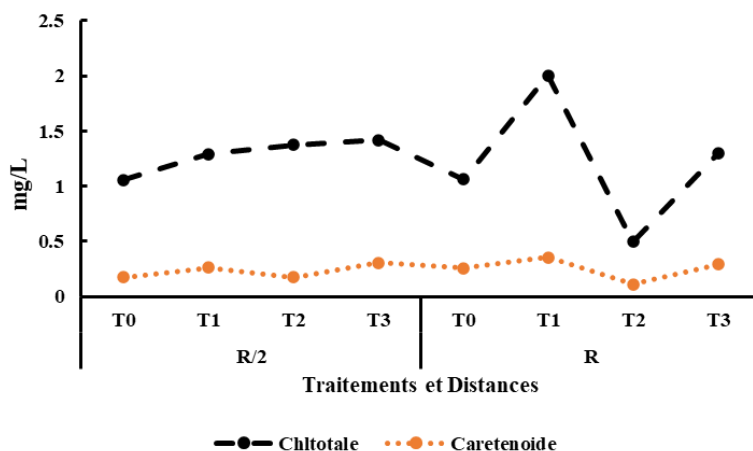
R/2 du houppier				
Traitements	21JAL	36JAL	51JAL	66JAL
Témoin	0,15±0,06 b	0,78±0,24 b	1,34±0,54 b	1,91±0,44 a
Pratique conventionnelle	0,31±0,17 a	1,51±0,49 a	1,89±0,70 a	2,16±0,39 a
Pratique paysanne	0,17±0,08 b	0,66±0,33 b	1,27±0,65 b	2,19±0,58 a
Organo-minéral	0,25±0,12 ab	1,54±0,35 a	2,14±0,27 a	2,15±0,27 a
Moyenne	0,22	1,12	1,66	2,10
R du houppier				
Témoin	0,13±0,04 a	0,63±0,37 b	1,40±0,51 b	1,48±0,48 b
Pratique conventionnelle	0,18±0,11 a	1,0±0,62 ab	1,83±0,71 ab	2,06±0,44 a
Pratique paysanne	0,15±0,09 a	0,70±0,40 b	1,66±0,45 ab	1,80±0,44 ab
Organo-minéral	0,17±0,10 a	1,10±0,42 a	2,06±0,52 a	2,12±0,32 a
Moyenne	0,16	0,86	1,74	1,87
Hors houppier				
Témoin	0,12±0,04 ab	0,22±0,10 b	0,38±0,26 c	0,30±0,20 c
Pratique conventionnelle	0,13±0,06 a	0,41±0,34 a	0,78±0,48 ab	0,71±0,42 b
Pratique paysanne	0,10±0,00 b	0,23±0,09 b	0,54±0,27 bc	0,63±0,33 b
Organo-minéral	0,11±0,03 ab	0,31±0,21 ab	0,92±0,38 a	1,26±0,42 a
Moyenne	0,12	0,29	0,66	0,73
P	0,02577	0,00013	0,526	1,59e⁻⁰⁹
P1	0,00268	4,4e⁻¹⁰	7,42e⁻⁰⁹	2e⁻¹⁶
P2	3,78e⁻⁰⁹	<2e⁻¹⁶	<2e⁻¹⁶	<2e⁻¹⁶

Légende : P = Probabilité de l'interaction entre les facteurs ; P1 = probabilité entre les traitements ; P2 = Probabilité entre les emplacements.

Teneur en pigment chlorophyllien

La figure 5 représente la variation des teneurs en chlorophylle totale (a+b) et en caroténoïde en fonction des traitements et des emplacements. L'analyse montre que les traitements T1 à R et T3 à R/2 ont donné les plus grandes teneurs en chlorophylle totale ($2,00 \pm 1,00$ mg/L et $1,41 \pm 0,31$ mg/L) et en caroténoïde ($0,35 \pm 0,18$ mg/L et $0,30 \pm 0,05$ mg/L). Le traitement T2 a donné les teneurs en chlorophylle totale et en caroténoïde les plus faibles. Il est important de préciser que les courbes évoluent avec la même tendance suivant les traitements et les emplacements.

Figure 5 : Effets de l'emplacement et des différents traitements sur les teneurs en pigments chlorophylliens

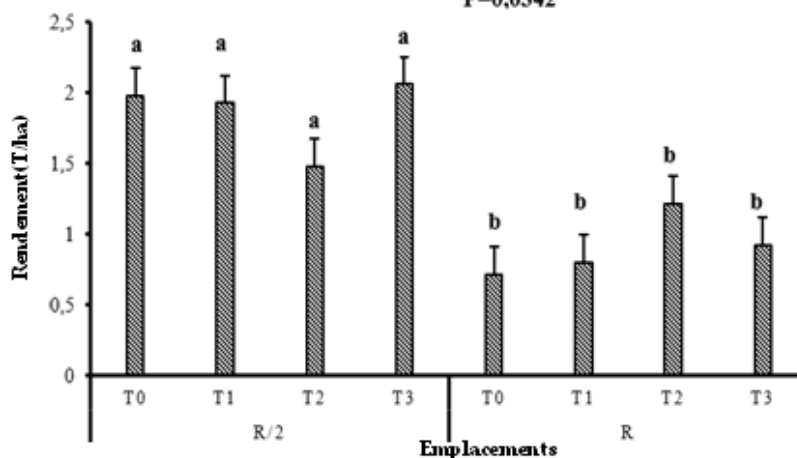


Légende : T0= témoin, T1= pratique conventionnelle, T2= pratique paysanne, T3= Organo-minéral, Effets des emplacements et des traitements sur les paramètres de production du sorgho

Rendement

La variation du rendement en fonction des emplacements et des traitements est indiquée dans la figure 6. Il ressort de cette figure que les emplacements ont un effet significatif ($p = 0,0342$) sur le rendement, contrairement aux traitements. En effet, le rendement en grain est de 0,717 T/ha (T0), de 0,805 T/ha (T1), de 1,217 T/ha (T2) et de 0,927 T/ha (T3), au niveau R et de 1,982 T/ha (T0), 1,927 T/ha (T1), 1,48 T/ha (T2) et 2,06 T/ha (T3) au niveau R/2 du houppier.

Figure 6 : Variation du rendement moyen en fonction des emplacements et des traitements
 $P=0,0342$



Légende : T0= témoin, T1= pratique conventionnelle, T2= pratique paysanne, T3= Organo-minéral, P = Probabilité de l'interaction entre les facteurs

Discussion

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'efficacité agronomique du *F. albida* associée à différents traitements sur la croissance et le rendement du sorgho. Des résultats obtenus, il convient de retenir des faits saillants sur l'effet de *F. albida* sur les paramètres de croissance et le rendement.

Hauteur, nombre de feuilles, diamètre au collet du sorgho et teneur en pigments

Les meilleurs résultats sur la croissance des cultures sont observés à l'emplacement le plus proche du houppier (à R/2 du houppier), comparativement aux autres emplacements (R du houppier et hors houppier). Ceci peut s'expliquer tout d'abord par le fait que, sous le houppier, les plantes ne manquent pas d'eau grâce à la redistribution des pluies par interception. En effet, la base du tronc reçoit de l'eau qui s'écoule le long du tronc par effet entonnoir. De plus, à la fin de la saison des pluies, l'arbre *F. albida* libère de l'eau sous le houppier à travers les branches. En outre, il existe un gradient de fertilité des sols sous les arbres. Ce gradient diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du houppier de l'arbre (Camara, 2018). En effet, la litière produite par les feuilles et les gousses tombées enrichit le sol en éléments nutritifs tels que l'azote (N) fixé au niveau des feuilles de l'arbre. Selon Camara (2018), cet effet positif sur le sol est dû à l'ajout continu de matière organique de l'arbre sur le sol. Ces résultats sont conformes à ceux de Mikail (1994), qui estime que la hauteur des plants de mil sous le houppier de *F. albida* est plus importante que celle observée hors houppier. Il convient de noter que les résultats s'opposent à ceux observés par Diallo et al. (2019), qui remarquent que la litière de *F. albida* a un effet dépressif sur le tallage, la production foliaire et la hauteur des plants de mil.

Concernant les traitements, les meilleurs résultats ont été obtenus avec les traitements organo-minéral (Bouse de vache et NPK + urée) et conventionnel (NPK + urée). Les conditions de développement et de croissance des plantes ont nettement été améliorées avec la fertilisation organo-minérale. Ce qui peut s'expliquer par une alimentation minérale plus satisfaisante du sorgho avec l'apport d'engrais. Les amendements organiques ont des effets positifs sur les propriétés physiques du sol notamment la porosité, la capacité du sol à retenir de l'eau et la réserve utile du sol (Asdrubal et al., 2006). De plus, la fumure organique permet la disponibilité des éléments nutritifs tels que le phosphore (P) et de l'azote. Chantereau et al. (2013) stipulent que toute fertilisation du sorgho doit être à base d'azote et de phosphore. L'apport d'urée à deux reprises durant l'étude, ainsi que l'utilisation de l'engrais minéral (NPK), rendent immédiatement disponibles les éléments minéraux nécessaires à la croissance végétale (Nyembo et al., 2012). Ces

résultats sont en conformité avec ceux de Bationo et al. (2004), et d'Igue et al. (2016), qui ont démontré l'effet significatif de l'engrais minéral sur le maïs. L'analyse des résultats relatifs à la quantité de pigments chlorophylliens montre que la pratique organo-minérale et la pratique conventionnelle ont donné les teneurs importantes de pigments. Cela peut s'expliquer par l'importance de l'azote apporté en quantité suffisante à la suite de l'apport d'engrais minéraux (NPK+urée), dans la constitution de ces pigments. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Zhang et al. (1997) qui ont montré que la fertilisation azotée stimule la synthèse de la chlorophylle.

Rendement du sorgho

L'emplacement des plants de sorgho a influencé significativement le rendement en graines et ce indépendamment des traitements. En effet, pendant la saison des pluies, l'espèce perd les feuilles. Ce qui permet l'apport d'éléments nutritifs aux plants mais aussi permet à la lumière de pénétrer et de limiter la concurrence pour ce paramètre biophysique (Rabo et al., 2024). Une étude menée par Tougiani et al. (2021) a relevé que les populations locales conviennent que les arbres *F. albida* ont des effets positifs significatifs sur la fertilité des sols et les rendements des cultures. Les résultats d'une méta-analyse de Sileshi (2016) ont montré des améliorations significatives des rendements du sorgho (73 %) sous couvert forestier par rapport à la zone aride.

Conclusion

Cette étude est une contribution à l'amélioration de la fertilité des sols en basse Casamance (sénégalais). Les résultats mettent en évidence que les traitements organo-minéraux et les traitements conventionnels, présentent des performances agronomiques supérieures (croissance en hauteur, en diamètre, nombre de feuilles, teneurs en pigments chlorophylliens, rendement) par rapport aux pratiques paysannes et au témoin.

Par ailleurs, il est observé que la croissance et les rendements du sorgho sont nettement plus élevés à R/2 du houppier. Cependant, ces rendements demeurent en deçà de la fourchette de productivité de la variété *Nguinthe* du sorgho (2 à 3 t/ha).

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. Aron, D. (1949). Copper enzymes isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24 : 1-15.
2. Asdrubal, M., D. Sylvie., Charonnat, C., Denys, F., Fresse, J.C., Thomas J.M. (2006). Fertilisation et amendements, Educagri éditions, 131 p.
3. Bationo, A., Kimetu, J., Ikerra, S., Kimani, J., Mugendi, D., Odendo, M., Silver, M., Swift, M.J. And Sanginga, N. (2004). The African network for Soil Biology and fertility: New Challenges and opportunities. Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil fertility in Sub-Sahara Africa. *Academy Science Publisher*, Nairobi, p. 1-23.
4. Camara, B. (2018). Caractérisation agro-écologique et socio-économique des parcs Agroforestiers à *Elaeis guineensis* (Jacq). et *Faidherbia albida* (Del.) Chev. et leurs influences sur la productivité du riz pluvial en Basse Casamance (Senegal), Thèse doctorat, Université Assane Seck de ZIGUINCHOR, 152 p. .
5. Chantereau, J., Cruz, J.F., Ratnadass, A., Trouche, G. (2013). *Agricultures tropicales en poche : Le sorgho*. Ed. Quae, CTA, Versailles ,267 p.
6. Dasylyva, M., Ndour, N., Ndiaye, O., Et Sambou, B., 2017, Analyse de la flore, de la végétation ligneuse et des fonctions des vallées en zone périurbaine post-conflit (Ziguinchor, Sénégal), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1), 360-377.
7. Dempewolf, A., Eastwood, R.J., Guarino, L., Khoury, C. K., Müller, J.V. Et Toll, J.(2014). *Adapting Agriculture to Climate Change : A Global Initiative to Collect, Conserve, and Use Crop Wild Relatives, Agroecology and Sustainable Food Systems* 38 :4, 369-377.
8. Descroix, L., Niang, A. D., Panthou, G., Bodian, A., Sane, Y., Dacosta, H., Vandervaere, J.P. Et Quantin, G. (2015). Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : La sénégalie et le bassin du Niger moyen, *Climatologie*, 12, 25-43.
9. Diallo, M. D., Diaté, B., Diédhiou, P. M., Diédhiou, S., Goalbaye, T., Doelsch, E., Diop, A. Et Guisse, A. (2019). Effets de l'application de différents fertilisants sur la fertilité des sols, la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Dans la Commune de Gandon au Sénégal, *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2(2), 7-15.
10. Diallo, M. D., Chotte, J. L., Guisse, A. et Sall, S. N. (2008). Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.), *Sécheresse*, 19 (3), 207-210.

11. Gomez, J. Et Comas, H. (2001). La culture du sorgho de décrue en Afrique de l'Ouest et du Centre, Situation actuelle et définition d'un Plan d'Action Régional, *Macpherson* ISBN 84-7232-898-8, 247 pages.
12. Igue, M. A., Oga, A. C., Balogoun, I., Saidou, A., Ezui, G., Youl, S., Kpagbin, G., Mando, A. Et Sogbedji, J. M. (2016). Détermination des formules d'engrais minéraux et organiques sur deux types de sols pour une meilleure productivité de maïs (*Zea mays* L.) dans la commune de Banikoara (Nord-Est Du Bénin), *European Scientific Journal*, 12, 16.
13. IRD. (2010). Le Sorgho : Quand agriculture rime avec biodiversité, 2 pages.
14. Koffi, K. G. C., Akanvou, L., Akanvou, R., Zoro, B. I. A., Kouakou, C. K., N'da, H. A. (2011). Diversité morphologique du sorgho (*sorghum bicolor* L. Moench) cultivé au nord de la côte d'ivoire, *Rev. Ivoir. Sci. Technol* 17 :125 – 142.
15. Macauley, H. (2015). Les cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé, Rapport, 38 pages.
16. Makeen, K., Suresh Babu, G., Lavanya, Gr., Grard, A. (2007). Studies of Chlorophyll Content by Different Methods in Black Gram (*Vigna mungo* L.), *International Journal of Agricultural Research* 2 : 651-654.
17. Maktouf S., Chaker R., Mbarek H.B., Khelifi M., Soua N., Gargouri K., (2019). Effet de l'ajout d'amendements organiques sur les propriétés physicochimiques du sol. *Revue Ezzaitouna* 15 (1 et 2), 2019.
18. Manssour, A. M., Zoubeirou, A. M., Nomao, D. L., Djibo, E. S., Ambouta, J. M. (2014). Productivité de la culture du sorgho dans un système agroforestier à base d'*Acacia senegal* (L) Willd au Niger, *Journal of Applied Biosciences* 82 :7339 – 7346.
19. Mikaïl, Ai. (1994). Simulation de l'effet *Faidherbia albida* : impact sur la phénologie des cultures des zones soudano-sahéliennes (cas du mil et maïs), Mémoire d'ingénieur de techniques agricoles, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, 50pages.
20. Ndiaye, M., Adam, M., Muller, B., Guisse, A., Cisse, N. (2018). Performances agronomiques et stabilité phénotypique de géotypes de Sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) au Sénégal : Une Etude des Interactions Géotypes-environnement, *Journal of Applied Biosciences* 125 : 12617-12629.

21. Nyembo, K. L., Useni, S. Y., Mpundu, M. M., Bugeme, M. D., Kasongo, L. E. Et Baboy, L. L. (2012). Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPK et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo, *Journal of applied biosciences*, 59, 4286-4296.
22. Rabo, Y., Mahaman Sadikou, I.B. & Mahamane, A. (2024). Effets de *Faidherbia albida* (Delile) sur Certains Paramètres de Croissance et de Rendement du Mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br], en Milieu Paysan, dans la Commune de Tibiri. ESI Preprints.
23. Sagna, P., Ndiaye, O., Diop, C., Niang, A. D. Et Sambou, P. C. (2016). Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC 2268-3798.
24. Serpantié, G., Loireau, M., Bastide, B., Clermont-Dauphin, C., Sawadogo, A., Douanio, M. & Maiga, A.A. (2023). Services mutuels entre arbres, cultures et élevage dans les parcs agroforestiers de la zone sub-humide du Burkina Faso, *BASE*, 145–162. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.20445>.
25. Sileshi, G. W. (2016). The magnitude and spatial extent of influence of *Faidherbia albida* trees on soil properties and primary productivity in drylands,” *Journal of Arid Environments*, vol. 132, pp. 1– 14.
26. Temple, L., Levesque, A., Lamour, A., Charles, D., Braconnier, S. (2017). Complémentarité des filières sorgho sucré et canne à sucre en Haïti : évaluation des conditions de développement sectoriel d’une innovation. 10 pages.
27. Tougiani, A., Massaoudou, M., Adamou, H., Amadou, L. & John, C. W. (2021). *Faidherbia albida* (Delile), effets du dépérissement des arbres sur la production végétale dans les parcs agroforestiers du sud-ouest du Niger, *International Journal of Forestry Research*, 1-9.
28. USDA. (2019). Foreign Agriculture Service, grain Sorghum, World agriculture production, rapport, 11 pages.
29. Zhang, S., Hennessey, T. C. & Heinemann, R. A. (1997). Acclimation of loblolly pine (*Pinus taeda*) foliage to light intensity as related to leaf nitrogen availability, *Canadian Journal of Forest Research*, 27(7), 1032-1040.

Apport et performance de la coloscopie dans le diagnostic des pathologies digestives basses chez les sujets âgés de plus 60 ans : étude descriptive dans la ville de Yaoundé (Cameroun)

Ndjitoyap Ndam Antonin Wilson

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun
Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Ntsama Essomba Marie Josiane

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun
Service de Gériatrie, Hôpital Central de Yaoundé, Yaoundé, Cameroun

Njoya Manjeli Mohamed

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun

Dang Babagna Isabelle

Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Yaoundé, Cameroun. Centre Médical la Cathédrale, Yaoundé, Cameroun

Bakelak Domissek Désiré

Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Bougha Georges

Jourdain Medical Services, Yaoundé, Cameroun

Talla Paul

Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Ankouane Andoulo Firmin

Ndjitoyap Ndam Elie Claude

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n9p229](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p229)

Submitted: 05 January 2025

Accepted: 25 March 2025

Published: 31 March 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ndjitoyap Ndam A.W., Ntsama Essomba M.J., Njoya Manjeli M., Dang Babagna I., Bakelak Domissek D., Bougha G., Talla P., Ankouane Andoulo F. & Ndjitoyap Ndam E.C. (2025). *Apport et performance de la coloscopie dans le diagnostic des pathologies digestives basses chez les sujets âgés de plus 60 ans : étude descriptive dans la ville de Yaoundé (Cameroun)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (9), 229. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n9p229>

Résumé

Contexte: La réalisation d'une endoscopie digestive est un défi chez les personnes âgées. L'objectif de l'étude était d'analyser l'apport des coloscopies dans le diagnostic des pathologies digestives basses chez les sujets de plus de 60 ans à Yaoundé (Cameroun). **Méthodologie:** Il s'agissait d'une étude transversale descriptive, avec collecte rétrospective des données menée dans 2 hôpitaux de Yaoundé (Cameroun). Les dossiers des patients âgés de plus de 60 ans ayant bénéficié d'une coloscopie entre le 1^{er} janvier 2018 et le 31 décembre 2023 (6 ans) ont été inclus. L'analyse des données a porté sur le profil sociodémographique des patients, les comorbidités, la fragilité et la perte d'indépendance, la qualité de la préparation colique, le type de sédation effectuée, l'indication de l'examen, et les résultats observés. **Résultats:** Sur les 550 endoscopies digestives analysées chez les sujets âgés, il y avait 203 coloscopies (36,9%). La moyenne d'âge était de $66,5 \pm 5,8$ ans (extrêmes 60 - 90 ans). Le *sex ratio* était de 0,98. Les principales indications des coloscopies étaient une rectorragie (45,3 %), suivie de douleurs abdominales (42,4 %). La préparation colique avait été jugée satisfaisante chez 93,1%. La sédation était réalisée majoritairement à l'aide du Midazolam (55,2%), La tolérance avait été jugée bonne chez 96,6 %. Les anomalies coliques observées étaient dominées par les polypes (18,2%), une maladie diverticulaire (16,3%), et une tumeur d'allure maligne du côlon (4,9%). La pathologie ano-rectale était dominée par la maladie hémorroïdaire (60,1%). **Conclusion:** Les indications de coloscopie chez les sujets âgés sont dominées par l'exploration de rectorragie et de douleurs abdominales. La principale lésion observée est une maladie hémorroïdaire.

Mots-clés: Cameroun, cancer, coloscopie, hémorroïde, rectorragie, sédation

Apport et performance de la coloscopie dans le diagnostic des pathologies digestives basses chez les sujets âgés de plus 60 ans : étude descriptive dans la ville de Yaoundé (Cameroun)

Ndjitoyap Ndam Antonin Wilson

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun
Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Ntsama Essomba Marie Josiane

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun
Service de Gériatrie, Hôpital Central de Yaoundé, Yaoundé, Cameroun

Njoya Manjeli Mohamed

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun

Dang Babagna Isabelle

Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Yaoundé, Cameroun. Centre Médical la Cathédrale, Yaoundé, Cameroun

Bakelak Domissek Désiré

Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Bougha Georges

Jourdain Medical Services, Yaoundé, Cameroun

Talla Paul

Service d'hépatogastroentérologie, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Ankouane Andoulo Firmin

Ndjitoyap Ndam Elie Claude

Département de Médecine interne et spécialités, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun

Abstract

Background: Performing gastrointestinal endoscopy is a challenge in the elderly. The study aimed to analyze the contribution of colonoscopies in the diagnosis of lower digestive pathologies in subjects over 60 in Yaounde, Cameroon. **Methodology:** This was a descriptive, cross-sectional study with retrospective data collection conducted in two hospitals in Yaounde, Cameroon. This included patients over 60 who underwent a colonoscopy between January 1, 2018, and December 31, 2023 (6 years). Data analysis focused on patient's sociodemographic profile, comorbidities, frailty and loss of independence, quality of bowel preparation, type of sedation performed, indication for the examination, and observed outcomes. **Results:** Over the 550

digestive endoscopies analyzed in elderly subjects, 203 colonoscopies (36.9%) were performed. The mean age was 66.5 ± 5.8 years (range 60-90 years). The sex ratio was 0.98. Looking at their status, 65.3% of patients were frail and 61.6% were dependents. The main indications for colonoscopies were rectal bleeding (45.3%), followed by abdominal pain (42.4%). Bowel preparation was satisfactory in 93.1% of cases. Sedation was performed primarily with midazolam (55.2%), and tolerance was good in 96.6% of cases. Colonic abnormalities were dominated by polyps (18.2%), a diverticular disease (16.3%), and a malignant colon tumor (4.9%). Anorectal pathology was dominated by a hemorrhoid disease (60.1%). **Conclusion:** The indications for colonoscopy in elderly patients are rectal bleeding and abdominal pain. The main lesion observed is a hemorrhoid disease.

Keywords: Cameroon, cancer, colonoscopy, hematochezia, hemorrhoid, sedation

Introduction

La coloscopie est une méthode d'exploration de la muqueuse du tube digestif bas à l'aide d'un tube flexible (Waye, 1992). Elle est la principale modalité de diagnostic du cancer colorectal dont l'incidence est élevée. Elle peut être réalisée chez des sujets de tout âge (Stauffer et Pfeifer, 2024).

Même si les indications augmentent avec l'âge, de nombreux écueils à la réalisation d'une coloscopie peuvent être observés. Il s'agit de ceux liés à la tolérance, à la mauvaise préparation colique, au risque élevé de perforation, à la prévalence élevée de la fragilité et de la poly pathologie (Otto, 2014). On peut également citer l'hésitation des médecins à prescrire cet examen aux patients âgés à cause des risques associés à la sédation (Waring *et al*, 2003). Enfin, il faudrait relever les limites du plateau technique en Afrique subsaharienne (Bagny *et al*, 2017).

Avec les progrès de la médecine, l'espérance de vie dans le monde en général et en Afrique subsaharienne en particulier augmente. A titre d'illustration, au Cameroun, le recensement général de la population de 2010 estimait les personnes âgées de plus 60 ans à 5,5% de population totale, soit plus d'un million de personnes (Feudjio et Leumaleu-Noumbissie, 2019). L'âge s'accompagne d'une fragilité exposant à des complications infectieuses ou d'une dépendance d'aides pour les activités quotidiennes limitant la réalisation d'explorations invasives (Andrew *et al*, 2008).

De manière générale, l'accès aux endoscopies digestives et à la coloscopie en particulier s'est amélioré dans notre contexte (Ankouane *et al*, 2013). Toutefois, sa réalisation dans la population âgée reste peu documentée (Okon *et al*, 2015). D'où cette étude qui avait pour principal objectif d'évaluer

la faisabilité, les indications et les résultats des coloscopies totales chez les sujets de plus de 60 ans à Yaoundé (Cameroun).

Méthodologie

Type d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale descriptive, avec collecte rétrospective des données.

Lieu de l'étude

Elle s'est déroulée dans les unités d'hépatogastroentérologie de l'hôpital général de Yaoundé et du Centre Médical la cathédrale de Yaoundé (Cameroun) du 1^{er} juillet au 31 août 2024 (2 mois). L'hôpital général de Yaoundé est un hôpital public de première catégorie doté d'une colonne d'endoscopie digestive Olympus CV 160 avec vidéo-coloscope adulte. Tandis que le Centre Médical la Cathédrale est une formation sanitaire privée dotée d'un vidéo-coloscope Fujinon EC 530 FL/C4.

Population d'étude

Etaient inclus, les dossiers de patients âgés de 60 ans et plus ayant bénéficié d'une coloscopie totale ou partielle (coloscopie gauche) entre le 1^{er} janvier 2018 et 31 Décembre 2023 (6 ans). Les dossiers incomplets et inexploitable n'ont pas été inclus.

Collecte des données

Le profil sociodémographique des patients, les comorbidités, leur fragilité et leur autonomie, la qualité de la préparation colique et le type de sédation effectuée le cas échéant ont été décrits. L'indication était la raison ayant motivé la réalisation de l'examen. Et les résultats étaient les lésions observées dans le côlon et dans l'ampoule ano-rectale.

La préparation colique a été évaluée selon le score de Boston (Lai *et al*, 2009). Il permet d'évaluer la qualité de chaque segment colique. Le score de 0 correspond à la présence de matières fécales recouvrant la totalité de la muqueuse en l'absence de préparation. Le score de Boston 1 correspond à la présence de matières fécales avec quelques intervalles de muqueuse visible. Le score de Boston 2 correspond à la présence de quelques matières fécales et avec une majorité de muqueuse colique visible. Et le score de 3 correspond à l'absence de matières fécales. Le total du score est reporté sur 9. La préparation colique était satisfaisante lorsque le score de Boston était supérieur ou égale à 7.

A l'aide du contact téléphonique enregistré dans le dossier médical, les patients ont ensuite été convoqués à l'hôpital afin d'évaluer leur performance. La fragilité a été évaluée à l'aide des 9 critères de Rockwood (Rockwood *et*

al, 2005). Ils classent les patients en 1- très en forme, 2- en forme, 3- se débrouille bien, 4- très légèrement fragile, 5- légèrement fragile, 6- modérément fragile, 7- sévèrement fragile, 8- très sévèrement fragile, et 9- en phase terminale. Les catégories 1 à 3 correspondent aux patients non fragiles. Les catégories 4 à 9 correspondent aux patients fragiles. La dépendance a été évaluée à l'aide de l'échelle de Katz pour les activités de la vie quotidienne (Duarte *et al*, 2007). Elle permet d'évaluer la capacité des patients à se laver, s'habiller, à assurer un transfert et un déplacement, aller aux toilettes, et assurer la continence et à manger sans aide. Chaque item est coté de 1 à 4. Tout patient dont le score est supérieur à 6 est considéré comme dépendant.

Analyse des données

Les données ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel SPSS version 24.0.

Considérations éthiques

L'étude a été approuvée par le comité institutionnel d'éthique de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1 numéro 1005/UY1/FMSB/VDRC/DAASR/CSD de Janvier 2024.

Résultats

Un total de 9342 endoscopies digestives a été réalisé sur la période, dont 700 patients avaient été réalisées chez des patients âgés de 60 ans ou plus (6%). Les dossiers inexploitable étaient au nombre 150 et n'ont pas été inclus. Sur les 550 endoscopies digestives analysées, il y avait 203 coloscopies (36,9%) soit : 129 coloscopies gauches et 74 coloscopies totales (figure 1).

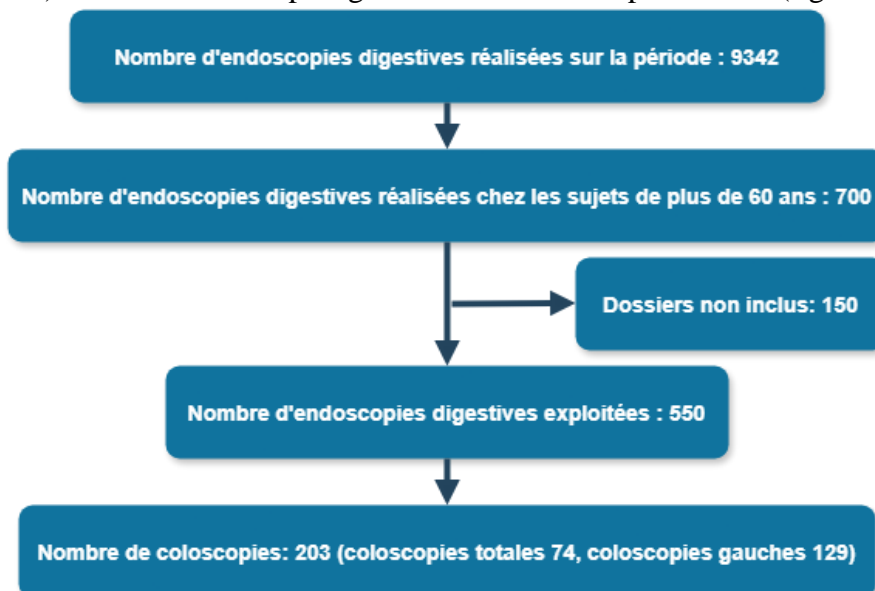


Figure 1 : diagramme de flux des patients sélectionnés

La moyenne d'âge était de $66,5 \pm 5,8$ ans (extrêmes 60 - 90 ans). La tranche d'âge la plus représentée était celle de 60 à 70 ans qui représentait 80% pour l'échantillon. Le *sex ratio* homme/femme était de 0,98.

Les comorbidités retrouvées étaient une hypertension artérielle chez 60 patients (29,5%), un diabète de type 2 chez 24 patients (11,8%), une hépatite virale chronique chez 22 patients (7,3%) et une infection au VIH chez 20 patients (9,9%).

Les critères de fragilité ont pu être évalués chez 121 patients. Parmi eux, 79 patients (65,3%) étaient fragiles. L'évaluation de l'autonomie pour les activités de la vie quotidienne a été réalisée chez 112 patients, et 69 patients (61,6%) étaient dépendants (tableau 1).

Tableau 1 : fragilité et autonomie pour les activités de la vie quotidienne

Variables	Effectifs	Fréquence (%)
Score de Rockwood (n= 121)		
Non fragiles	42	34,7
Fragiles	79	65,3
Critères de Katz (n= 112)		
0	43	38,4
1 à 6	69	61,6

Les principales indications de coloscopie étaient les rectorragies (45,3%), les douleurs abdominales (42,4%) et la constipation (15,8%). Les autres indications sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : indications des coloscopies

Indications	Effectifs (n= 203)	Pourcentage (%)
Rectorragie	92	45,3
Douleurs abdominales	86	42,4
Constipation	32	15,8
Prolapsus anal	12	5,9
Anémie	10	4,9
Anomalie radiologique	10	4,9
Amaigrissement	5	2,5
Méléna	5	2,5
Diarrhée chronique	3	1,5

La préparation colique avait été faite avec du dihydrogenophosphate de sodium dihydraté associé ou non au dihydrogénophosphate de sodium dodécahydraté par voie rectale dans 67,5% des cas, avec du polyéthylène glycol ou du séné par voie orale dans 31% et 13,8% des cas respectivement. La qualité de la préparation colique avait été jugée satisfaisante chez près de 93,1% des patients. La majorité des patients avaient été sédaturée avec du midazolam (55,2%). La tolérance était jugée satisfaisante chez près de 96,6% des patients.

Les anomalies coliques observées étaient dominées par les polypes (18,2%), une maladie diverticulaire (16,3%). Les tumeurs d'allure maligne du côlon étaient présentes dans 4,9% des cas, et une colite inflammatoire dans 3,9% des cas. L'examen était normal chez 29 patients (14,3%) (tableau 3).

S'agissant de la pathologie ano-rectale, les anomalies étaient dominées par la maladie hémorroïdaire (60,1%), suivie de la rectite (10,8%), des polypes (3,4%), des tumeurs d'allure maligne (1,5%) (tableau 3).

Tableau 3 : résultats des coloscopies

Anomalies par segment	Effectifs (n= 203)	Pourcentage (%)
Examen normal	29	14,3
Colon		
Polype	37	18,2
Maladie diverticulaire	33	16,3
Tumeur d'allure maligne	10	4,9
Colite inflammatoire	8	3,9
Rectum-anus		
Maladie hémorroïdaire	122	60,1
Rectite	22	10,8
Polype	7	3,4
Tumeur d'allure maligne	3	1,5

Discussion

L'étude a porté sur les coloscopies chez les sujets de plus de 60 ans. Ils représentent 6% de la population ayant réalisé des endoscopies digestives sur la période. Cette faible proportion de sujets âgés de plus de 60 ans pourrait s'expliquer par le faible taux d'acceptabilité de cet examen invasif en raison du risque de complications (Otto, 2014).

La tranche d'âge la plus représentée était celle âgée de moins de 70 ans. Cette observation s'explique par le fait que l'acceptabilité de cet examen diminue avec l'âge du patient (Cirillo *et al*, 2009). Les sujets plus âgés sont à risque d'être plus grabataires. Toutefois, l'âge n'est pas une contre-indication à la réalisation des endoscopies digestives tel que rapporté par des études réalisées chez des patients âgés de 80 ans et plus en France et aux Etats-Unis (Kirchgatterer *et al*, 2002; Clere-Jehl *et al*, 2017). Il s'agit de pays développés, où l'espérance de vie est plus élevée qu'en Afrique subsaharienne. C'est l'état clinique qui constitue davantage un frein à la réalisation de cet examen.

S'agissant de la performance des patients, le score de Rockwood nous a permis d'observer que 65% étaient fragiles. La fragilité expose à une carence énergétique, une faiblesse physique, des troubles cognitifs et une susceptibilité au développement des maladies (Rockwood *et al*, 2009). Cette fragilité est favorisée par la pathologie sous-jacente, les comorbidités. Dans cette série, la comorbidité la plus fréquente était une hypertension artérielle. Les autres comorbidités retrouvées étaient un diabète de type 2, une hépatite virale chronique ou une infection par le VIH. Il s'agit d'affections qui peuvent être

prises en charge et stabilisées avec par conséquent moins de limitations pour le patient.

L'index de Katz permettait d'observer que 61,6% des patients étaient dépendants. Cette dépendance limite la réalisation d'une coloscopie totale. L'alternative serait une coloscopie gauche qui nécessite une préparation colique par voie rectale uniquement, peut être réalisée sans sédation, et d'une durée plus courte (Waye, 1992). Ces coloscopies partielles représentaient 63,5% des examens réalisés. Une préparation par voie rectale est le plus souvent et expose à moins de complications liées à la préparation de l'examen. En effet, les laxatifs utilisés pour la préparation à la coloscopie totale sont pris par voie orale exposent à un risque de déshydratation (Otto, 2014). Afin de réduire ce risque, la préparation pourrait se faire en milieu hospitalier.

La préparation colique était satisfaisante chez 93,1% des patients. La sédation a été bien tolérée chez 96,6% soit la majorité des patients. Il n'a pas été rapporté de complication dans la série. Cette bonne préparation colique, tolérance à la sédation et faible taux de survenue de complication avait également été rapporté dans une série italienne dont les patients étaient âgés de 75 ans et plus (Cirillo *et al*, 2009). En effet, la principale complication est une perforation colique. Elle n'est pas liée à l'âge du patient. Elle est favorisée par l'état de la paroi colique qui est peut être fragilisée au cours de certaines pathologies telles que les colites. La réalisation de certains gestes thérapeutiques tels que la polypectomie expose également à des risques de perforation (Waye, 1992).

S'agissant des indications de coloscopies, la rectorragie était la plus fréquente tel que décrit dans d'autres études (Bagny *et al*, 2017 ; Ankouane *et al*, 2013). Cette similitude s'explique par le fait qu'il s'agit d'un symptôme fréquent, indication majeure des coloscopies et dont la cause peut être variable. La coloscopie permettra d'en préciser l'étiologie. Les coloscopies de dépistage étaient peu réalisées dans notre série. En effet, d'une part il n'existe pas de politique de dépistage du cancer colorectal, et d'autre part la couverture santé universelle tarde à être effective, limitant l'accès aux soins. En occident, les coloscopies de dépistage sont une indication majeure des coloscopies chez les sujets âgés de plus de 60 ans (Cirillo *et al*, 2009).

L'examen était strictement normal chez seulement 14,3% de patients. En effet, en l'absence de politique de dépistage, les coloscopies sont réalisées essentiellement chez des patients symptomatiques à risque de présenter des lésions (Ankouane *et al*, 2013).

S'agissant des lésions, le cancer du côlon a été évoqué chez 4,9% de patients et celui du rectum chez 1,5%. Ce résultat est proche de celui observé par Ankouane *et al* (2021) au Cameroun soit 7% pour les cancers du côlon et rectum à la coloscopie (Ankouane *et al*, 2021). Cette étude était pourtant réalisée chez des sujets âgés en moyenne de 48 ans. En effet, les cancers

colorectaux du sujet jeune, âgé de moins de 40 ans ont été décrits dans plusieurs études en Afrique sub saharienne (Ouattara *et al*, 2021).

Dans la série, les polypes colorectaux ont été retrouvés chez 21,6% patients. Ce résultat est largement supérieur à celui rapporté par Atipo Ibara *et al* (2017) au Congo, soit 5,4% (Atipo Ibara *et al*, 2017). La différence pourrait s'expliquer l'âge plus jeune des patients avec une moyenne de 49 ans. La survenue de polypes colorectaux augmente avec l'âge des patients.

La maladie hémorroïdaire était la lésion la plus fréquemment observée. L'une de ses manifestations cliniques majeures est le saignement (Youssof *et al*, 2023). Toutefois, même en présence d'hémorroïdes, il est souhaitable de réaliser une coloscopie totale afin d'exclure une lésion potentiellement plus grave tel qu'un cancer colorectal, principale hantise. Ce risque justifie la réalisation d'une coloscopie afin d'explorer la muqueuse colorectale même en présence d'une maladie hémorroïdaire.

Points forts et intérêt de l'étude

Cette étude est une étude novatrice dans ce sens qu'elle s'intéresse particulièrement aux sujets âgés. Il s'agit d'une population souvent délaissée, et pourtant à risque de plusieurs pathologies notamment tumorales ou dégénératives. En Afrique subsaharienne, l'accès aux endoscopies digestives est limité. Avec le progrès de la médecine, l'espérance de vie des populations augmente, favorisant les problèmes rencontrés dans cette tranche de personnes. Cette étude réalisée sur 203 personnes âgées permet d'avoir une description assez précise des pathologies diagnostiquées à la coloscopie des sujets âgés de plus de 60 ans dans la ville de Yaoundé et par conséquent au Cameroun. Les perspectives sont d'améliorer la sélection de patients devant bénéficier de ces explorations.

Limites de l'étude

La principale limite de cette étude est son caractère rétrospectif ayant entraîné des données manquantes notamment dans l'analyse de la fragilité et de la dépendance des patients. Ce caractère rétrospectif explique également les dossiers exclus de l'étude.

Conclusion

La coloscopie chez les sujets âgés de 60 ans et plus est réalisée à Yaoundé (Cameroun) avec une bonne tolérance et peu de risque de complications. la majorité des patients sont fragiles selon le score de Rockwood et dépendant d'aides selon les critères de Katz. Les indications sont dominées par la rectorragie suivies des douleurs abdominales et de la constipation. Les résultats permettent de retrouver dans le colon et le rectum des tumeurs colorectales d'allure bénigne ou maligne et des maladies

dégénératives telles que des diverticules. L'affection proctologique la plus fréquente était la maladie hémorroïdaire.

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.

Considérations éthiques : clairance du comité institutionnel d'éthique de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé 1 numéro 1005/UY1/FMSB/VDRC/DAASR/CSD de Janvier 2024.

Contribution des auteurs : Ndjitoyap Ndam Antonin Wilson, conception, rédaction; Ntsama Essomba Marie Josiane, conception, relecture; Njoya Manjeli Mohamed, investigations; Dang Babagna Isabelle, collecte de données; Bakelak Domissek Désiré, collecte de données; Bougha Georges, collecte de données; Talla Paul, collecte de données; Ankouane Andoulo Firmin, analyse des données; Ndjitoyap Ndam Elie Claude, garant. Tous les auteurs ont relu et validé la version définitive du manuscrit.

References:

1. Andrew, M.K., Mitnitski, A.B., Rockwood, K.(2008). *Social Vulnerability, Frailty and Mortality in Elderly People*. Von Elm E, éditeur. PLoS ONE; 3(5): e2232. Disponible sur: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0002232>
2. Ankouane, A., Kowo, M., Atenguena, O.E., Ndjitoyap Ndam, A.W., Bekolo, W., Dontsi, D., Eloumou Bagnaka, S.F. (2021). *Clinico-Pathological Characteristics of Colorectal Cancer among Young Subjects Aged 30 and Under in Tropical Areas: Retrospective Comparative Study Over Ten Years of Clinical Practice in Cameroon*. Acta Sci Gastrointest Disord;4(9): 65-9. Disponible sur: <https://actascientific.com/ASGIS/pdf/ASGIS-04-0309.pdf>
3. Ankouane, F.A., Kowo, M., Nonga, B.N., Djapa, R., Njoya, O., Ndam, E.C.N. (2013). *Indications, résultats et rendement de la coloscopie dans un environnement économique défavorable : le cas du Cameroun*. Health Sci Dis, 14(4). <https://www.hsd-fmsb.org/index.php/hsd/article/view/187>

4. Atipo Ibara, B.I., Ahoui Apendi, C., Mimiesse Monamou, J.F., Mongo Onkouo, A., Atipo Ibara Ollandzobo, L., Itoua-Ngaporo, Akoa, N., Deby-Gassaye, Ibara, J.R. (2017).
Lésions précancéreuses recto-coliques à Brazzaville, Congo. Ann Afr Méd. <https://search.bvsalud.org/aimafro/resource/fr/biblio-1259042>
5. Bagny, A., Bouglouga, O., Lawson-Ananissoh, L.M., Hadji – Yacoubou, R.E., Kaaga, Y.L., Redah, D. (2017)
Coloscopie chez le sujet age de plus de 65 ans: indications, resultats au CHU Campus de Lome. J Rech Sci L'Université Lomé, 19(1): 421-4. <https://www.ajol.info/index.php/jrsul/article/view/159106>
6. Cirillo, M., Li Pizzi, A., Gargiulo, G., Frattolilo, F., Piantadosi, F., Mattera, C., Afeltra, L., Gennarelli, N. (2009).
The colonoscopy in elderly patients. Annales italiens de chirurgie; 80 (2): 131-4.
7. Clere-Jehl, R., Schaeffer, M., Vogel, T, Kiesmann, M., Pasquali, J.L., Andres, E., Bourgarit, A., Goichot, B. (2017).
Upper and lower gastrointestinal endoscopies in patients over 85 years of age: Risk-benefit evaluation of a longitudinal cohort. Medicine (Baltimore); 96(44): e8439.
8. Duarte, Y.A. de O, de Andrade, C.L., Lebrão, M.L. (2007).
Katz Index on elderly functionality evaluation. Rev Esc Enferm U P; 41(2): 317-25.
9. Feudjio, Y.B.D., Leumaleu-Noumbissie, U. (2019).
Accessibilité sanitaire chez les personnes âgées en milieu rural au Cameroun; 41158(1): 41-55. <https://shs.cairn.info/revue-gerontologie-et-societe-2019-1-page-41>
10. Kirchgatterer, A., Hubner, D., AAschl, G., Hinterreiter, M., Stadler, B., Knoflach, P. (2002).
Colonoscopy and sigmoidoscopy in patients aged eighty years or older - Z Gastroenterol.; 40 (12): 951-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12518261/>
11. Lai, E.J., Calderwood, A.H., Doros, G., Fix, O.K., Jacobson, B.C. (2009).
The Boston Bowel Preparation Scale: A valid and reliable instrument for colonoscopy-oriented research. Gastrointest Endosc, 69 (3 Pt 2): 620-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2763922/>
12. Okon, A.J.B., Thot'o, A.S., Soro, D., Ouattara, A., Diakite, M., Kone, A., Kone, S., Eloumou, B.S.A.F., Assi, C., Allah-kouadio, E., Lohoues, K.M.J., N'dri, N. (2015).
Coloscopie des patients de 75 ans et plus : faisabilité, indications et rentabilité : Expérience du centre hospitalier universitaire de Cocody

- (Abidjan). *Revue de Médecine et de Pharmacie*, 5(1): 471-8.
<https://www.ajol.info/index.php/rmp/article/view/122971>
13. Otto, S. Lin. (2014).
Performing colonoscopy in elderly and very elderly patients: Risks, costs and benefits - *World J Gastrointest Endosc*, 6(6): 220–6.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4055990/>
 14. Ouattara, Z.D., Zoungrana, S.L., Koura, M., Dembele, A.F., Hema, S.S., Bougouma, A. (2021).
Profil Endoscopique du Cancer Colorectal en Milieu Hospitalier à Ouagadougou de 2007 à 2016. *Health Sci Dis*; 22(6).
<https://www.hsd-fmsb.org/index.php/hsd/article/view/2785>
 15. Rockwood, K., Song, X, MacKnight, C., Bergman, H., Hogan, D.B., McDowell, I., Mitnitski, A. (2005).
A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ Can Med Assoc J J Assoc Medicale Ca*; 173(5): 489-95.
 16. Stauffer, C.M., Pfeifer, C. (2024)
Colonoscopy. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559274/>
 17. Waring, J.P., Baron, T.H., Hirota, W.K., Goldstein, J.L., Jacobson, B.C., Leighton, J.A., Mallery, J.S., Faigel, D.O. (2003).
Guidelines for conscious sedation and monitoring during gastrointestinal endoscopy. *Gastrointest Endosc*; 58(3): 317-22.
 18. Waye, J.D. (1992)
Colonoscopy. *CA Cancer J Clin*, 42(6):350-65.
 19. Youssouf, O., Akelelo Boua, N., Ngboko Mirotiga, P.A., Camengo, P., Service, G., Tapande Yakossa, E.E., Ouimon, D. (2023).
Aspects Cliniques et Épidémiologiques des Pathologies Ano Rectale au Chu Communautaire de Bangui (République Centrafricaine) Durant la Période de 23/05/2022 au 23/03/2023. *European Scientific Journal*, ESJ, 19 (15), 189.
<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n15p189>.