

European Scientific Journal, *ESJ*

January 2026

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

January 2026 edition vol. 22, No. 3

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

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

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

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

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

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

Sincerely,

Daniel B. Hier, MD

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

Editor in Chief

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Robert Szucs,
University of Debrecen, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrücken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Łódź, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepāja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

Louis Valentin Mballa,
Autonomous University of San Luis Potosí, 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,
College of Nursing, Qatar University, Qatar

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 Zascierinska,
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

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

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,
Université 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 Yehuwalashet 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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

Ackoundoun-Nguessan Kouame Sharll,
Ecole Normale 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

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

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

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

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

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

Gibet Tani Hicham,
Abdemalek Essaadi University, Morocco

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

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

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

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

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

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

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 Gonzzlez,

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

Nicolas Serge Ndock,
University of Ngaoundere, Cameroon

Abebe Bahiru,
Zhejiang Normal University, China

Diana Maria Lopez Celis,
Jorge Tadeo Lozano University of Bogotá, Colombia

Fathi Zerari,
Souk-Ahras University, Algeria

Hermann Victoire Feigoudozoui,
University of Bangui, Central African Republic

Omowunmi A. Odeyomi,
North Carolina A&T State University, USA

Daniel Kon Ater,
University of Juba, Republic of South Sudan

Manasvi Hrishikesh Patil,
Dr. Vishwanath Karad MIT World Peace University, India

Steven Thomas Tumaini,
College of Business and Education, Tanzania

Table of Contents:

Impact of Artificial Intelligence on Ocular Biometry for Cataract: A Systematic Review.....1

Breno Bonadies Andrade

Glaucia Luciano da Veiga

Daniela Trovao de Figueiroa

Felipe Trovao de Figueiroa

Luiz Gustavo de I. Ribeiro

Samantha Sanches de Carvalho

Thais Moura Gascon

Fernando Betty Cresta

Fernando Luiz Affonso Fonseca

Vagner Loduca Lima

Asociación de redes de apoyo y adherencia al tratamiento en pacientes con diabetes tipo 2.....13

Cynthia Quiroz-Narvaez

Ma. Azucena Bello-Sánchez

Hector Alejandro Arroyo-Gil

Itzel Dannae Rodriguez-Acevedo

Yaneli Ortiz-Heredia

Lizeth Mariana Armendariz-Franco

Spirulina Production in a Controlled Environment in Niger.....25

Naroua Koure Mamane Kabirou

Halima Oumarou Diadie

Roukaya Abdou Souley

Rabiou Abdou Abdoul Rachid

Balla Abdourahamane

L'extrait de feuille de Moringa (Moringa oleifera Lam.), un biofertilisant prometteur.....41

Bathie Sarr

Migration of an IUD into the Myometrium Associated with a Painful Ovarian Cyst: A Case Report.....54

Dagbesse Elysee Boko Dagoun

Yaya Samake

Michele Benie Menin-Messou

Clausen Georgie M'Bro

Narcisse Kouadio Kouadio

Lydie Estelle Djanhan

Analyse des effets de la sédentarité professionnelle liée au travail sur écran dans une industrie alimentaire du Mali.....61

Ibrahima Foba

Mohamed Sidibé

Bocar Baila Diédhiou

Armandine Eusebia Roseline Diatta

Babou Ba

Mahamadou Koné

Mor Ndiaye

Profil épidémiologique, diagnostique, thérapeutique et évolutif des tumeurs osseuses malignes en rhumatologie au CHU-Kara.....73

Atake Awaki-Esso

Oniankitan Sadat

Diallo Mamadou Lamine

Koffi-Tessio Viwalé

Fianyo Eyrarn

Tagbor Komi Cyrille

Kakpovi Kodjo

Houzou Prénam

Oniankitan Owonayo

Exploring Irrigable Dams Schemes and Water Quality for Vegetable Cultivation in Wa West District, Upper West Region-Ghana.....87

Clifford James Fagariba

John Bosco Baguri Sumani

Interface Homme-serpents en zone urbaine et péri-urbaine du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest).....106

Alamou M. Henri Adje

Idrissa Kabore

Siéfo Parfait Gnoumou

Emmanuel Midibahaye Hema

Analyse par Télédétection de la dynamique des formations végétales 2002-2022 dans le Sud du Parc national de la Comoé (Nord-Est de la Côte d'Ivoire).....124

Alassane Konate

N'da Hyppolite Dibi

Affi Jeanne Bongoua-Devisme

Impact of Artificial Intelligence on Ocular Biometry for Cataract: A Systematic Review

Breno Bonadies Andrade

Glaucia Luciano da Veiga

Centro Universitário FMABC, Santo André, Brasil

Daniela Trovao de Figueiroa

Felipe Trovao de Figueiroa

Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, Brasil

Luiz Gustavo de I. Ribeiro

Samantha Sanches de Carvalho

Thais Moura Gascon

Centro Universitário FMABC, Santo André, Brasil

Fernando Betty Cresta

Banco de Olhos de Sorocaba, BOS, Sorocaba, Brasil

Fernando Luiz Affonso Fonseca

Vagner Loduca Lima

Centro Universitário FMABC, Santo André, Brasil

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p1](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p1)

Submitted: 12 November 2025

Accepted: 28 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Andrade, B. B., da Veiga, G. L., de Figueiroa, D. T., de Figueiroa, F. T., Ribeiro, L. G. de I., de Carvalho, S. S., Gascon, T. M., Cresta, F. B., Fonseca, F. L. A., & Lima, V. L. (2026). *Impact of Artificial Intelligence on Ocular Biometry for Cataract: A Systematic Review*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p1>

Abstract

Artificial intelligence (AI) is a promising tool in the modernization of ophthalmic practice, particularly in ocular biometrics for cataract surgery. This review explores how AI can optimize the accuracy and personalization of human eye biometrics, which are crucial for diagnosis, surgical planning success, and the reduction of intra- and postoperative complications. The research was conducted through a systematic review using the PRISMA methodology across databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science. Eight studies were included that met eligibility criteria, focusing on machine learning tools and other AI approaches. The results show that AI improves the

prediction of biometric parameters, such as the power and position of intraocular lenses, in addition to identifying risk factors and optimizing resources, especially in contexts with limited infrastructure. AI-based models outperformed traditional methods, from advanced calculations to accessibility in remote regions. The review concludes that AI has transformative potential in ophthalmology, although challenges such as methodological validation, generalization, and ethical regulation remain. The study's implications include advancements in clinical practice and the need for public policies that promote the ethical and effective use of these technologies.

Keywords: Artificial intelligence; Cataract; Biometry; Intraocular lenses; Refractive error

Introduction

Cataract surgery is currently the most frequently performed surgical procedure worldwide. Since its early origins in ancient India, the technique, indications, and diagnostic approaches have continually evolved. Technological advancements — particularly the integration of artificial intelligence (AI) — have introduced significant innovations in ocular biometry, a fundamental step for accurate diagnosis, planning, and successful execution of the surgery. The incorporation of AI in biometric assessment enables greater precision in preoperative calculations, optimizing intraocular lens (IOL) selection and contributing to improved visual outcomes. Given its clinical relevance, AI-mediated biometry emerges as a promising and essential field of research for modern ophthalmologic practice (Clarke & Kapelner, 2020; Connell & Kane, 2019; Li et al., 2020; Zhou et al., 2023). Ocular biometry consists of detailed measurements of the eye's anatomical structures, including axial length, anterior chamber depth, and corneal curvature—parameters indispensable for accurate IOL power calculation. However, in specific contexts, the application of machine learning-based algorithms extends beyond these measurements by offering broader analyses, such as detecting the presence or absence of cataract, identifying visual axis opacities, and evaluating the progression of anterior segment findings through comparative sequential imaging. These algorithms can also be customized—adapting biometric calculations for surgical planning to the individual anatomical characteristics of each patient by leveraging databases embedded within globally available formulas. While early detection supports diagnosis and appropriate referral for medical care, the personalized approach significantly reduces postoperative refractive errors, underscoring the transformative role of AI in enhancing clinical practice (Tabuchi et al., 2022; Lanza et al., 2020). This study aims to systematically explore the available

evidence, contributing to a comprehensive understanding of the applications and limitations of this technology in biometric and ophthalmologic practice.

Methods

This study presents a systematic review conducted in accordance with the guidelines of the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Moher et al., 2009). The review protocol was prospectively registered in the PROSPERO database (registration number: 618761), ensuring transparency and methodological rigor. The initial stage consisted of a systematic search across three major and thematically relevant databases: PubMed, Scopus, and Web of Science. The selection of these platforms was based on their comprehensive coverage in biomedical and technological fields (Moher et al., 2009; Higgins et al., 2024). The search strategy employed specific terms and Boolean combinations such as “artificial intelligence,” “machine learning,” “ocular biometry,” “axial length measurement,” and “intraocular lens calculation.” These terms were chosen to ensure the inclusion of studies aligned with the defined scope, focusing on the use of AI in ocular biometry.

Table 1: Question-structure based on PICO
(Population, Intervention, Comparison, Outcome)

Component	Description
P (Population)	Patients requiring cataract surgery (e.g., confirmed by ophthalmological examination and diagnosis).
I (Intervention)	Ocular biometry.
C (Comparison)	Use of artificial intelligence to improve biometric calculations.
O (Outcome)	Clinically significant outcomes in the evaluation of biometric technique performance on cataract surgery results.

Inclusion criteria were defined based on literature and the need to select studies of high clinical relevance. Articles were accepted if they focused on the use of AI in biometric contexts specific to cataract surgery, considering technological advances and their clinical applications. The exclusion process, in turn, eliminated studies with inadequate methodological design, such as those addressing technological aspects without direct impact on clinical biometric practice. Thus, the methodology ensured that the analyzed evidence was scientifically grounded and relevant to the objectives of this research.

Search Strategy

A comprehensive search was performed in electronic databases including PubMed, Scopus, Web of Science, and EMBASE, covering the period from February 2020 to November 2024. MeSH terms and keywords related to the use of artificial intelligence in diagnostics, ophthalmic surgery, and biometric techniques were used, with a particular focus on cataract. The search strategy was adapted to each database, and reference lists of included studies were manually reviewed to identify potential additional articles.

Eligibility Criteria

Original studies that investigated the impact of artificial intelligence on ocular biometry or cataract surgery, published in English or Portuguese, were included regardless of study design. Exclusion criteria encompassed narrative reviews, editorials, conference abstracts, and studies not addressing the practical application of AI. All records identified in the databases were imported into EndNote software, where duplicates were removed. Initial screening was conducted by two independent reviewers who analyzed titles and abstracts based on predefined inclusion criteria. The search terms and their combinations included *“artificial intelligence,” “machine learning,” “biometry,” “ocular biometry,” “cataract surgery,”* and *“intraocular lens.”* Keywords were applied to capture a broad range of articles relevant to the application of AI in ocular biometry, with a particular emphasis on cataract surgery. Potentially eligible studies were evaluated in full text for final inclusion. Discrepancies were resolved by a third reviewer.

Data Extraction and Analysis

Data from the included studies were extracted using a standardized form, which covered information on authors, year of publication, study design, target population, interventions involving AI, reported outcomes (e.g., biometric accuracy, postoperative visual outcomes), and main conclusions. Study quality was assessed using appropriate tools, such as ROBINS-I for observational studies or the Cochrane Risk of Bias Tool for randomized controlled trials. This rigorous approach ensures that the findings of this review provide a solid foundation for understanding the impact of artificial intelligence on biometric techniques applied to cataract surgery. 609 articles were initially identified. After the removal of 191 duplicate records, 418 studies remained for title and abstract screening. This step was essential to ensure that only studies relevant to the research question were included. Titles and abstracts were carefully examined using previously defined exclusion criteria, resulting in the removal of 331 articles that did not align with the scope of the study. Consequently, 87 studies were selected for more detailed

evaluation through full-text reading to assess compliance with the eligibility criteria (Figure 1).

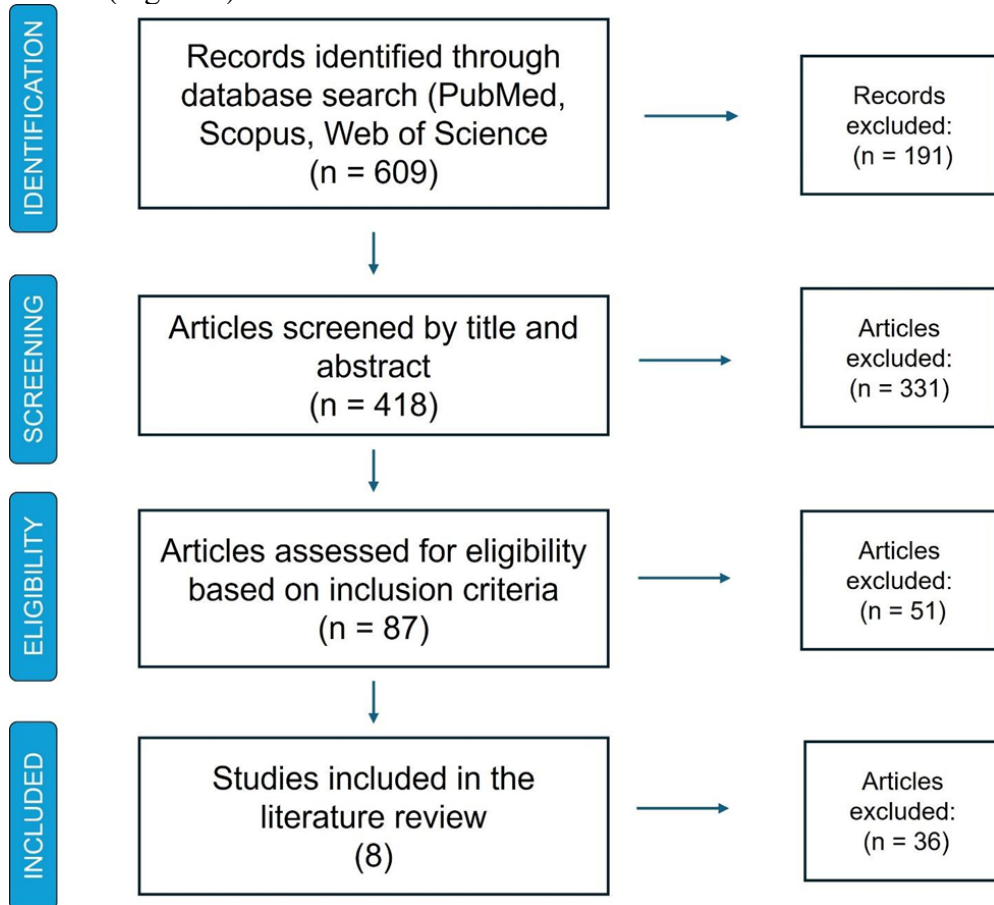


Figure 1: Flowchart of the study selection process according to PRISMA guidelines

This selection was justified by the need for robust evidence applicable to clinical practice, in line with widely accepted methodological recommendations, such as those described by Higgins et al., 2021. The process resulted in the selection of 8 studies that met all the inclusion criteria, forming the final corpus of this systematic review. Inclusion criteria were defined based on literature recommendations and the necessity to select studies of high clinical relevance. Articles were accepted if they addressed the use of AI in biometric contexts specific to cataract surgery, considering the technological advances and their clinical applications. Exclusion criteria, on the other hand, involved removing studies with inadequate methodological design or those dealing with technological themes lacking direct impact on clinical biometric practice.

Results

The selected studies evidenced the applicability of artificial intelligence (AI) in optimizing different stages of cataract management. Machine learning models were effective in predicting surgical complications and operative time based on individualized risk factors. AI algorithms trained with optical coherence tomography (OCT) images showed high precision in estimating preoperative visual acuity, reinforcing their utility in objective severity grading and prognostic evaluation. Furthermore, AI tools improved the prediction of intraocular lens (IOL) position and power, surpassing conventional formulas and enhancing surgical planning. Inventory management strategies based on AI also proved capable of optimizing IOL stock and minimizing refractive errors in outreach contexts. Collectively, the results underscore the clinical potential of AI in enhancing safety, accuracy, and efficiency in cataract surgery (Table 2).

Table 2: Summary of studies evaluating the application of artificial intelligence (AI) in cataract surgery

Author / Year	Objective	Methodology	Conclusion
Tabuchi et al. (2022)	To demonstrate a real-time evaluation technology for cataract surgery using AI and compare surgical risk indicators between residents and experienced surgeons.	Cataract surgeries were performed by three residents and three experienced surgeons. Intraoperative risk indicators were measured in real time and statistically compared.	Risk indicators were significantly better in experienced surgeons, indicating that AI can objectively identify surgical risks and enhance the safety of cataract procedures.
Long et al. (2020)	To develop an AI-based system for individualized prediction and telemedicine management of congenital cataract, integrating prediction with cloud-based follow-up.	The CC-Guardian system was developed using deep learning and Bayesian algorithms, validated through retrospective testing, and implemented on a cloud-based telemedicine platform.	The AI system enabled early detection of complications and reduced socioeconomic burden compared to conventional methods, showing potential in managing chronic ocular diseases.
Lanza et al. (2020)	To evaluate ocular and systemic factors involved in cataract surgery complications in a teaching hospital using AI.	Data from 1,229 cataract surgeries were analyzed using AI, conducting 1.25 billion simulations to develop a personalized predictive model.	AI models effectively identified key risk factors (e.g., trainee surgeon, axial length, IOL power) and predicted surgical duration with high accuracy.
Yilmaz et al. (2024)	To compare the effectiveness of AI real-time feedback	Ninety-seven trainees were randomized into three groups: AI feedback, expert	AI feedback led to better performance than no feedback and

	versus expert instruction in technical skill acquisition in a randomized clinical trial.	instruction, and no feedback. Performance was assessed using composite scores and blinded expert OSATS evaluations.	was comparable to expert instruction, suggesting AI's potential as a surgical training tool.
Li (2020)	To develop and validate a gradient boosting decision tree algorithm to predict postoperative intraocular lens (IOL) position.	Data from 847 patients were used to train machine learning models for postoperative IOL position prediction and to improve existing and novel IOL power formulas.	The machine learning model improved prediction accuracy of postoperative IOL position compared with traditional approaches, supporting its use in cataract surgical planning.
Brant et al. (2021)	To evaluate discrepancies between planned and implanted IOL power in Ethiopian cataract campaigns using machine learning to optimize IOL inventory and reduce preventable refractive errors.	Patient data from Ethiopian cataract outreach were analyzed. A gradient descent model was applied to optimize IOL inventory, tested under different overstocking levels.	The ML model ensured >99.5% match to target IOL power using only 39% overstock. This suggests that inventory optimization can reduce refractive errors and operational costs.
Ahn et al. (2022)	To evaluate the performance of an AI model using OCT images to estimate best-corrected preoperative visual acuity (BCVA) in senile cataract patients.	Retrospective study with cross-validation. Used 2,332 images for training/validation and 1,002 for testing. Ensemble model based on Inception-v4 and ResNet. Performance assessed via absolute error between estimated and real BCVA.	The AI model showed high precision in estimating visual acuity and cataract severity, supporting its use in objective preoperative assessment and outcome prediction.

Discussion

The selected studies provided robust evidence on the efficacy and applicability of artificial intelligence (AI) in ocular biometry for cataract care.

The CC-Guardian system exemplifies a significant advancement in the use of AI to optimize remote monitoring and predict complications in patients with congenital cataract. Based on Bayesian algorithms and deep learning models, this system achieved high sensitivity and specificity in detecting visual axis opacification and intraocular hypertension. Additionally, it demonstrated cost-effectiveness and improvement in postoperative follow-up outcomes when compared to conventional methods (Long et al., 2020).

Similarly, AI was employed in a university hospital setting to identify variables associated with surgical complications, highlighting factors such as

surgeon experience, axial length, and intraocular lens (IOL) power. The model not only demonstrated high accuracy in predicting surgical duration but also proved useful in personalizing intraoperative approaches and mitigating risk. In surgical training, a randomized controlled study compared real-time feedback provided by AI systems to in-person instruction from expert mentors during simulated procedures. Results showed that AI was as effective—or superior—in improving residents' technical skills, confirming its role as a high-impact educational tool. Lanza et al. employed AI on over 1,200 cataract surgeries to identify predictors of intraoperative risk. Variables such as axial length, surgeon experience, and IOL power significantly influenced complication rates. Their AI model also predicted surgical duration with a mean error <6 minutes (Lanza et al., 2020, 2021).

Furthermore, AI-based systems for real-time intraoperative risk assessment have been implemented, improving accuracy in identifying surgical risks. These systems proved particularly beneficial for less experienced surgeons, reinforcing their value as training resources (Chang et al., 2021). AI-based platforms have also proven effective in training cataract surgeons by providing real-time feedback during simulated procedures and standardizing educational processes. Yilmaz et al. demonstrated that AI-based feedback systems for surgical training were as effective as expert-led instruction in skill acquisition (Yilmaz et al., 2024).

Preoperative classification models have identified risk factors for poor outcomes, including comorbidities and low baseline vision (Lanza et al., 2021). Recent studies also highlight the potential of AI in predicting postoperative visual outcomes using preoperative data and identifying individualized risk factors (Rampat, et al., 2021). Deep learning-based tools have proven effective in the early detection of cataract from ophthalmic images, increasing diagnostic accuracy and enabling earlier intervention (Chang, Cavuoto & Flynn, 2021).

Studies consistently show that AI-based formulas such as the Kane, Hill-RBF, XGBoost, and BART outperform legacy systems (Clarke & Kapelner, 2020; Connell & Kane, 2019; Li et al., 2020; Lanza et al., 2021; Mueller et al., 2016). These models incorporate additional features—axial length, anterior chamber depth, lens thickness, central corneal thickness, and gender—to personalize calculations (Clarke & Kapelner, 2020; Mueller et al., 2016). Vinogradov et al. reported AI-based models achieving 90–95% accuracy in predicting optimal IOL power (Vinogradov et al., 2021). Ladas et al. improved multiple formula generations by integrating AI for refractive target optimization (Ladas et al., 2015). However, the Hill-RBF formula may present “out-of-bounds” warnings when applied to unfamiliar biometric profiles (Mueller et al., 2016). The XGBoost formula demonstrated exceptional accuracy in eyes with axial length ≥ 30.0 mm (Zhou et al., 2023).

BART performed well even with incomplete datasets, representing a major advantage in real-world applications (Li et al., 2020). Models that integrate both clinical and imaging data have further improved predictive performance, particularly in intraocular lens (IOL) power estimation (Long et al., 2020). In global outreach campaigns, AI optimized IOL inventories and reduced mismatches to less than 0.5%, with only 39% overstocking (Brant et al., 2021). Additionally, AI has enhanced IOL power calculations, resulting in improved visual outcomes and greater patient satisfaction (Lanza et al., 2021; Ting et al., 2019).

Ahn et al. trained models using more than 2,000 anterior segment optical coherence tomography (OCT) images to estimate preoperative visual acuity, achieving a correlation coefficient of 0.969 (Ahn et al., 2022). These tools enable objective assessment of cataract severity and support more accurate tailoring of surgical expectations.

Based on the studies presented in the review table, artificial intelligence (AI) has led to significant advancements across multiple aspects of ophthalmic care related to cataract surgery. The reviewed evidence consistently demonstrates AI's transformative potential in diagnosis, treatment, and surgical education for cataract (Ahn et al., 2022; Müller et al., 2024; Sim et al., 2021). High predictive accuracy was observed in models assessing complications and visual acuity outcomes, alongside promising applications in training environments for ophthalmology residents (Yilmaz et al., 2024).

However, methodological disparities remain. While some studies favored deep neural networks, others employed simpler Bayesian models, reflecting variability in computational requirements and model generalizability. Significant differences in clinical characteristics and geographical contexts among the studied populations further limit the direct applicability of findings across diverse healthcare settings. Moreover, logistical challenges and the high costs associated with real-time clinical implementation constrain scalability, particularly in resource-limited environments (Brown et al., 2020; González & Bautista, 2021; Brant et al., 2021).

Nonetheless, current research emphasizes persistent ethical and infrastructural barriers—such as the dependence on large volumes of high-quality data—which remain significant obstacles to large-scale implementation in routine clinical practice.

Conclusion

This systematic review highlights that artificial intelligence (AI) represents a transformative milestone in ocular biometry, offering advanced solutions for diagnosis, treatment, and medical training in ophthalmology,

particularly in the management of cataract. AI-based models have demonstrated effectiveness in the personalization of clinical approaches, prediction of complications, and evaluation of visual outcomes, with the potential to redefine standards of ophthalmic care. However, challenges related to methodological standardization, cost, and technological infrastructure continue to hinder broad implementation. In alignment with the existing literature, this analysis underscores the need for further studies involving diverse populations and fostering the integration of AI across different healthcare systems to ensure equitable access to technological innovations. Thus, AI not only holds promise for enhancing the quality of ophthalmologic care but may also contribute significantly to advancing health equity on a global scale.

Declaration of AI assistance in manuscript preparation

During the preparation of this manuscript, the author(s) used ChatGPT, an AI language model, to enhance readability, improve grammar and spelling, and refine language. Following its use, the author(s) thoroughly reviewed and edited the content, and assume full responsibility for the final version of the 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.

References:

1. Ahn, H., Kim, J. H., Lee, D., Kim, H. J., & Park, K. H. (2022). Artificial intelligence for the estimation of visual acuity using multi-source anterior segment optical coherence tomography images in senile cataract. *Frontiers in Medicine*, 9, 871382.
2. Asena, B. S., Koc, M., Uzel, M. M., & Akman, A. (2017). Keratometry comparison with the VERION image-guided system. *International Ophthalmology*, 37(2), 391–399.
3. Brant, A. R., Hinkle, J., Shi, S., Hess, O., Zubair, T., Pershing, S., & Tabin, G. C. (2021). Artificial intelligence in global ophthalmology: Using machine learning to improve cataract surgery outcomes at Ethiopian outreaches. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 47(1), 6–10.
4. Carmona González, D., & Palomino Bautista, C. (2021). Accuracy of a new intraocular lens power calculation method based on artificial intelligence. *Eye*, 35(2), 517–522.

5. Chang, T. C., Cavuoto, K. M., & Flynn, J. T. (2021). Artificial intelligence in cataract surgery: Current applications and future directions. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 10(2), 187–195.
6. Clarke, G. P., & Kapelner, A. (2020). The Bayesian additive regression trees formula for safe machine learning-based intraocular lens predictions. *Frontiers in Big Data*, 3, 572134.
7. Connell, B., & Kane, J. X. (2019). Comparison of the Kane formula with existing intraocular lens formulas. *BMJ Open Ophthalmology*, 4(1), e000251.
8. Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (Eds.). (2024). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Version 6.5). Cochrane. <https://training.cochrane.org/handbook>
9. Ladas, J. G., Siddiqui, A. A., Devgan, U., & Jun, A. S. (2015). A 3-D “super surface” combining modern intraocular lens formulas to generate a “super formula” and maximize accuracy. *Journal of Refractive Surgery*, 31(8), 501–506.
10. Lanza, M., Cennamo, G., Iaccarino, G., et al. (2020). Application of artificial intelligence in the analysis of features affecting cataract surgery complications. *Frontiers in Medicine*, 7, 607870.
11. Lanza, M., Cennamo, G., Iaccarino, G., et al. (2021). Classification tree analysis for postoperative cataract complications. *Diagnostics*, 11(3), 436.
12. Li, T., Yang, K. L., Stein, J. D., & Nallasamy, N. (2020). Gradient boosting decision tree algorithm for intraocular lens position prediction. *Translational Vision Science & Technology*, 9(11), 17.
13. Loftus, T. J., Tighe, P. J., Filiberto, A. C., et al. (2020). Artificial intelligence and surgical decision-making. *JAMA Surgery*, 155(2), 148–158.
14. Long, E., Lin, H., Liu, Z., et al. (2020). Artificial intelligence manages congenital cataract with individualized prediction and telehealth computing. *npj Digital Medicine*, 3, 112.
15. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
16. Mueller, A., Thomas, B. C., Auffarth, G. U., & Holzer, M. P. (2016). Comparison of a new image-guided system for intraocular lens power calculation. *Current Eye Research*, 41(4), 518–524.
17. Müller, S., et al. (2024). Artificial intelligence in cataract surgery: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(1), 131.
18. Rampat, R., Deshmukh, R., Chen, X., Ting, D. S. W., Said, D. G., Dua, H. S., & Ting, D. S. J. (2021). Artificial intelligence in cornea,

- refractive surgery, and cataract: Basic principles, clinical applications, and future directions. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 10(3), 268–281.
19. Sim, D. A., et al. (2021). Artificial intelligence in ophthalmology: Improved diagnostic precision. *Progress in Retinal and Eye Research*, 84, 100965.
 20. Tabuchi, H., Morita, S., Miki, M., Deguchi, H., & Kamiura, N. (2022). Real-time artificial intelligence evaluation of cataract surgery. *Taiwan Journal of Ophthalmology*, 12(2), 147–154.
 21. Thomsen, A. S. S., Smith, P., Subhi, Y., la Cour, M., Tang, L., Saleh, G. M., & Konge, L. (2017). High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. *Acta Ophthalmologica*, 95(3), 307–311.
 22. Ting, D. S. W., et al. (2019). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. *British Journal of Ophthalmology*, 103(2), 167–175.
 23. Yilmaz, R., et al. (2024). Real-time artificial intelligence versus in-person instruction in cataract surgery training. *Scientific Reports*, 14, 15130.
 24. Zhou, Y., Dai, M., Sun, L., Tang, X., Zhou, L., Tang, Z., Jiang, J., & Xia, X. (2023). The accuracy of intraocular lens power calculation formulas based on artificial intelligence in highly myopic eyes: A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 11, 1279718.

Asociación de redes de apoyo y adherencia al tratamiento en pacientes con diabetes tipo 2

Cynthia Quiroz-Narvaez, Médico Residente de Medicina Familiar

Ma. Azucena Bello-Sánchez, MCE

Hector Alejandro Arroyo-Gil, Médico Residente de Medicina Familiar

Itzel Dannae Rodríguez-Acevedo, Médico Residente de Medicina Familiar

Yanelli Ortiz-Heredia, Médico Residente de Medicina Familiar

Lizeth Mariana Armendariz-Franco, Médico Residente de Medicina Familiar

Instituto Mexicano del Seguro Social, Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p13](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p13)

Submitted: 20 October 2025

Accepted: 30 December 2025

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Quiroz-Narvaez, C., Bello-Sánchez, M. A., Arroyo-Gil, H. A., Rodríguez-Acevedo, I. D., Ortiz-Heredia, Y., & Armendariz-Franco, L. M. (2026). *Asociación de redes de apoyo y adherencia al tratamiento en pacientes con diabetes tipo 2*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 13. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p13>

Resumen

Introducción: La diabetes tipo 2 es una enfermedad crónica con un impacto significativo en la calidad de vida, y las redes de apoyo disponibles para los pacientes para afrontar la enfermedad pueden estar asociadas con el control de la enfermedad. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, transversal, analítico de asociación. La muestra estuvo compuesta por 286 pacientes, divididos en dos grupos: pacientes con diabetes tipo 2 con redes de apoyo y adherencia al tratamiento; y pacientes con diabetes tipo 2 sin redes de apoyo ni adherencia al tratamiento. **Variables sociodemográficas:** edad, sexo, estado civil, ocupación, educación; **variables clínicas:** años desde el diagnóstico de diabetes tipo 2, adherencia al tratamiento, redes de apoyo, glucosa en ayunas, hemoglobina glucosilada y medicamentos utilizados. **Análisis estadístico:** medias, porcentajes, prueba de chi-cuadrado. **Resultados:** En ambos grupos predominó el sexo femenino, de 51 a 60 años, empleados, escolaridad secundaria, casados, variables clínicas de 1 a 5 años del diagnóstico, usando 3 medicamentos, Los pacientes con redes de apoyo mostraron mejor control glucémico (59% glucemia en ayunas, 68%

HbA1c controlada), mientras que los que no tenían redes de apoyo tuvieron mayores tasas de control glucémico no controlado (63% y 53%, respectivamente), ambas cifras un valor $p=0.001$, respecto a la asociación en el grupo con redes de apoyo destacó la adherencia en un 66%, mientras que en el grupo sin redes de apoyo no hubo adherencia al tratamiento en un 65%, ambos datos con significancia estadística. Conclusiones: Las redes de apoyo se asocian significativamente a mayor adherencia al tratamiento y mejor control glucémico en pacientes con diabetes tipo 2.

Palabras clave: Redes de apoyo, adherencia al tratamiento, glucosa, diabetes tipo 2, control glucémico

Association of Support Networks and Treatment Adherence in Patients With Type 2 Diabetes

Cynthia Quiroz-Narvaez, Médico Residente de Medicina Familiar

Ma. Azucena Bello-Sánchez, MCE

Hector Alejandro Arroyo-Gil, Médico Residente de Medicina Familiar

Itzel Dannae Rodríguez-Acevedo, Médico Residente de Medicina Familiar

Yanelli Ortiz-Heredia, Médico Residente de Medicina Familiar

*Lizeth Mariana Armendariz-Franco, Médico Residente de Medicina
Familiar*

Instituto Mexicano del Seguro Social, Querétaro, México

Abstract

Introduction: Type 2 diabetes is a chronic disease with a significant impact on quality of life, and the support networks available to patients to cope with the disease may be associated with disease control. **Materials and methods:** A quantitative, observational, cross-sectional, association-analytic study was conducted. The sample consisted of 286 patients, divided into two groups: patients with type 2 diabetes with support networks and treatment adherence; and patients with type 2 diabetes without support networks and treatment adherence. **Sociodemographic variables:** age, sex, marital status, occupation, education; **clinical variables:** years since type 2 diabetes diagnosis, treatment adherence, support networks, fasting glucose, glycated hemoglobin, and medications used. **Statistical analysis:** means, percentages, chi-square test. **Results:** In both groups, the female sex predominated, from 51 to 60 years old, employed, secondary education, married, clinical variables from 1 to 5 years of diagnosis, using 3 drugs, Patients with support networks showed better glycemic control (59% fasting glucose, 68% HbA1c controlled), while those without support networks had higher rates of

uncontrolled glycemic control (63% and 53%, respectively), both figures a p value = 001, regarding the association in the group with support networks, adherence stood out at 66%, while in the group without support networks there was no adherence to treatment in 65%, both data with statistical significance. Conclusions: Support networks are significantly associated with greater adherence to treatment and better glycemic control in patients with type 2 diabetes.

Keywords: Support networks, treatment adherence, glucose, Type 2 Diabetes, glycemic control

Introduction

La Diabetes tipo 2 (DT2) es una enfermedad crónica degenerativa que afecta a 170 millones de personas en todo el mundo y este número se duplicará para 2030. Se estima que el número de pacientes con diabetes en América Latina han aumentado en 148% este año. En México, esta cifra de personas afectadas incrementará 175%, pasando de 6,8 millones a 11,9 millones. El número de casos nuevos de diabetes entre niños y adolescentes en México se triplicó entre 1990 y 2007, especialmente entre los mayores de 25 años. Desde 2000, los jóvenes de 15 a 19 años han sido el grupo más afectado y en 2007, esta cantidad se quintuplicó de 411 a 1,770. (Vintimilla et al, 2019).

Las redes de apoyo son un grupo de personas que pueden brindar recursos materiales, instrumentales y emocionales a otras personas, en el contexto de la DT2, puede contribuir a la disminución del estrés emocional, mental, malestar físico y falta de recursos materiales, informativos, económicos y espirituales para superar la enfermedad. (Sánchez et al, 2021).

El apoyo social y familiar constituye un aspecto fundamental en la adherencia conductual al tratamiento de esta enfermedad. Desde un punto de vista instrumental, es una forma eficaz de asegurar la adherencia al tratamiento con respecto a los principales factores que vinculan a las familias con las condiciones médicas. De no ser así, se pueden presentar las múltiples complicaciones micro y macro vasculares, así como el cambio en la dinámica familiar, problemas emocionales y sociales. (Espinosa & Suarez, 2023). (Barrientos et al, 2022)

La importancia de este estudio se basa en la asociación de las redes de apoyo y la adherencia al tratamiento en pacientes con DT2, debido a que esta última es considerada una pandemia, implicando un gran reto para disminuir su prevalencia.

Asimismo se ha visto que una buena red de apoyo en las personas, mejora su percepción de la enfermedad, su estado de ánimo, el entusiasmo por cumplir objetivos, así como el sentirse apoyado, amado, mejorando su ámbito familiar, social y personal.

La trascendencia de este proyecto radica en que posterior a los resultados se realizarán actividades encaminadas a reforzar las redes de apoyo o bien iniciar una campaña informativa a través de trípticos, stands o ferias de la salud para que conozcan y reconozcan tanto familiares como pacientes, quienes pueden ser sus redes de apoyo y con ello lograr una adherencia al tratamiento farmacológico y no farmacológico con la finalidad de alcanzar metas de control y evitar complicaciones de la DT2.

Métodos

Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, transversal analítico de asociación. La población estuvo conformada por pacientes con diagnóstico de DT2 con derechohabencia y que acudieran a la consulta externa de la Unidad de Medicina Familiar número 9 (UMF9) de Querétaro, México, durante 2024.

Se calculó el tamaño de la muestra con la fórmula para dos proporciones, resultando 143 pacientes para cada grupo, la técnica de muestreo se realizó de forma no probabilística por cuota, con nivel de seguridad 0.95, con un margen de error del 5%.

Grupo 1: Pacientes con diagnóstico de DT2 con redes de apoyo y adherencia al tratamiento.

Grupo 2: Pacientes con diagnóstico de DT2 sin redes de apoyo y adherencia al tratamiento.

Los criterios de inclusión fueron pacientes derechohabientes de la UMF9 con diagnóstico de DT2, de cualquier sexo, de 18 a 65 años de edad, que de manera voluntaria quisieran participar en el estudio y que hayan firmado el consentimiento informado.

Criterios de exclusión: Pacientes que no acudieron en los últimos 3 meses a cita de control de DT2, con alguna discapacidad física o motora, con diagnósticos de ansiedad, depresión, enfermedad renal (lo anterior para no sesgar la muestra, debido a que estos pacientes por la misma condición necesitan más redes de apoyo).

Criterios de eliminación: Pacientes que no terminaron de realizar los cuestionarios, que decidieron no continuar con el estudio.

Las variables que se estudiaron fueron socio-demográficas: edad, sexo, estado civil, ocupación, escolaridad y las variables clínicas: años de diagnóstico de DT2, adherencia al tratamiento, redes de apoyo, además se midió la glucosa en ayuno, HBA1C, y los fármacos que emplea.

Se creó una hoja de recolección de datos, la cual incluía el test de adherencia al tratamiento Morisky Green-8 que consta de 8 ítems, se determinó como paciente con adherencia al que tuviera una puntuación de 8 en el test de Morisky Green-8 y sin adherencia al que obtuviera una puntuación de 7 o menos. Para determinar las redes de apoyo se aplicó el inventario de

apoyo social al paciente con diabetes tipo 2, que consta de 40 preguntas tipo Likert. Se clasificaron en el grupo con redes de apoyo a aquellos que durante el cuestionario de apoyo social obtuvieron puntuación de 100 puntos o más y al grupo sin redes de apoyo a los que obtuvieron 99 puntos o menos.

Una vez registrado y autorizado por el Comité Local de Investigación en Salud No. 2201 perteneciente al Hospital General Regional No. 1 de Querétaro con folio de registro R-2024-2201-085 de SIRELCIS, se solicitó permiso a las autoridades correspondientes de la UMF 9 del IMSS de Querétaro, se acudió a la UMF9 en horario matutino y vespertino, se seleccionaron a los pacientes que cumplían con los criterios de inclusión, se les otorgó una explicación detallada de cuál sería su participación y una vez que aceptaba, se solicitó firmar el consentimiento informado (por ser considerada una investigación con riesgo mínimo, ya que solo se recopilaban datos preexistentes y los cuestionarios eran no invasivos) y se contestaba la hoja de recolección de datos, posteriormente se revisaba en el expediente electrónico los resultados de la glucosa, hemoglobina glucosilada y los fármacos que empleaba el paciente.

Cuando ya se obtuvo el total de la muestra, se vaciaron los datos en el programa SPSS versión 22. Se realizó el análisis estadístico utilizando frecuencias, porcentajes y la prueba de Chi-cuadrada a todas las variables estudiadas.

Resultados

Se estudiaron 286 participantes, divididos en 2 grupos, grupo 1 con redes de apoyo y el grupo 2 sin redes de apoyo, ambos con 143 participantes

Entre las características sociodemográficas en el grupo de pacientes con redes de apoyo 58% fueron mujeres y en el grupo sin redes de apoyo fueron 63%. La edad predominante fue de 51 a 60 años de edad en el grupo 1 con 64% y en el grupo 2 con 49%, ambos datos sin significancia estadística; el estado civil que predominó fue casado(a) en 85% en pacientes con redes de apoyo y 50% sin redes de apoyo ($p=0.001$). Predominó la ocupación de empleado (a) en 57% en el grupo 1 y en 62% en el grupo 2; la escolaridad predominante fue secundaria en pacientes con redes de apoyo (36%) y sin redes de apoyo (39%), ambos datos sin significancia estadística. (Tabla 1).

De acuerdo a las características clínicas en los pacientes predominaron los que tienen de 1 a 5 años de diagnóstico de DT2 con redes de apoyo (28%) y sin redes de apoyo (22%) este dato sin significancia estadística; respecto al control de la enfermedad con glucosa en ayuno y HbA1c prevaleció el rubro de controlada en pacientes con redes de apoyo del 59% y 68% respectivamente, en cambio sin redes de apoyo sobresalió el estado no controlado en 63% y 53% ambas cifras con un valor de $p=0.001$, y tomando en cuenta el número de fármacos usados predominó el uso de 3 fármacos en

pacientes del grupo 1 con 50% y en el grupo 2 con 45% datos sin significancia estadística. (Tabla 2).

Para determinar la fuerza de asociación entre las variables de estudio, se encontró que en el grupo con redes de apoyo predominó la adherencia en un 66%, mientras que en el grupo sin redes de apoyo presentó sin adherencia el tratamiento en 65% con χ^2 de 23.54, ambos datos con significancia estadística. (Tabla 3).

Tabla 1: Características socio demográficas de pacientes con Diabetes tipo 2

		Con redes de apoyo n=143		Sin redes de apoyo n=143		Chi ²	*p
		Frecuencia	%	Frecuencia	%		
Sexo	Femenino	83	58	90	63	.717	.468
	Masculino	60	42	53	37		
Edad	18 a 30 años	1	1	3	2	10.956	.027
	31 a 40 años	5	3	17	12		
	41 a 50 años	33	23	40	28		
	51 a 60 años	91	64	70	49		
	61 a 65 años	13	9	13	9		
Estado civil	Soltero(a)	6	4	25	17	41.750	.001
	Casado(a)	121	85	71	50		
	Divorciado(a)	2	1	13	9		
	Viudo(a)	2	1	12	8		
	Unión Libre	12	8	21	15		
Ocupación	Empleado	82	57	88	62	.572	.751
	Pensionado	8	6	8	6		
	Hogar	53	37	47	33		
Escolaridad	Primaria	38	27	28	20	4.226	.376
	Secundaria	52	36	56	39		
	Bachillerato	27	19	37	26		
	C. Técnica	10	7	6	4		
	Licenciatura	16	11	16	11		

*tomando como significativo cuando $p \leq 0.05$

Tabla 2: Características clínicas de los pacientes con Diabetes tipo 2

		Con redes de apoyo n=143		Sin redes de apoyo n=143		Chi ²	*p
		Frecuencia	%	Frecuencia	%		
Años de diagnostico	Menos 1 año	21	15	23	16	4.231	.517
	1 a 5 años	41	28	31	22		
	6 a 10 años	28	20	29	20		
	11 a 15 años	18	13	22	15		
	16 a 20 años	15	10	10	7		
	Más de 21 años	20	14	28	20		
Glucosa en ayuno	Controlada	84	59	53	37	13.464	.001
	Descontrolada	59	41	90	63		
HbA1c	Controlada	97	68	67	47	12.865	.001
	Descontrolada	46	32	76	53		
Numero de fármacos	1	8	6	5	3	3.114	.682
	2	31	22	37	26		
	3	71	50	64	45		
	4	26	18	26	18		
	5	7	5	10	7		
	6	0	0	1	1		

*tomando como significativo cuando p es ≤ 0.05

Tabla 3: Asociación de las redes de apoyo y la adherencia al tratamiento en pacientes con Diabetes tipo 2

		Con redes de apoyo n=143		Sin redes de apoyo n=143		Chi ²	P
		Frecuencia	%	Frecuencia	%		
Adherencia a tratamiento	Con adherencia	93	66	49	35	23.546	.001
	Sin adherencia	53	38	91	65		

*tomando como significativo cuando p es ≤ 0.05

Discusión

Con base en los resultados obtenidos se observa que predomina el sexo femenino en ambos grupos: 58% en los pacientes con redes de apoyo y 63% en el grupo sin redes de apoyo. Resultados similares con los hallazgos de Gómez, Illa y Holgado (2023), quienes encontraron en su estudio que 61.3%

de los participantes eran mujeres, mismo panorama presenta Medina Rivero (2023), encontrando 59.48% de los pacientes con control glucémico y 58.97% en el grupo sin control glucémico.

Asimismo, la edad que predominó fue de 51 a 60 años en 64% con redes de apoyo y 49% sin redes de apoyo, resultados similares a los obtenidos por Gómez, Illa y Holgado (2023), con 53.2%.

Respecto al estado civil, prevaleció el estado casado en 85% para el grupo con redes de apoyo y 50% para los de sin redes de apoyo, similar los resultados de Gómez, Illa y Holgado (2023), con 46.7%, y en el estudio de Medina Gómez y Rivero Hernández (2023), con 58.82% en el grupo con control glucémico y 57.26 en el grupo sin control glucémico.

Tomando en cuenta los años de diagnóstico predomina el rango de 1 a 10 años con 48% en el grupo con redes de apoyo y 42% en el grupo sin redes de apoyo, contexto similar a lo reportado por Gómez, Illa y Holgado (2023), con 45.2%.

Por último, se encontró que en el grupo con apoyo y adherencia la frecuencia fue de 93 participantes (66%), y en el grupo sin adherencia y sin redes de apoyo fue 65%. Este mismo panorama se observó en el estudio de Trejo y Villaseñor (2019), quienes obtuvieron un 74% en los que cuentan con apoyo familiar y, entre los que no tiene buen apego al tratamiento, 69% presentó apoyo familiar medio-bajo

Conclusión

La DT2 es una enfermedad crónica predominante en todo el mundo, un grave problema de salud en la población mexicana que puede generar múltiples complicaciones si no se tiene un correcto control glucémico y una adecuada adherencia al tratamiento.

Respecto a los resultados, es prioritario mencionar que los pacientes con redes de apoyo se asocian con la correcta adherencia y cumplimiento de su tratamiento, siendo esto un pilar importante que puede incentivar al paciente y a su familiar para lograr mejores resultados.

Además, como médicos familiares se puede intervenir en estos pacientes para fortalecer el vínculo de apoyo entre la familia, amigos o bien a través de los programas implementados por sectores públicos o privados de apoyo social, poniendo a su alcance una herramienta que favorezca el control de enfermedad.

Las redes de apoyo se asocian significativamente con una mayor adherencia al tratamiento y mejor control glucémico en pacientes con DT2.

Dentro de las limitaciones de esta investigación, se encuentra el tipo de diseño, colocándose en la clasificación de evidencia general dentro del grupo IV, por tratarse de un estudio transversal y con una sola medición.

Declaración para participantes humanos: Se aprobó el estudio por el Comité Local de Investigación en Salud No. 2201 perteneciente al Hospital General Regional No. 1 de Querétaro, México, con folio de registro R-2024-2201-085 de SIRELCIS y se dio a firmar consentimiento informado a los pacientes por ser una investigación con riesgo mínimo salvaguardando la integridad, confidencialidad y voluntariedad de los participantes del estudio.

Conflicto de intereses: Los autores no declararon ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de los datos: Todos los datos están incluidos en el contenido del artículo.

Declaración de financiación: Los autores no obtuvieron financiación para esta investigación.

References:

1. BarentsLashing, E., NineQuips, J., &Mata Solis E. (2022). *Quality of life and treatment adherence in patients with type 2 diabetes mellitus treated at the Mexico Maternal and Child Center, San Martin de Pores 2022*. [Tesis de Licenciatura, Universidad María Auxiliadora]. Repositorio institucional- Universidad María Auxiliadora. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1132>.
2. Buendía Marquez, B. I., Padilla Avila, E.S., &Flores Orta, T.N. (2021). *Epidemiological overview of patients with type 2 diabetes mellitus at the Querétaro General Hospital*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio institucional- Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/2950/1/RI005995.pdf>.
3. Bustamante Espinoza, S., Rosales Baez, L., &Muñoz Guarneros, C. (2022). *Relationship between social support and family functioning and quality of life dimensions in older adults with type 2 diabetes mellitus treated at the ISSSTEP specialty hospital from August 2021 to February 2022*. [Tesis de Licenciatura, Universidad BeneméritaAutónoma de Puebla.]. Repositorio institucional- Universidad BeneméritaAutónoma de Puebla <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/979082ee-476e-4b74-92ce-db634551d1e6>
4. Castillo Delgado M.G., Guevara Vallejo, C.A., & Diaz Moran, P. (2023). *Treatment adherence and quality of life in patients with type 2 diabetes mellitus at the Cerropón 2023 Health Center*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio institucional-

- Universidad Señor de Sipán
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/10839>
5. ChuquillaSizalima, E.E. , Maldonado Padilla, P.E.&Rivadeneira M.F. (2019). *Association between illness perception, perceived social support, and adherence to pharmacological treatment measured by glycosylated hemoglobin levels in adult patients with type 2 diabetes who attended the outpatient clinic at the Chimbacalle Health Center between the last quarter of 2018 and the first quarter of 2019*. [Tesis de maestría, Pontifica Universidad Católica del Ecuador]. Repositorioinstitucional- Pontifica Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17526/TESIS%20DR%20MALDONADO%20DR%20CHUQUILLA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 6. CusiBernaola, M.M., Galán Vega, Y.M., &Córdova Serrano, G. (2019). *Relationship between the level of knowledge and adherence to pharmacological treatment in type II diabetic patients at the “Central Military Hospital”*. [Tesis de Licenciatura, Universidad MaríaAuxiliadora]. Repositorioinstitucional- Universidad MaríaAuxiliadora. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/247>.
 7. De los SantosSaldaña, R.Y.,& Mendoza Galarza, M.J. (2019). *Relationship between social support, trait anxiety, and treatment adherence in patients with type 2 diabetes mellitus at a hospital in Metropolitan Lima*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Unión.].Repositorioinstitucional- Universidad Peruana Unión. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1661/Ruth_%20Tesis_%20Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
 8. Domínguez Gallardo, L.A., &OrtegaFilártiga, E. (2019). Factors associated with lack of adherence to treatment in patients with type 2 diabetes mellitus.*Revista Virtual SociedadParaguay MedicinaInterna*. 6(1):63-74. http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2312-38932019000100063&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
 9. EspinozoJacho, K.E., & Suarez Paez, M.P. (2023). *Perceived social support in patients with diabetes mellitus*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorioinstitucional- Universidad Técnica de Ambato<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38714>
 10. FariásBilches, B.A., &BardalesRuíz, D. (2021). Knowledge about type 2 diabetes mellitus and treatment adherence in patients at the Reátegui Hospital in Piura, Peru.*ActaMedica Peru*. 38(1):34-41.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v38n1/1728-5917-amp-38-01-34.pdf>.

11. Gomez Portillo, L., IllaQuispe, M., &Holgado Canales, M. (2024). *Family support and treatment adherence in patients with type 2 diabetes mellitus in the endocrinology department of a regional hospital, Cusco 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abasdel Cusco]. Repositorioinstitucional- Universidad Nacional de San Antonio Abas del Cusco<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9430?show=full>
12. Martinez Urrutia, R.O.C., Paredes Cano, H.B., &Vargas Gutierrez, D.E. (2019). *Therapeutic adherence and quality of life of diabetic patients in a public hospital, Chimbote, 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. Repositorioinstitucional- Universidad Nacional del Santa <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3363>
13. Medina Gomez, O.S.,&Rivero Hernandez, E. (2023). Association between the degree of social support and glycemic control in people with diabetes in a family medicine unit. *DIVULGARE Boletín Científico De La Escuela Superior De Actopan*, 10(20), 1–5. <https://doi.org/10.29057/esa.v10i20.10608>
14. Monsivais Mata, O.A., Rivera López, E.,&Herrera Van Oostdam, D. (2023). *Prevalence of high risk for type 2 diabetes mellitus in nursing staff at Dr. Ignacio MoronesPrieto Central Hospital*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorioinstitucional- Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <http://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/8293>
15. PeñafielCruz, G. K., Villa Mejía, J. A., &Barcia Menéndez, R. (2023). Prevalence and morbidity of type 2 diabetes mellitus in older adults in Latin America. *MQRInvestigar*, 7(1), 248-268. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.1.2023.248-268>
16. Reynoso-Vázquez, J., Hernández-Rivero, E., Martínez-Villamil, M., Zamudio-López, J. L., Islas-Vega, I., Pelcastre-Neri, A., &Garnica-Guerrero, B., Ruvalcaba-Ledezma, J. C. (2020). Home care: Family support for glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. *Hospital ADomicilio*, 4(4), 199-207. <https://doi.org/10.22585/hospdomic.v4i4.118>
17. Ríos González, C.M., &Espíndola Chamorro, C.C., (2020). Family support and glycemic control in diabetic patients at a Level III hospital in Paraguay. *RevistadelNacional (Itauguá)*. 12(1), 28-41. <http://scielo.iics.una.py/pdf/hn/v12n1/2072-8174-hn-12-01-28.pdf>.

18. Sanchez Macedo, S.S., Hernandez Batalla, C.S.K., Galarza Curisinche, I.U. (2023). *Social support and coping in patients with type II diabetes mellitus, from the La Libertad Health Center; 2021*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Los Andes.]. Repositorio institucional- Universidad Peruana Los Andes <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5231>
19. Trejo Perez, S. & Villaseñor Hidalgo, R. (2019). *Therapeutic adherence and social and family support network in type 2 diabetics*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.]. Repositorio institucional- Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/f54491f5-1162-4b20-91b0-1b3aae0cbbc9/content>
20. Toala León, Y.A., León Baque, M. J., & PinPin, Á. L. (2023). Prevalence of type 2 diabetes mellitus and its risk factors in Latin American adults. *MQR Investigar*, 7(1), 742-763. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.1.2023.742-763>
21. Vintimilla Enderica, P. F., Giller Mendoza Y. O., Motoche Apolo K. E., Ortega Flores J. J. (2021). Type 2 Diabetes Mellitus: Incidences, complications, and current treatments. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), 26-37. <http://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/355>

Spirulina Production in a Controlled Environment in Niger

Naroua Koure Mamane Kabirou

Halima Oumarou Diadie

Roukaya Abdou Souley

Rabiou Abdou Abdoul Rachid

Balla Abdourahamane

Laboratoire de Recherche en Hygiène et Sciences Alimentaires et Nutritionnelles (LARHSAN), Département Production Végétale (DPV), Faculté d'Agronomie (FA), Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), Niger

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p25](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p25)

Submitted: 15 May 2025

Accepted: 10 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kabirou, N. K. M., Diadie, H. O., Souley, R. A., Abdoul Rachid, R. A. A., & Abdourahamane, B. (2026). *Spirulina Production in a Controlled Environment in Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 25. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p25>

Abstract

Spirulina, an excellent dietary supplement, is an alga very rich in proteins, vitamins and minerals. The cultivation of spirulina requires optimum control of culture parameters (Temperature, pH, Salinity, Lighting) which are most often lower than the optimal production conditions. The objective of this study is to optimize the production of spirulina. To do this, a randomized experimental design was carried out in a greenhouse to control the effect of light and temperature. A total of nine (9) treatments repeated three (3) times were conducted in the greenhouse. The culture media of the different treatments used were composed of natron, salt, NPK fertilizer, urea, lime, iron and ash water. These media are mainly distinguished by the chemical composition linked to the quantitative variation of the inputs used. Thus, the culture parameters (pH, temperature, salinity and density of the culture medium) were recorded. The yield obtained during the experiments was also evaluated. The results from these tests show that there is a great variability in the culture parameters depending on the type of treatment used. Thus, the pH and salinity of the medium fluctuate respectively between 8.95 and 10.16 and 16g/l and 31g/l. The average temperature of the medium varies between

28.32°C ± 0.72 (n = 189) in the morning and 34.06°C ± 1.71 (n = 189) in the evening. For the daily growth values noted in the media, T1 (control) shows a greater growth from the first (1st) day to the third (3rd) day, with a peak $\mu = 0.66$. On the other hand, this growth becomes relatively low until the seventh (5th) day of the test. However, treatments T4, T5, T6 and T8 showed a more or less linear growth from the first (1st) to the seventh (7th) day of the test. The result indicated an optimal yield of 1.13g/l ± 0.13 with treatment T6, which was significantly higher than the yields of the other treatments. However, the lowest yield (0.46g/l ± 0.08) was observed with treatment T3.

Keywords: Spirulina, Production parameters, controlled environment, Niger

Introduction

Spirulina is a microscopic algae, originally cultivated in the lakes of Chad (among the Kanembous) and in the Texcoco Valley in Mexico (among the Aztecs) (Branger *et al.*, 2003). Spirulina is now considered a food source of high nutritional quality, particularly due to its high digestibility and its high protein content (70%), particularly phycocyanin (Ould bellahcen *et al.*, 2013). It has experienced renewed interest in the scientific community in recent decades (Ould bellahcen *et al.*, 2013). Africa remains one of the continents where spirulina production is lowest despite favorable cultivation conditions (Florent, 2017). In Niger, its cultivation is very little developed and poorly controlled. Its production remains artisanal and is currently carried out in four (4) regions of the country (Niamey, Dosso, Maradi and Agadez). However, it is currently accepted that the production of microalgae, particularly Arthrospira, depends essentially on environmental conditions, which can influence their growth and cause changes in their composition (Pandey, 2011 and Hu, 2004). Thus, to evaluate the productivity of this alga according to the seasons, monitoring was carried out over a period of 12 months (Naroua Koure *et al.*, 2022). After evaluating the yield (g/l) of production according to the different seasons in Niger, it is necessary to optimize production in order to increase the profitability of the crop. It is within the framework of improving spirulina production that this study was conducted in Niger.

Materials and Methods

Materials

Technical Materials

The technical equipment used for this study consisted of: Twenty-seven (27) basins with a capacity of 40L each for spirulina cultivation; a pH meter to measure the pH of the culture medium; a thermometer to measure the temperature of the medium; a Secchi to measure spirulina density; a 30-micron polyester filtration cloth to intercept insects and spirulina lumps

during harvesting; fine 0.2 mm mesh metal sieves used during spirulina filtration; a mechanical press to spin dry the spirulina; a SIKA brand manual gun with a capacity of 500 ml to extrude the spirulina in the form of spaghetti; a solar dryer for drying the spirulina.

Laboratory Equipment

The laboratory equipment used consisted of: an electronic balance to quantify inputs; an optical microscope to observe the shape of the spirulina and check for any abnormalities; a pipette to sample solutions from the culture medium for microscopic observation; pH 7 and pH 10 solutions to calibrate the pH meter; distilled water to clean the measuring devices after use; a salinometer to measure the salt content of the culture medium.

Methods

Trial Site

The experimental setup was carried out on the Wright family's private farm (Simplified Cooperative Society for the Production, Processing, and Marketing of Spirulina and Dried Products (COOPROSPI)), established in 2018. It is located in the Communal District V of Niamey, more precisely in the Nogaré district, between latitude $13^{\circ} 30' 20$ and longitude $2^{\circ} 5' 37$ (Figure 1).

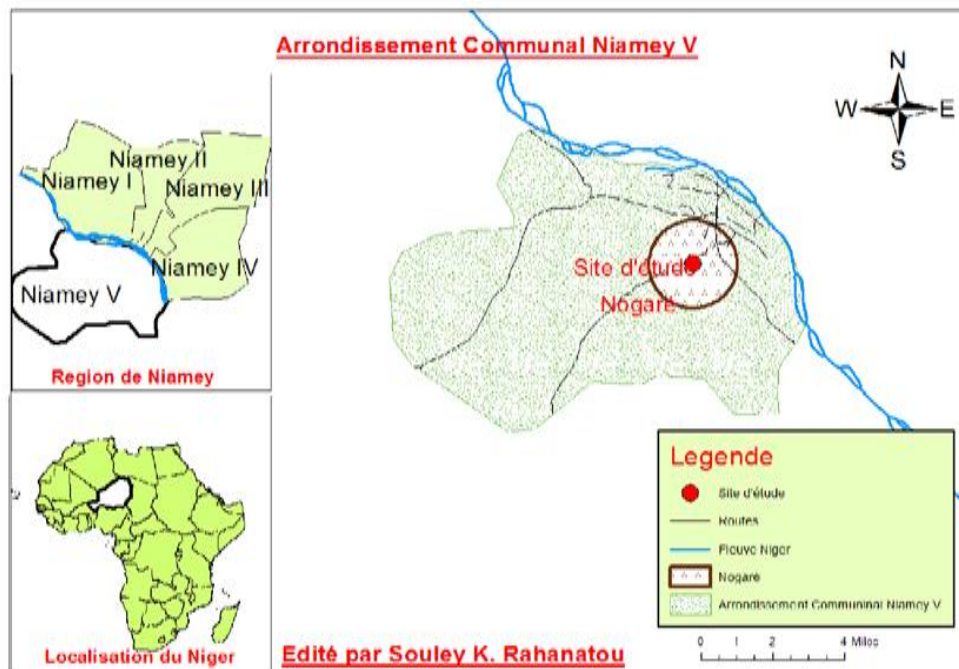


Figure 1: Location of the Wright family spirulina farm

Experimental design for optimizing spirulina production

The experimental design consisted of a total randomization of 9 treatments repeated 3 times (Figure 2). The experiment was conducted in a greenhouse (Figure 2) to control the effects of light and ambient temperature, which can influence spirulina growth. The treatments used differed from each other in the carbon source (natron and bicarbonate) and the type of salt (table salt and Fogha salt) used (Table IX). The choice of these inputs (natron, bicarbonate, and Fogha salt) was therefore based primarily on spirulina's need for carbon for good growth and also to improve its mineral intake.

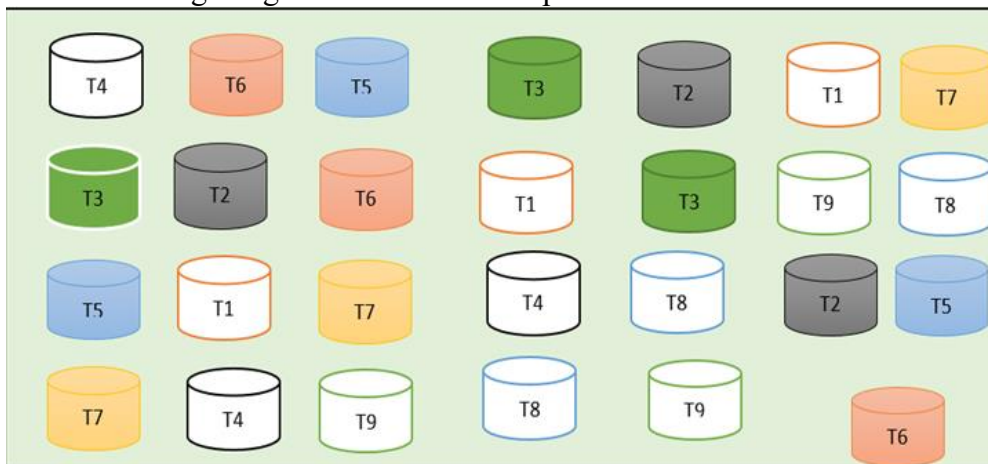


Figure 2 : Plan of experimental device

Chemical Composition of the Growing Media Used for Different Treatments

The growing media chosen for the optimization of production are composed of natron, salt, NPK fertilizer, urea, lime, iron, and ash water (Table 1). These media differ not only in their chemical composition, which is related to the variation in the inputs used, but also in their types. Table 1 summarized the chemical composition of the different treatments and the number of replicates per treatment.

Table 1: Chemical composition of the culture medium according to the treatments

Treatments	Number of attempts	Inputs (g/l)						
		Natron	White salt	NPK	Lime	Urea	Iron	Ash water
T1 (control)	3	10	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5
T2	3	15	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5
T3	3	20	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5
		Bicarbonate						
T4	3	8	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5
T5	3	13	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5

<i>T6</i>	3	18 Natron	7 Fogah Salt	1	0,01	0,075	0,1	0,5
<i>T7</i>	3	10	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5
<i>T8</i>	3	15	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5
<i>T9</i>	3	20	7	1	0,01	0,075	0,1	0,5

T1: Treatment 1 (control), T2: Treatment 2, T3: Treatment 3, T4: Treatment 4,
T5: Treatment 5, T6: Treatment 6, T7: Treatment 7, T8: Treatment 8, T9: Treatment 9

Preparing the brandy for seeding the culture

- The preparation of the brandy for spirulina cultivation was done in three phases:
- The first step was to prepare a natron solution with boiling water. This step allows the culture water to be freed from all the insects hidden in the natron, which are harmful to the growth of spirulina. However, natron can be substituted by bicarbonate. In this case, the bicarbonate solution is prepared from simple water;
- The second phase consisted of filtering the natron solution using a fine 30 µm mesh fabric, this also allows the decanting of natron sludge which is generally troublesome for the culture. In fact, this operation allows obtaining a clear solution more favorable to the growth of spirulina;
- The third phase consisted of adding salt, NPK and urea to the natron and/or bicarbonate solution.

Thus, water of life can be used for spirulina cultivation. However, iron, lime, and ash water were added dropwise after spirulina seeding.

Preparation of the Iron Solution

The iron solution used was obtained by dissolving 50 g of ferfol in 1 liter of distilled water. Lemon juice is also added to facilitate iron absorption by the spirulina (Jourdan, 2012).

Preparation of the Ash Solution

The ash water solution used was prepared by dissolving 1 kg of *Mangifera indica* L (mango tree) ash in 5 liters of water. After preparing the mixture, the solution is allowed to settle and then filtered using a fine-mesh cloth (Jourdan, 2012).

Seeding

The cuvettes were seeded in a proportion of one-third (1/3) spirulina strain and two-thirds (2/3) brandy. Thus, for one (1) liter of strain solution, two liters of brandy were added to the cuvette.

Monitoring Production Parameters

Spirulina production parameters, namely temperature, pH, salinity, and spirulina concentration/density, were measured three times per day: in the morning at eight (8) o'clock, at noon at twelve (12) o'clock, and in the afternoon at five (17) o'clock. Particular attention was continually paid to the color and odor of the spirulina. pH and Temperature Measurement

The pH of the culture medium was measured directly using a pH meter previously calibrated with a pH 7 reference solution and a pH 10 solution. This pH meter also allows the temperature of the medium to be determined (Figure 3).



Figure 3: pH meter measurement of the medium

Spirulina Concentration/Density Measurement

Spirulina concentration was determined using a Secchi disk, which allows for rapid estimation of cell density cultured in an aquatic environment. The method involves stirring the culture medium with a wooden spatula to homogenize the medium, allowing the cells access to nutrients and light, and then allowing it to stabilize for a few minutes.

Then, the Secchi disc (figure 4) is immersed in the medium. The depth, in centimeters, from which the disc can no longer be seen once immersed in the medium is noted. This operation makes it possible to assess the concentration of spirulina in the medium.



Figure 4 : Dry Disks

Spirulina Growth Rate

The growth rate μ was used to describe the evolution of spirulina growth over time. This rate is calculated from the equation described by Baourab et al., 2002:

$$\mu A = \frac{A_2 - A_1}{T_2 - T_1}$$

With A2 and A1 representing the density (Secchi) at times T1 and T2.

Salinity Measurement

The salinity of the culture medium was measured using a salinometer. The method involves taking one (1) to two (2) drops of the previously homogenized culture and placing them on the prism of the salinometer. The value (g/L) is directly observed through the eyepiece. However, the salinometer must be calibrated beforehand.

Morphological Monitoring of Spirulina

The shape and color of spirulina vary depending on the physical and chemical characteristics of the environment in which it grows. Therefore, to monitor its morphology, microscopic observation (Figure 5) was performed. This observation allows us to assess the shape and development of spirulina in its culture medium.



Figure 5 : Light microscope

Spirulina Harvest

Harvesting was carried out using two sieves with different mesh sizes (Figure 6): the first sieve (A) with a 300 μ mesh size allows for the interception of foreign matter such as insects, larvae, leaves, sludge, or spirulina lumps. The second sieve (B) with a finer mesh size (30 μ) is used to retain the spirulina.

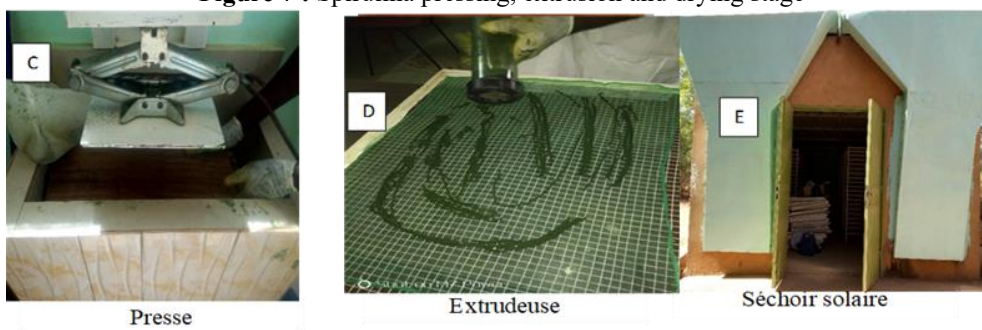


Figure 6 : Spirulina harvesting device

Pressing, Extruding, and Drying

Pressing was performed using a mechanical press (C), thus removing as much water as possible. The biomass resulting from the pressing was weighed, extruded (D) into spaghetti shapes, and distributed onto drying racks (Figure 7). The extruded spirulina was dried in a solar dryer (E). Drying time lasts a maximum of four (4 to 6) hours.

Figure 7 : Spirulina pressing, extrusion and drying stage



Source: Naroua, 2021

Data Processing and Analysis

The collected data were entered into Microsoft Excel 2019 and processed using R 3.6.0 software to determine the different average spirulina growth rates and perform correlation tests. Tables and graphs were also created using Microsoft Excel and Word 2019.

Results and Discussion

Results

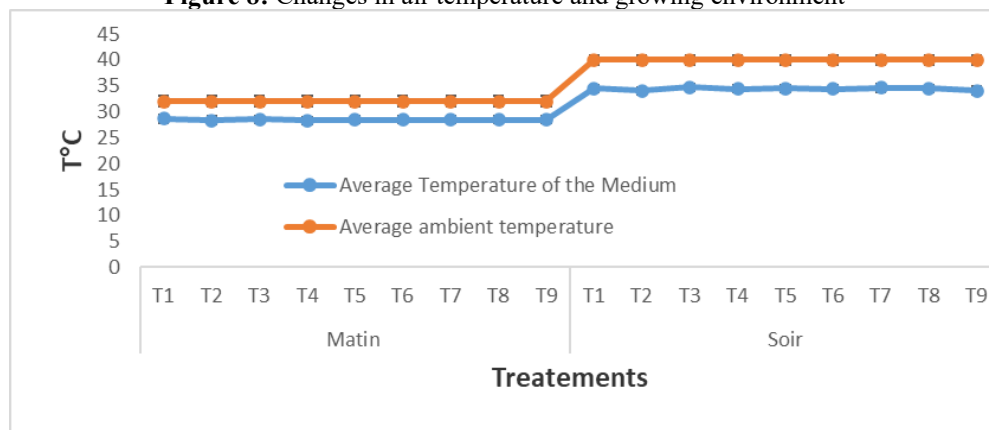
Physical and Chemical Parameters

Spirulina is an algae that thrives in an alkaline environment. Hence, the need to measure the parameters that can influence the growth spirulina. Therefore, for this study, temperature, pH, salinity, and density were measured throughout the experiment.

Temperature as a Function of Treatment

Analysis of Figure 10 indicated that the outside temperature determines the pond water temperature. Thus, the average daily environmental temperatures recorded according to the different treatments range from $28.32^{\circ}\text{C} \pm 0.72$ (n=189) in the morning to $34.06^{\circ}\text{C} \pm 1.71$ (n=189) in the evening. Ambient air averages recorded during the same test period ranged from $32.01^{\circ}\text{C} \pm 1.78$ (n=189) to $40^{\circ}\text{C} \pm 0.12$ (n=189).

Figure 8: Changes in air temperature and growing environment



T₁: Treatment 1(witness), T₂: Treatment 2, T₃: Treatment 3, T₄: Treatment 4, T₅: Treatment 5, T₆: Treatment 6, T₇: Treatment 7, T₈: Treatment 8, T₉: Treatment 9

pH as a function of treatment

The evolution of pH during spirulina growth in the different media tested (Figure 11) is manifested by its progressive increase from day 1 to day 5 for all treatments. However, from day 5, the pH remains stable until day 7 for all media tested.

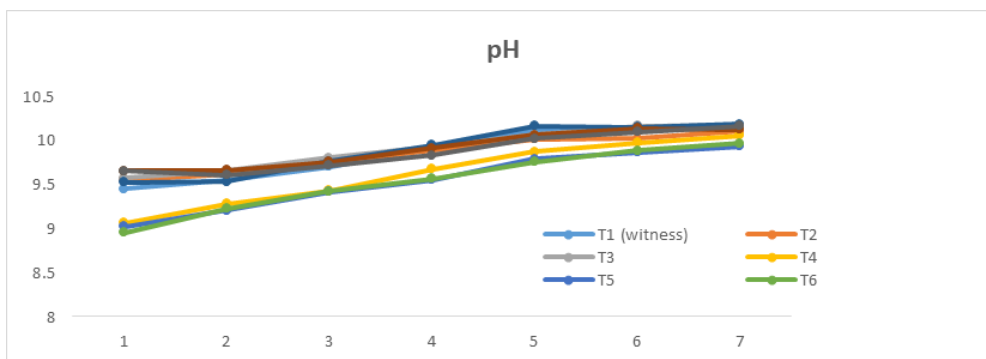


Figure 9: Evolution of pH depending on treatments

Salinity as a Function of Treatment

Figure 12 shows the variation in salinity as a function of treatment. Thus, the result showed differences in level of salinity according to treatments; it varies from 16g/L to 31g/L. This salt content remains stable from day 1 to day 2 of culture for all treatments.

Thus, a gradual increase in the salinity of the media (T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9) is observed from day 3 to day 4, with the exception of treatment T5 where this increase continues until day 5. A decrease in salinity level is observed from day 4 (day 5 for T5) until day 7 of monitoring.

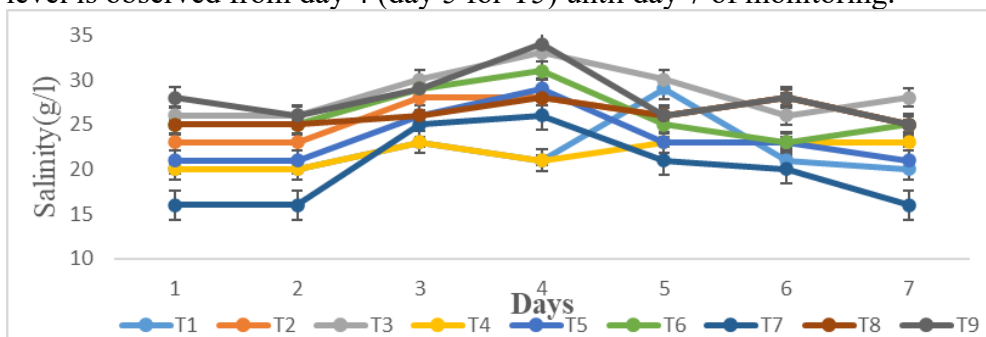


Figure 10: Variation of salinity as a function of treatments

Spirulina Growth as a Function of Treatment

Figure 13, relating to the different treatments, highlights greater growth between the 1st and 3rd days in the control medium (T1) compared to the other treatments, but from the fourth (4th) day, this growth becomes relatively low until the seventh (7th) day of the trial. However, treatments T2 and T3 exhibit the lowest growth rate throughout the trial period (from day 1 to day 7).

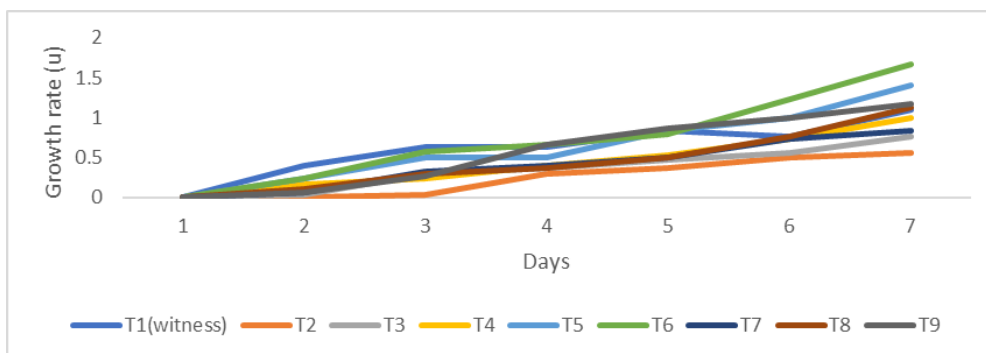


Figure 11: Evolution of spirulina growth rate depending on treatment

Nevertheless, treatments T4, T5, T6, and T8 generally exhibit the same growth trends, although variability is observed depending on the growth rate. Furthermore, treatment T6 exhibits the highest growth peak ($\mu=1.66$), recorded on days 5 and 7.

Furthermore, the variation of treatments has a significant influence on the average daily growth of spirulina ($P\text{-value}=0.00$). Thus, treatment T6 presents the best average growth (0.84) recorded during the experiment (Table II). Indeed, the average growth of treatments T4 (0.56), T8 (0.71) and T3 (0.49) does not present a significant difference, while they are statistically different from all other treatments. Furthermore, the result, observed with treatment T2 presents the lowest average growth (0.3).

Table 2: Influence of treatments, time (in days) and time of day

Treatments	Average Growth $\pm$ SE	N	Min	Max	P-value
T6	0.84 ± 0.09^a	42	0.00	2.20	0,000 ***
T5	0.72 ± 0.07^{ab}	42	0.00	1.60	
T1(witness)	0.71 ± 0.05^a	42	0.00	1.50	
T9	0.66 ± 0.07^{ab}	42	0.00	1.70	
T4	0.56 ± 0.06^{abc}	42	0.00	1.60	
T8	0.53 ± 0.06^{abc}	42	0.00	1.50	
T3	0.49 ± 0.05^{abc}	42	0.00	1.20	
T7	0.43 ± 0.05^{bc}	42	0.00	1.10	
T2	0.30 ± 0.04^c	42	0.00	1.00	

Values not having the same superscript letter in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

In addition, the analysis of the evolution of spirulina growth over a week was presented in Table 3

Table 3: Average growth of spirulina in the 7 days of the week

Days	Average Growth $\pm$ SE	N	Min	Max	P-value
j7	1.19 ± 0.05^a	54	0.50	2.20	0.00 ***
j6	0.91 ± 0.04^b	54	0.40	1.50	
j5	0.72 ± 0.03^c	54	0.20	1.20	
j4	0.54 ± 0.03^d	54	0.10	1.10	
j3	0.41 ± 0.03^e	54	0.00	1.00	
j2	0.25 ± 0.03^f	54	0.00	1.00	
j1	0.06 ± 0.02^g	54	0.00	0.50	

Values not having the same superscript letter in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

The analysis of Table 3 shows spirulina growth from the first day (0.06) to the seventh day (1.19) of the experiment.

In general, time has an effect on the average growth of spirulina (P -value = 0.00). The results obtained revealed that all average growth rates were statistically different from one day to the next.

Also, the analysis of spirulina growth by time of day (morning and evening) did not show any significant difference (Table 4) regardless of the treatment. However, in general, the observed spirulina growth is significantly higher in the evening, with an average growth rate of 0.66.

Table 4: Spirulina growth according to time of day (morning and evening)

Treatements	Croissance de la Spiruline selon le moment du jour		
	Morning	Evening	P-value
T1(witness)	0.62 ± 0.35^a	0.81 ± 0.33^a	0.08 ns
T2	0.25 ± 0.24^a	0.35 ± 0.28^a	0.22 ns
T3	0.43 ± 0.36^a	0.55 ± 0.35^a	0.33 ns
T4	0.47 ± 0.36^a	0.65 ± 0.42^a	0.22 ns
T5	0.63 ± 0.46^a	0.81 ± 0.45^a	0.20 ns
T6	0.73 ± 0.58^a	0.94 ± 0.58^a	0.24 ns
T7	0.40 ± 0.34^a	0.45 ± 0.31^a	0.67 ns
T8	0.45 ± 0.40^a	0.61 ± 0.47^a	0.27 ns
T9	0.57 ± 0.47^a	0.74 ± 0.49^a	0.25 ns
Mean	0.51 ± 0.42^a	0.66 ± 0.45^b	0.001 **

Values not having the same superscript letter in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

Normality (T1 : $P = 0,107$, T2 : $P = 0,000$, T3 : $P = 0,001$, T4 : $P = 0,017$, T5 : $P = 0,007$, T6 : $P = 0,049$, T7 : $P = 0,008$, T8 : $P = 0,001$, T9 : $P = 0,001$; T1-T9 : $P = 0,000$)

Table 5 : Influence of physicochemical parameters (pH, environmental and ambient temperature and salinity) on growth

<i>Parameters</i>	<i>Coefficients</i>	<i>T-statistic</i>	<i>P-value</i>
<i>Constant</i>	-13.11	-3.41	0.000 ***
<i>pH</i>	0.46	7.00	0.000 ***
<i>Midium temperature</i>	0.07	7.87	0.000 ***
<i>Ambient temperature</i>	-0.05	-7.08	0.000 ***
<i>Salinity</i>	8.41	2.24	0.02 *

pH, temperature of the medium, ambient temperature and salinity have an influence on the growth of spirulina (P-value = 0.000) (Table 5). This influence is less strong with salinity (P-value = 0.02) than with the other parameters (pH, temperature).

The analysis of Table 6 shows that treatment T6 has the best yield ($1.13\text{g/l} \pm 0.13$) and is statistically different from the other treatments. The treatments T8, T9 and T1, T7 are not statistically different. However, the lowest yield (0.44 ± 0.08) was observed with treatment T3.

Table 6 : Dry biomass as a function of treatments

<i>Treatments</i>	<i>Dry biomass (g/l) $\pm$ SE</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>P-value</i>
<i>T6</i>	1.13 ± 0.13^a	1.05	1.23	0.000 ***
<i>T5</i>	0.93 ± 0.01^b	0.90	0.97	
<i>T8</i>	0.84 ± 0.02^{bc}	0.73	0.93	
<i>T9</i>	0.80 ± 0.08^{bc}	0.72	0.88	
<i>T4</i>	0.76 ± 0.03^{bcd}	0.67	0.84	
<i>T1(witness)</i>	0.72 ± 0.09^{cd}	0.63	0.88	
<i>T7</i>	0.69 ± 0.01^{cd}	0.68	0.71	
<i>T2</i>	0.59 ± 0.1^{de}	0.58	0.61	0.000 ***
<i>T3</i>	0.44 ± 0.08^e	0.43	0.47	

Values not having the same superscript letter in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

Discussion

The results from the optimization of spirulina production show that the pH values of the medium measured according to the treatment fluctuate between 8.95 and 10.16. Furthermore, they are relatively low in all culture media tested with bicarbonate (8.95 to 10.12) compared to the other treatments (9.65 to 10.16). This difference can be explained not only by the specific chemical composition of each treatment but also by the slow solubility of bicarbonate compared to natron. Furthermore, an increase in pH was observed from the 1st to the 5th day, regardless of the treatment. This change may be due to a reduction in carbon dioxide associated with photosynthetic activity related to spirulina growth. These same findings were also reported by Bellahcen *et al.* (2013) and Kanon *et al.* (2016). According to Jourdan (2012),

a good growth test for a spirulina culture is an increase in its pH. According to Doumandji *et al.* (2012), an increase in pH represents a positive indicator of photosynthetic efficiency in *Arthrospira platensis*.

Salinity also plays an important role in reducing the risk of contamination. The salinity obtained for this culture varies between 16 g/l and 31 g/l depending on the treatment. This difference can be explained by the variable chemical composition of each treatment. According to Saggai (2008), salinity is a limiting abiotic factor in spirulina culture. It promotes growth, provided that it does not exceed the optimal development range, which is 30 grams of salt per liter, with a minimum salinity of 13 grams of salt per liter. According to Fox (1999), the average is between 22 and 60 g/l.

The average temperature of the medium recorded for the different treatments ranged from $28.32^{\circ}\text{C} \pm 0.72$ ($n = 189$) in the morning to $34.06^{\circ}\text{C} \pm 1.71$ ($n = 189$) in the evening, the latter being close to the optimal temperature (37°C) for spirulina production. According to Jourdan, 2012, the first reference temperature is roughly the same as in humans, 37°C : the ideal growth temperature. It is also higher than the highest average temperature (30.46°C) recorded during production trials Naroua Koure *et al.* (2022). This result confirms that the greenhouse has an effect on the variation of the average temperature of the environment. The lowest average recorded during these tests was 28.32 ± 0.7 ($n = 189$), well above the lower tolerance limit of 20°C (Jordan, 2012).

Regarding spirulina proliferation according to the different treatments, the control medium (T1) showed greater growth from the first (1st) day to the third (3rd) day, with a peak $\mu = 0.66$. However, it became relatively low until the seventh (5th) day of the test. This result could be explained not only by the faster depletion of mineral elements in this medium, but also by the fact that natron dissolves more quickly in water, which facilitates easier access to the mineral elements essential for spirulina growth. This study shows that treatments T4, T5, T6 and T8 showed more or less linear growth from the first (1st) to the seventh (7th) day of the test. These results allow us to say that in these environments, the carbon source necessary for the growth of spirulina is sufficient throughout the experimentation period.

According to Zarrouk (1966), cyanobacteria use the mineral elements present in these environments to ensure their growth. In addition, this study showed that the treatments have a significant effect on the average growth of spirulina (P value = 0.000). This is not statistically different depending on the time of day (morning and evening) and regardless of the treatment. But overall, the observed growth of spirulina is significantly higher in the evening, with an average of 0.66. The statistical analysis result shows that the optimal yield obtained is $1.13\text{g/l} \pm 0.13$ (treatment T6) and it is statistically superior to the other treatments. Also, this result is also superior to those obtained during

spirulina production trials according to the different seasons in Niger, whose average yield obtained is $0.46\text{g/l} \pm 0.08$ with a maximum $0.53\text{g/l} \pm 0.03$ during the hot dry season Naroua Koure et al. (2022).

Conclusion

The results of this study show that spirulina growth varies depending on the type of treatment applied to the brandy. Thus, spirulina growth is greater in the control medium during the first three (3) days of cultivation, but gradually decreases until the seventh (7th) day of the trial.

Furthermore, statical analyses showed that overall spirulina growth varies from the first to the seventh day of production. However, no significant difference was recorded between growth rates over time (in days). The results of this study reveal that treatment T6 has the best yield (g/l) compared to all other treatments.

However, it is necessary to continue production trials with the T6 treatment and possibly carry out all the additional chemical and biochemical analyses in order to establish a scientific basis for the nutritional quality of the product resulting from this treatment.

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. Bouarab L., Loudiki M. Dauta A. (2002). Croissance en autotrophie et en mixotrophie de la microalgue *Micractinium pusillum* Fres. Isolée d'un lagunage naturel : influence de la lumière et de la température, *revue des sciences de l'eau*, 15(1):73.
2. Branger B., Cadudal J. L., Delobel M., Ouoba H., Yameogo P., Ouedraogo D., Guerin D., Valea A., les personnels des CREN., Zombre C., Ancel P. (2003). La spiruline comme complément alimentaire dans la malnutrition du nourrisson au Burkina-Faso Spiruline 10 (2003) 424-431.
3. Bellahcen O., Bouchabchoub A., Massoui M., El Yachoui M. (2013). Culture et production de *Spirulina platensis* dans les eaux usées domestiques. *Larhyss Journal*, 14 : 107-122.
4. Doumandji A., Boutekrabi L., Saidi N., Doumandji S., Hamerouch D., Haouari S. (2012). Etude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal. *Nature & Technologie*, 6(1) :40-50.

5. Evoli Conseil. (2014). Culture et vente de Spiruline : Etude de faisabilité économique. Rapport final d'étude. 84p.
6. Fox D R., (1999). Spiruline : Technique pratique et promesse. Aix en Provence : Edisud ; 246p.
7. Seggai A, 2008.Comptabilité des eaux des nappes de la région de Ouargla pour la culture de la Spiruline *Arthrospiraplantensis* (souche de Tamanrasset). Thèse de Magistère. Université d'Ouargla.
8. Jourdan, J-P. (2012). « Cultivez votre spiruline », manuel de culture artisanale. 226 p.
9. Hu Q. (2004). Industrial production of microalgae cell mass and secondary products major industrial species: *Arthrospira (Spirulina) plantensis*. In Richmond, A. Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology, Blackwell, Oxford, 264-272.
10. Jourdan J P. (2012). Cultivez votre spiruline. Manuel de culture artisanale, Antenna Technology. Genève, Suisse, 226 p.
11. Kanon . A .O. R., Seu-Anoi. N. M., Ouattara A., Kouassi .B. A. T. (2016). Etude comparative de deux types d'eau pour la culture de la spiruline *Arthrospira plantensis*. *Larhyss Journal*, 28 : 149-166
12. NAROUA KOURE M. K., OUMAROU Diadie H ., LAWALI M.N., ABDOURAHAMANE B., WRIGHT3 A. N.(2022). Essai de production de la spiruline au Niger. *Agronomie Africaine* 34 (1) : 155 – 165.
13. Ould B. T., Bouchabchoub. A, Massoui. M., EL Yachoui M. (2013). Culture et production de spirulina plantensis dans les eaux usées domestiques. 4 (2013), 107-122
14. Pendey. J P., Tiwari. A., Singh. S., Tiwari. D. (2011). Potential of different light intensities on the productivity of spirulina maxima. *J of Algal Biomass Utilization*, 2, 9-14.
15. Zarrouk C. (1966). Contribution à l'étude d'une cyanophycée : influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler Thèse Doctorat Faculté des Sciences. Université de Paris 96p.

L'extrait de feuille de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.), un biofertilisant prometteur

Bathie Sarr

Laboratoire de Biotechnologies des Champignons (LBC),
Université Cheikh Anta Diop, Senegal

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p41](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p41)

Submitted: 06 September 2025

Accepted: 22 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Sarr, B. (2026). *L'extrait de feuille de Moringa (Moringa oleifera Lam.), un biofertilisant prometteur*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 41.

<https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p41>

Résumé

L'extrait foliaire de moringa (*Moringa oleifera*) est une bonne source de biofertilisants grâce à sa richesse en minéraux essentiels, en phytohormones et en substances protectrices. Cette étude a été réalisée pour synthétiser les résultats de l'application de l'extrait foliaire de moringa (EFM) sur les feuilles, les graines et les racines des plantes. Quarante-huit (48) articles développant les bienfaits du moringa sur l'agriculture ont été exploités. L'analyse de tous ces résultats a permis de constater que l'application foliaire de l'EFM est la plus répandue des méthodes de traitements. L'efficacité de l'EFM présente une concentration optimale de 20% pour l'application foliaire, 100% pour l'application racinaire et 3% pour le trempage de graines. L'EFM pourrait donc être utilisé comme un biofertilisant naturel. Une meilleure formulation permettrait d'optimiser davantage les bienfaits de cet EFM pour la plante.

Mots-clés: Moringa, biofertilisant, extrait foliaire, agriculture biologique, plante

Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Leaf Extract: A Promising Biofertilizer

Bathie Sarr

Laboratoire de Biotechnologies des Champignons (LBC),
Université Cheikh Anta Diop, Senegal

Abstract

Moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract is a good source of biofertilizers due to its richness in essential minerals, phytohormones, and protective substances. This study was carried out to synthesize the results of the application of Moringa leaf extract (MLE) on leaves, seeds, and roots of plants. 48 articles on the benefits of moringa on agriculture were exploited. The analysis of all these results revealed that the foliar application of MLE is the most widespread treatment method. The effectiveness of EFM has an optimal concentration of 20% for foliar application, 100% for root application, and 3% for seed soaking. The MLE could therefore be used as a natural biofertilizer. A better formulation would better optimize the benefits of this MLE for the plant.

Keywords: Moringa, biofertilizer, leaf extract, organic farming, plant

Introduction

Face à la cherté des engrais chimiques et à leurs impacts négatifs sur l'environnement, beaucoup de recherches ont été entreprises sur les biofertilisants à base de plante. Le moringa appartient à la famille des Moringaceae. Il existe 13 espèces de Moringa dont *Moringa oleifera* Lam. (1785) par ses fonctions diverses, est la plus cultivée dans les régions tropicales et subtropicales (Asante et al., 2014). Les différentes parties de la plante comme les graines, les racines, et les extraits de feuilles sont utilisées comme biofertilisants. Cependant, les extraits de feuilles sont les parties les plus utilisées (Guéye et Diouf, 2007) et constituent de potentiels biofertilisants qui améliorent la qualité des rendements (Yuniati et al., 2022).

L'extrait de feuille de Moringa (EFM) est riche en métabolites secondaires tels que les polyphénols, les polyterpènes, les stérols, les isothiocyanates, les glucosinates, les saponines, les tanins et les sucres réducteurs. Il contient également des antioxydants, des antimicrobiens, des phytohormones tels que auxine, gibberilline, cytokinine (Seck et al., 2024). La présence de ces régulateurs de croissance, ces nutriments essentiels et ces composés protecteurs des plantes fait de l'EFM une source intéressante de biofertilisants agricoles pour les plantes exogènes (Foidl et al., 2001; Fuglie, 2001). L'EFM améliore la germination des graines, la croissance des plantes

et le rendement à faible coût. Ils augmentent également la photosynthèse, la floraison, la fructification, la qualité des fruits, et diminuent la sénescence (Arif et al., 2022). Ainsi, Kamanga et al. (2025) ont rapporté que l'apport d'EFM permet aux plantes de mieux résister aux stress hydriques (Yasmeen et al., 2013ab; Abd El-Mageed et al., 2017, Maswada et al., 2018) aux stress salins (Howladar, 2014; Arif et al., 2022; Desoky et al., 2019) aux stress thermiques (Batoool et al., 2019; Zhao et al., 2021), aux stress des métaux lourds (Arona et Chauhan, 2021; Bibi, 2016). L'EFM intervient également dans la protection des plantes contre plusieurs pathogènes (Danei et al., 2016 ; Adandonon et al., 2006). L'EFM a la capacité d'améliorer la fertilité du sol lorsqu'ils sont utilisés comme engrais verts (Yasmeen, 2013 ; Zohla, 2021). Ce qui permet d'optimiser la croissance, le rendement et la protection des cultures.

Ainsi, la diversité des applications et utilisations rendent le moringa très utile surtout pour les pays en voie de développement comme le Sénégal. C'est dans ce sens qu'El Bilali et al. (2024) préconisaient la nécessité de renforcer la recherche sur le moringa pour libérer son potentiel en Afrique. Beaucoup de travaux ont décrit les avantages de l'EFM sur la croissance, le rendement et la protection végétale. Cependant, peu d'études se sont intéressées au mode d'application de l'EFM sur les organes tels que les feuilles, les graines et les racines. Ce travail a pour objectif de synthétiser les modes d'application de l'EFM selon l'organe de la plante.

Méthodologie

Les informations ont été recueillies sur les bases de données scientifiques, de Google Scholar, PubMed, Springer et Scopus selon la méthode de Kamanga et al., (2025) entre juillet et août 2025. Les mots clés comme moringa, biofertilisant, extrait foliaire, métabolite secondaire, ont été combinés. Au total, après sélection, 48 articles ont été retenus, portant sur l'utilisation de l'EFM comme biofertilisant agricole.

L'exploitation a été faite selon le guide de PRISMA 2020 (Matthew et al., 2021). Ce qui a permis d'identifier les différentes applications d'EFM. L'application foliaire, le prétraitement de semences et l'application racinaire de l'EFM ont été choisis comme critères de mesure. Ce qui a permis de sélectionner les concentrations optimales de chaque type d'application et de synthétiser les résultats obtenus.

Effet de l'application foliaire de l'EFM sur la croissance et rendement

La pulvérisation foliaire de l'EFM augmente la hauteur, le nombre de feuilles et de branches des plants de tomate. Elle améliore la qualité des cultures comme le basilic, le chou frisé, les épinards, le radis, l'aubergine, le poivre, le raisin, la fraise (Yaniati et al., 2022). Cet effet bénéfique a été

retrouvé chez le maïs (Phiri et Mbewe, 2010) et la pomme de terre (Mbuyisa et al., 2023).

Chez *Eruca vesicaria* subsp. *Sativa*, l'application foliaire d'un EFM de 2 à 3% a eu un effet positif sur les paramètres de la croissance (hauteur des plants, poids frais et sec des herbes) de la physiologique (taux photosynthétiques, conductance stomatique, chlorophylle a et b, caroténoïdes, sucres taux, protéines totales, phénols, acides ascorbique, minéraux N, P, K, Ca, Mg, Fe; hormones de croissances : auxines, gibbérellines, cytokinines) et du rendement (Abdella, 2013). Les résultats de Perveen et al. (2020) ont montré que 2% d'EFM favorise la croissance des pousses de *Lepidium sativum* de 41%. Le traitement d'un EFM de 4% a amélioré la taille et le poids des bulbes d'oignon avec un rendement de 44% (Alsally et Aljabary, 2020).

Une étude de Hoque et al. (2022) montre qu'une solution de 5% d'EFM appliquée sur les feuilles de tomate toutes les deux semaines améliore de 30% la croissance et le rendement. Une concentration d'EFM de 6% augmente le rendement et le poids des fruits (Thanana et al., 2017). L'application de l'EFM à 10% avec une semaine d'intervalle a fortement augmenté le rendement du piment (*Capsicum annuum* L.) de 20 à 35% par rapport au traitement témoin (Weerasingha, 2020). Une concentration optimisée de 12,5% d'EFM a permis d'améliorer les performances des plants de maïs en situation de stress hydrique (Pervez et al., 2017).

Sardar et al. (2021) ont montré que l'application foliaire de l'EFM 20% améliorait l'accumulation des minéraux N, P, K, Ca, Mg, Na, Zn et a permis d'atteindre une teneur maximale en phénols et flavonoïdes dans les feuilles de Stévia (*Stevia rebaudiana* Berton). Par contre chez des plants matures de blé, Ali et al., (2023) ont constaté que l'augmentation de la concentration des traitements de 20%, 30%, 40%, 50% et 60% d'EFM n'a pas entraîné de différence significative sur la hauteur, le nombre de talles, le nombre de graine par épi, le poids de 1000 grains et le rendement en graines. Les plantes adultes présentent une concentration optimale de 20% d'EFM au-dessus de laquelle l'effet de l'extrait n'est plus significatif. Un surdosage pourrait inhiber l'absorption des nutriments présents dans l'extrait foliaire de Moringa. C'est pourquoi (Kamanga, 2025) rapporte qu'une exposition à une faible dose d'EFM peut induire une réponse adaptative chez les plantes cibles, tandis que des doses élevées peuvent avoir des effets néfastes (Tableau 1).

Tableau 1: Effet de l'application foliaire de l'extrait foliaire de *Moringa oleifera* L, (EFM) sur la croissance et le rendement

Espèces	Concentrations de l'EFM	Effet positif de l'EFM	Auteurs
<i>Lepidium sativum</i>	2%	croissance de 41% des pousses	Perveen et al., (2020)
<i>Eruca vesicaria</i> subsp. Sativa	2-3%	amélioration de la croissance de la hauteur des plants, poids frais et secs des herbes augmentation du taux photosynthétique, de la conductance stomatique, des chlorophylles a et b, caroténoïdes, sucres, protéines totales, phénols, acides ascorbique, minéraux N, P, K, Ca, Mg, Fe, hormones de croissances.	Abdella, (2013)
<i>Allium cepa</i>	4%	accroissement de 44% la taille et le poids des bulbes d'oignon	Alsally et Aljabary, (2020)
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	5%	amélioration de 30% de la croissance et du rendement	Hoque et al., (2022)
	6%	augmentation du rendement et le poids des fruits	Thanaa et al., (2017)
<i>Capsicum annum</i> L.)	10%	le rendement du piment atteint 20% à 35%	Weerasingha, (2020)
<i>Zea mays</i>	12,5%	amélioration de la performance des plants de maïs en situation de stress hydrique	Pervez et al., (2017)
<i>Stevia rebaudiana</i>	20%	augmentation de la teneur maximale en phénols et flavonoïdes dans les feuilles	Sardar et al. (2021)
<i>Triticum sativum</i>	20%, 30%, 40%, 50% et 60%	pas de différence significative sur la hauteur, le nombre de talles, le nombre de graine par épi, le poids de 1000 grains et le rendement en graines	Ali et al., (2023)

Effet de l'application foliaire de l'EFM sur la protection des cultures

Okwor et al. (2021) ont montré l'efficacité des EFM à différentes concentrations (100 mg/ml, 200 mg/ml, 300 mg/ml et 400 mg/ml) sur les coléoptères ravageurs des stocks de niébé et de riz au laboratoire. Cette efficacité d'EFM a été également montrée par les résultats de Paiva et al. (2010) sur les termites. Au champ, Coelho et al. (2009) ont montré l'effet insecticide de l'EFM sur les pucerons dans des champs de céréales au

Pakistan. De même, les travaux de Ohoueu et al. (2022) ont confirmé qu'une concentration de 100 mg/ml, l'EFM neutralise les scolytes des fruits de caféier. L'effet insecticide du *Moringa oleifera* pourrait s'expliquer par la présence de constituants bioactifs tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, glycosides, stéroïdes, triterpénoïdes, anthraquinones, saponines et lectine (Patil et Rasika, 2013). Par conséquent, l'EFM peut être utilisé pour lutter efficacement contre les populations de scolyte des fruits du caféier au champ.

Effet de l'EFM sur l'amorçage des graines

Le potentiel hydrique faible et la température élevée sont des obstacles à la germination (Mahboob et al., 2015). Le prétraitement de semences dans une solution d'EFM est une méthode qui permet de réduire la durée de la levée des graines pendant la germination. Ceci se réalise par l'action des régulateurs de croissance comme la cytokinine présents dans l'EFM (Harris et al., 2002).

Mahboob et al. (2015) ont montré que le prétraitement des semences dans une solution d'EFM de 3% augmente la teneur en chlorophylle a et b, réduit la durée de la germination des graines et améliore le rendement du maïs. Le trempage des graines de maïs et de tournesol dans l'EFM dilué 30 fois améliore des radicules, la survie et la vigueur des plants (Ikhar 2009 ; Yasmeen et al., 2013). En trempage pendant 30 min les graines de *Solanum melongena* dans une solution de 100% d'EFM, Kuri et al., (2011) ont constaté pendant la germination une amélioration de 92%. Or, dans les mêmes conditions, les extraits de feuilles de *Calatropis procera*, *Clerodendron spp*, *Trema orientales*, *Croton sparsiflorous*, *Lantana camara*, *Vitavax 200* et l'extrait des graines de *Putranjiva roxburghii*. ont entraîné des taux de germination plus bas respectivement de 86,67%, 82,67%, 80,33%, 80,67%, 70,67%, 82,66% et 81,33% des graines de *Solanum melongena*.

Les travaux de Stasaid et Djazouli (2023) ont montré qu'une application plus concentrée d'EFM est nécessaire pour obtenir des résultats rapides et significatifs. Cependant, une faible concentration contient une quantité réduite d'éléments nutritifs ou de composés actifs et donc ne suffira pas à stimuler la germination des grains.

Cette optimisation de la germination s'explique par la présence dans l'extrait de moringa de cytokinine (la zéatine), de Ca, de K et d'acide ascorbique (Ikhar, 2009). La zéatine participe à la division cellulaire et l'allongement cellulaire (Taiz et Zeiger, 2006). Ainsi, le trempage des graines dans l'EFM dilué améliore efficacement la germination.

Par ailleurs, sur la protection des culture, Adandonon et al. (2006) avaient constaté que le traitement des semences avec l'EFM protège les tiges contre la pourriture causée par *Sclerotium rolfsii*. Le trempage des semences de moringa combiné à l'arrosage de *Trichoderma* a permis de lutter contre les

maladies de plus de 94% et de 70% dans la serre et le champ, respectivement, avec une augmentation significative du rendement dans le champ.

Effet de l'application racinaire de l'EFM

Une concentration de 50% d'EFM appliqué sur les racines a entraîné la levée d'épis de tournesol et 10 jours après, a amélioré de manière significative les paramètres de croissance des jeunes plants (Iqbal, 2020).

Ali et al. (2015) ont travaillé sur la croissance de *Cyperus rotundus* fertilisé avec l'EFM à des concentrations de 25%, 50%, 75% et 100%. Les résultats ont montré que seule la concentration de 100% a considérablement amélioré la longueur des racines et des pousses et les poids frais et secs des pousses. Ce même dosage n'a pas eu d'effet significatif sur les poids secs et frais des racines de même que le nombre et le poids des nœuds. Phiri et M

bewe (2010) ont montré que l'application de 10% d'EFM sur les graines des légumineuses réduit significativement la longueur des radicules du niébé (*Vigna unguiculata* L.).

L'effet favorable des fortes concentrations d'EFM sur la croissance des pousses peut s'expliquer par la présence d'une cytokinine, la zéatine. Cette hormone de croissance induit la néoformation des bourgeons et fait diminuer l'inhibition exercée par la dominance apicale (Martín et al., 2010). Par contre, les résultats défavorables observés sur les paramètres agronomiques des racines démontrent que la cytokinine limite le développement des racines (Zwack et al., 2013).

Conclusion

L'application foliaire de l'EFM est la plus répandue des méthodes de traitements. Cet intérêt est lié à sa richesse en nutriments essentiels, en régulateurs de croissance et en composés protecteurs. Le trempage des graines dans une solution à 3% d'EFM améliore la germination. Pour le traitement racinaire, l'effet de l'EFM varie en fonction de la concentration et l'âge de la plante. La variabilité des réponses des plantes en fonction de la concentration pourrait s'expliquer par la présence de matière active dans l'EFM brute. D'où des études sur la formulation de l'EFM sont à encourager pour une meilleure application de ce biofertilisant.

Conflit d'intérêts : L' auteur declare n'avoir aucun conflit d'intérêt.

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

Déclaration de financement : Aucun financement n'a été reçu pour cette recherche.

Déclaration éthique : Cette recherche a suivi les orientations du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique du Sénégal ainsi que les procédures du code d'éthique en matière de recherche scientifique.

References:

1. Abd El-Mageed, T.A., Semida, W.M., & Rady, M.M. (2017). Moringa leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. *Agric Water Manag* 193:46–54. [https:// DOI. org/ 10. 1016/j. agwat. 2017. 08. 004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.004).
2. Abdalla, M.M. (2013). The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria subsp. sativa*) plants. *Int. J. Plant Physiol Biochem*; 5:42-49. [https://DOI.org/ 10.5897/ IJPPB2012.026](https://doi.org/10.5897/IJPPB2012.026).
3. Adandonon, A., Aveling, T.A.S., Labuschagne, N., & Tamo M. (2006). Biocontrol agents in combination with *Moringa oleifera* extract for integrated control of Sclerotium-caused cowpea damping-off and stem rot. *Eur J Plant Pathol* 115:409–418. [https:// DOI. org/ 10. 1007/s10658- 006- 9031-6](https://doi.org/10.1007/s10658-006-9031-6).
4. Ali, A., Nasir, A., Maqbool, M.M., haq, T., Ahmad, M., & Mahmood, R. (2015). Influence of soil applied moringa leaf extract on vegetative growth of cyperus rotundus, *Asian J Agri Biol*, 3(2): 79-82. DOI: [https://DOI.org/10.35495](https://doi.org/10.35495).
5. Ali, A.M., Subhan, M., Junaid, M., Hussain, M. & Hussain, D. (2023). Evaluation of different doses of moringa leaf extract through foliar application on wheat crop: J. S. Agri. Enviro. Sci, 1(1), 9-18.
6. Aljabary, A.M.O.& AL-jabbari, K.H. (2020). Using some natural substances and wounding to enhance fig cutting rooting and vegetative characteristics. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 2664-0597.Vol. 25, No.1: pp. 101-111, DOI: [https://DOI.org/10.25130/tjas.25.1.8](https://doi.org/10.25130/tjas.25.1.8)
7. Arif, M.A., Raheem, M.I., Khalid, W., Lima, C.M.G., Jha, R.P., Khalid M.Z., Santana, R.F., Sharma, R., Alhasaniah, A.H., & Emran T.B. (2022). Effect of antioxidant-Rich Moringa Leaves on Quality and Functional Properties of Strawberry Juice. *Hindawi, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 8563982, 11, [https://DOI.org/10.1155/2022/8563982](https://doi.org/10.1155/2022/8563982).
8. Arora, N.K., & Chauhan, R. (2021). Heavy metal toxicity and sustainable interventions for their decontamination. *Environ Sustain* 4:1–3. [https:// DOI. org/ 10. 1007/ s42398- 021- 00164-y](https://doi.org/10.1007/s42398-021-00164-y).
9. Asante, W.J., Nasare, I.L., Tom-Dery, D., Ochire-Boadu, K., & Kentil, K.B. (2014). Nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves from

- two agro ecological zones in Ghana. *Afr J Plant Sci* 8:65–71. <https://DOI.org/10.5897/ajps2012.0727>.
10. Batool, A., Wahid, A., Abbas, G., Shah, S.H., Akhtar, M.N., Perveen, N., & Hassnain, Z. (2019). Application of *Moringa oleifera* plant extracts for enhancing the concentration of photosynthetic pigments leading to stable photosynthesis under heat stress in maize (*Zea mays* L.). *Pak J Bot.* <https://DOI.org/10.30848/pjb2019-6>.
 11. Bibi, A., Ullah, F., Mehmood, S., Bibi, K., Khan, S.U., Khattak, A., & Ullah, K.R. (2016). *Moringa oleifera* Lam. leaf extract as bioregulator for improving growth of maize under mercuric chloride stress. *Acta Agr Scand B* 66:469–475. <https://DOI.org/10.1080/09064710.2016.1173225>.
 12. Coelho, L.C., Leite, S.P., Navarro, D.M.A.F., Paiva, P.M.G. (2009). Effect of *Moringa oleifera* lectin on development and mortality of *Aedes aegypti* larvae v. 77, n. 7, p. 934-938, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.08.022
 13. Dalei, J., Rao, V.M., Sahoo, D., Rukmini, M., & Ray, R. (2016). Review on nutritional and pharmacological potencies of *Moringa oleifera*. *Eur J Pharm Med Res* 3(1):150–155.
 14. Desoky, E-S.M., Merwad, A-R., & Ibrahim, S. (2019b). Humus materials and moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaf extract modulate the harmful effect of soil salinity stress in Sudan grass (*Sorghum vulgare* L.). *Egypt J Agron.* <https://DOI.org/10.21608/agro.2019.6844.1141>.
 15. El Bilali, H., Dan Guimbo, I., Nanema, R.K., Falalou, H., Kiebre, Z., Rokka, V.M., Tietiambou, S.R.F., Nanema, J., Dambo, L., Grazioli, F. (2024). Research on Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) in Africa. *Plants*, 13, 1613. <https://DOI.org/10.3390/plants13121613>
 16. Fuglie, L.J. (2000). The Miracle Tree: *Moringa oleifera* : Natural nutrition for the Tropics. The Multiple Attributes of Moringa. *Int. J. Adv. Res. Ideas Innov. Tehnol*; 3:172, <https://www.ijariit.com/manuscripts/v3i6/V3I6-1400.pdf>.
 17. Gueye, M., & Diouf, M. (2007). Traditional leafy vegetables in Senegal: Diversity and medicinal uses. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 4, 469–475. DOI: 10.4314/ajtcam.v4i4.31239
 18. Harris, D., Raghuwanshi, B.S., Gangwar, J.S., Singh, S.C., Joshi, K.D., Rashid, A., & Hollington, P.A. (2001). Participatory evaluation by farmers of ‘on-farm’ seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. *Exp. Agric.* 37:403-415. doi:10.1017/S0014479701003106
 19. Hoque, T.S., Abedin, M.A., Kibria, M.G., Jahan, I., & Hossain, M.A. (2022). Application of moringa leaf extract improves growth and yield of Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Indian Spinach (*Basella alba*).

- Plant Science Today* ;9 1:137–143. <https://DOI.org/10.14719/pst.1353>.
20. Howladar, S.M. (2014). A novel *Moringa oleifera* leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Ecotox Environ Safe* 100:69–75. [https:// DOI. org/ 10. 1016/j. ecoenv. 2013. 11. 022](https://DOI.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.022).
 21. Ikhar, I.M.N. (2009). The efficacy of moringa (*Moringa oleifera* L.) leaf extract as a seed priming agent in hybrid maize. MSc Thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
a. <https://www.researchgate.net/publication/265813334>
 22. Iqbal, J., Irshad, J., Bashir, S., Khan, S., Yousaf, M. & Shah, A.N. (2020). Comparative study of water extracts of Moringa leaves and roots to improve the growth and yield of sunflower. *S. Afr. J. Bot.*, 129, 221–224. <https://DOI.org/10.1016/j.sajb.2019.06.032>
 23. Kamanga, B.M., Cartmill, D.L., McGill, C., Clavijo, MC., Allelopathic, A. (2025). Effects of *Moringa oleifera* Lam. on cultivated and non-cultivated plants: Implications for crop productivity and sustainable agriculture. *Agronomy* 15, 1766. [https : //DOI.org/10.3390/ agronomy 15081766](https://DOI.org/10.3390/agronomy15081766).
 24. Kuri, S.K., Islam, M.R., & Mondal, U. 2011. Antifungal potentiality of some botanical extracts against important seed borne fungal pathogen associated with brinjal seeds, *Solanum melongena* L. *J Agric Tech* 7:1139–1153. <https://www.thaiscience.info/journals/Article/IJAT/10842307.pdf>
 25. Mahboob, H., Rehman, S.M., Ahmad. B., Irfan, A., Abbas, M.A., Naeem, M., & Mubeen, S. 2015. Seed priming improves the performance of late sown spring Maize (*Zea mays*) Through better crop stand and physiological attributes Wajid *Int. J. of Agri. & Bio.* ISSN Print: 1560–8530; ISSN Online: 1814–9596 14–283/2015/17–3–491–498 DOI: 10.17957/IJAB/17.3.14.283
 26. Martín, C., Moure, A., Martín, G., Carrillo, E., Domínguez, H., Parajó, J.C. (2010). « Fractional characterisation of jatropha, neem, moringa, trisperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba », *Biomass and Bioenergy*, vol. 34, n°4, p. 533-538. <https://DOI.org/10.1016/j.biombioe.2009.12.019>
 27. Maswada, H.F., Abd, El-RU., El-Sheshtawy, A.A., & Elzaawely A.A. (2018). Morpho-physiological and yield responses to exogenous moringa leaf extract and salicylic acid in maize (*Zea mays* L.) under water stress. *Arch Agron Soil Sci* 64:994–1010. [https:// DOI. org/ 10. 1080/ 03650 340. 2017. 14060 79](https://DOI.org/10.1080/03650340.2017.1406079).
 28. Matthew, J.P., Joanne, E.M., Patrick, M.B., Isabelle, B., Tammy C.H., Cynthia, D.M., Larissa S., Jennifer, M.T., Elie A.A., Sue, E.B., Roger,

- C., Julie, G., Jeremy, M.G., Asbjørn, H., Manoj, M.L., Tianjing, L., Elizabeth, W.L., Evan, M.W., Steve, M.D., Luke A.M., David, M. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372: n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.
29. Ohoueu, E., Bouet, A., Amoa, A., Beugré, D., Sery, D., Legnate, H., & Wandan, E. (2022). Effect of aqueous extracts of *Azadirachta indica* A. Juss, *Jatropha curcas* L. and *Moringa oleifera* Lam. on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* F.; Coleoptera: Scolytidae) in laboratory. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 16 (5) : 2289-2301. <https://DOI.org/10.35759/JABs.198.1>
 30. Okwor, J., Onah, I., Sylvester, H., Okafor, F., Eyo, J., Ikechukwu, O. Oboho, D., (2021). Comparative study of the biopesticidal potentials of different parts of *Moringa oleifera* (Lam.) on stored grain insect pests, *Callosobruchus maculatus* (Fab.) and *Sitophilus oryzae* (L.) *Bioscience Research*, 18(3):1933-1942 DOI:10.31830/2348-7542.2021.115
 31. Paiva, P.M.G., Santana, G.M.S., Souza, I.F.A.C., Albuquerque, L.P., Agra-Neto, Albuquerque, A.C., Luz, A.C., Napoleão, L.A., & Coelho, L.C.B. (2010). Effect of lectins from *Opuntia ficus indica* cladodes and *Moringa oleifera* seeds on survival of *Nasutitermes corniger*. *International Biodetermination and Biodegradation*, 30, 1 - 8. <https://DOI.org/10.1016/j.sajb.2019.06.014>
 32. Patil, SD., & Rasika, J. (2013). Antimicrobial activity of *Moringa oleifera* and its synergism with *Cleome viscosa*. *International Journal Sciences*, 1 (3), 182 - 189. <https://oaji.net/articles/2014/736-1400750715.pdf>
 33. Perveen, S., Mushtaq, M., & Yousaf, M.S.N. (2020). Allelopathic hormones and potent allelochemicals from multipurpose tree *Moringa oleifera* leaf extract. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. <https://DOI.org/10.1080/11263504.2020.1727984>
 34. Pervez, K., Ullah, F., Mehmood, S., & Khattak, A. (2017). Effect of *Moringa oleifera* Lam. leaf aqueous extract on growth attributes and cell wall bound phenolics accumulation in maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Kuwait J. Sci.* 44, 110–118. <https://www.researchgate.net/publication/321921343>
 35. Phiri, C., & Mbewe, D.N. (2010). Influence of *Moringa oleifera* Leaf Extracts on Germination and Seedling Survival of Three Common Legumes. *Revue Inter Agri et de Biol.* 12(2). <https://www.researchgate.net/publication/264838385>

36. Sardar, H., Nisar, A., Anjum, M.A., Naz, S., Ejaz, S., Ali, S., & Javed, M.S. (2021). Foliar spray of moringa leaf extract improves growth and concentration of pigment, minerals and stevioside in stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). *Ind. Crops Prod.* 166, 113485. <https://DOI.org/10.1016/j.indcrop.2021.113485>
37. Seck, I., Soumboundou, M., Ndoeye, S.F., Sall, C., Diop, A., Rodriguez, C.L., Biteye, D., Ndao, M., & Seck M. (2024). Phytochemical screening, antimicrobial, antioxidant, anticancer activities on cervical cancer cell lines and aero-digestive extract of *Moringa oleifera*, *Natural Product Research*, DOI: 10.1080/14786419.2024.2400221.
38. Stasaid, F.Z. & Djazouli, Z-E. (2023). Formulation d'un biostimulant à base de l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera* : cas de la stimulation de la germination des graines d'*Atriplex halimus*. *Revue Agrobiologia*. 13(1): 3523-3535. <https://asjp.cerist.dz/en/article/228561>
39. Taiz, L. & Zeiger, E. (2006) Plant physiology. 4th Edition, Sinauer Associates, Inc., Sunderland. 650p
40. Thanaa, S.M., Kassim, N.E., Rayya, A., & Abdalla, A.M. (2017). Influence of foliar application with Moringa (*Moringa oleifera* L.) leaf extract on yield and fruit quality of Plum cultivar. *Journal of Horticulture* 4:193. DOI: 10.4172/2376-0354.1000193
41. Weerasingha, K. (2020). Impact of foliar application of Moringa leaf extract on yield and quality attributes of Chilli (*Capsicum Annuum* L.). *Uni Int Jour of Inter Res*, July Vol. 1 Issue 2, www.uijir.com, ISSN2582-6417.
42. Yamshi, A., Bajguz, A. & Hayat, S. (2022). *Moringa oleifera* extract as a natural plant biostimulant, *Jour of Plant Growth Reg.* <https://DOI.org/10.1007/s00344-022-10630-4>.
43. Yasmeen, A., Basra, S.M.A., Farooq, M., Rehman, H., Hussain, N., & Athar, H.R. (2013b). Exogenous application of moringa leaf extract modulates the antioxidant enzyme system to improve wheat performance under saline conditions. *Plant Growth Regul*, 69: 225–233. <https://DOI.org/10.1007/s10725-012-9764-5>
44. Yasmeen A., Basra S.M.A., Wahid, A., Nouman, W., & Rehman, H. (2013). Exploring the potential of *Moringa oleifera* leaf extract (MLE) as a seed priming agent in improving wheat performance. *Turk. J. Bot.* 37, 512–520. DOI.10.3906/bot-1205-19
45. Yasmeen, A., Basra, S.M.A., Wahid, A.M., Farooq, N.W., Rehman, H., & Hussain, N. (2013a). Improving drought resistance in wheat (*Triticum aestivum*) by exogenous application of growth enhancers.

- Int. J. Agric. Biol.* 15-6S: 1307–1312.
http://www.fspublishers.org/published_papers/49648_.pdf
46. Yuniati, N., Kusumiyati, K., Mubarak, S., Nurhadi, B. (2022) The role of Moringa leaf extract as a plant biostimulant in improving the quality of Agricultural Products. *Plants* 11, 2186. <https://DOI.org/10.3390/plants11172186>.
47. Zhao, J., Lu, Z., Wang, L., & Jin, B. (2021). Plant responses to heat stress: physiology, transcription, noncoding RNAs, and epigenetics. *Int J Mol Sci* 22:117. <https://doi.org/10.3390/ijms22010117>.
48. Zwack, P., & Rashotte, A.M. (2013). Cytokinin inhibition of leaf senescence. *Plant Signal. Behav.* 8:e24737. DOI: 10.4161/psb.24737.

Migration of an IUD into the Myometrium Associated with a Painful Ovarian Cyst: A Case Report

Dagbesse Elysee Boko Dagoun

Yaya Samake

Michele Benie Menin-Messou

Clausen Georgie M'Bro

Narcisse Kouadio Kouadio

Lydie Estelle Djanhan

Department of Gynecology and Obstetrics, University Hospital of Bouaké
Mother and Child Department, Alassane Ouattara University, Cote d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p54](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p54)

Submitted: 21 November 2025

Accepted: 28 December 2025

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dagoun, D. E. B., Samake, Y., Menin-Messou, M. B., M'Bro, C. G., Kouadio, N. K., & Djanhan, L. E. (2026). *Migration of an IUD into the myometrium associated with a painful ovarian cyst: A case report*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 54.

<https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p54>

Abstract

The intrauterine device (IUD) is one of the most effective and widely used contraceptive methods worldwide. Secondary migrations are varied but rare when involving the myometrium, according to the literature. We report the clinical case of a 22-year-old patient, gravida 2, para 2, with a history of cesarean section eleven (11) months earlier, (during which an IUD had been inserted). she had consulted for isolated pelvic pain. Pelvic ultrasound incidentally revealed an IUD migrating into the myometrium, associated with a large ovarian cyst. The diagnosis was confirmed during exploratory laparotomy, which allowed for cystectomy followed by IUD removal. Histological examination of the ovarian cyst revealed a benign serous cystadenoma. Postoperative recovery was uneventful.

Keywords: Migration- intrauterine device (IUD) – Myometrium – Ovarian cyst- Painful

Introduction

The intrauterine device (IUD) is a long-term contraceptive method that is simple, effective, generally well tolerated and inexpensive (Onalan and al, 2009). Its contraceptive mode of action is located in the uterine cavity. It makes it possible to ensure long-term contraception without raising the problem of compliance. IUD migration is a rare but serious complication, with recent studies reporting rates ranging from 1.3 to 18 per 1,000 insertions (Arslan et al., 2009). Other complications may be associated with and reveal such migration most often asymptomatic. These may include a large painful ovarian cyst, a rare occurrence but one that has been observed in the gynecological emergency unit of the University Hospital Center of Bouaké, providing the rationale for the study of our clinical case.

Case Report

This was a 22-year-old patient with no significant medical history. She was gravida 2, para 2, and had delivered by cesarean section (indicated for acute fetal distress) on January 6, 2024. An intrauterine device (IUD) had been inserted during the procedure. She presented 11 months after her cesarean section to the gynecological emergency unit of the University Hospital Center of Bouaké (on December 5, 2024). The reason for consultation was severe isolated pelvic pain evolving for one week. Physical examination on admission showed: good general condition, afebrile status, stable hemodynamics, a soft abdomen, and pelvic tenderness on palpation. The speculum examination and vaginal examination were unremarkable. Endovaginal ultrasound incidentally revealed an IUD migrating into the posterior corporal myometrium, perforating two-thirds of the serosa, associated with a large fluid-filled cyst on the right ovary (33×24 mm) and a left ovarian microfollicular dystrophy (45×24 mm) (Figure 1). Following our clinical and paraclinical examinations, we concluded that there had been partial intramyometrial migration of the intrauterine device, which was discovered incidentally, associated with a large, painful cyst on the right ovary on a scarred uterus. An exploratory laparotomy was indicated and performed under spinal anesthesia. Surgical exploration revealed: pelvic adhesions, a uterus with a large right ovarian cyst ($7 \times 6 \times 5$ cm), smooth-surfaced, firm-elastic, spherical in shape, containing serohematic fluid (Figure 2), and the presence of a T-shaped IUD visible by its two horizontal arms (Figure 3), partially embedded in the posterior corporal myometrium, with the vertical stem perforating two-thirds of the serosa. Therapeutic procedures, performed sequentially, included: careful adhesiolysis, cystectomy, and removal of the IUD (Figure 4). In summary, this was a case of partial intramyometrial migration of an IUD associated with an organic ovarian cyst in a scarred uterus (history of cesarean section for acute fetal distress 11 months earlier). The

immediate and late postoperative outcomes were uneventful. Histological examination of the ovarian cyst revealed a benign serous cystadenoma.

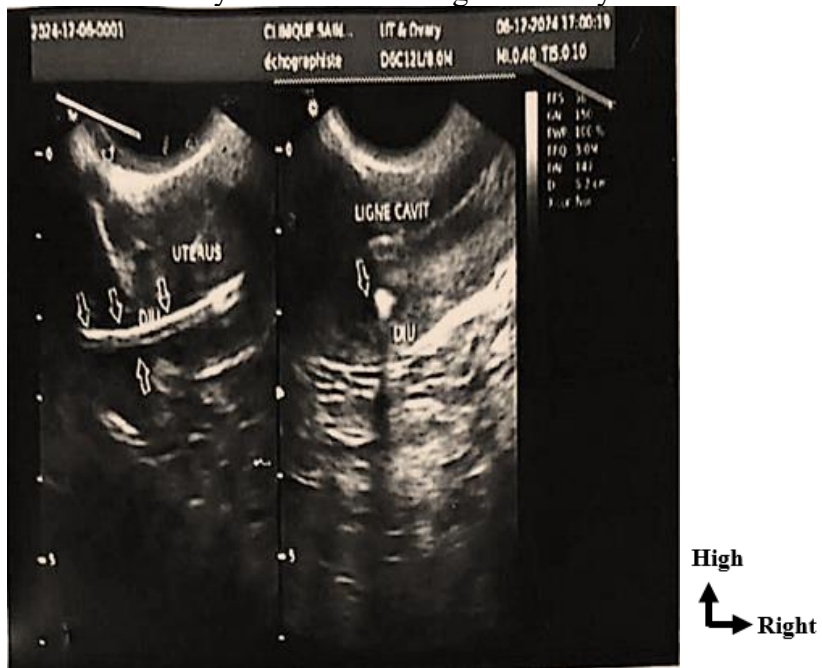


Figure 1: The migratory IUD in the posterior corporeal myometrium perforating 2/3 of the serosa (ultrasound image)



Figure 2: Large right ovarian cyst

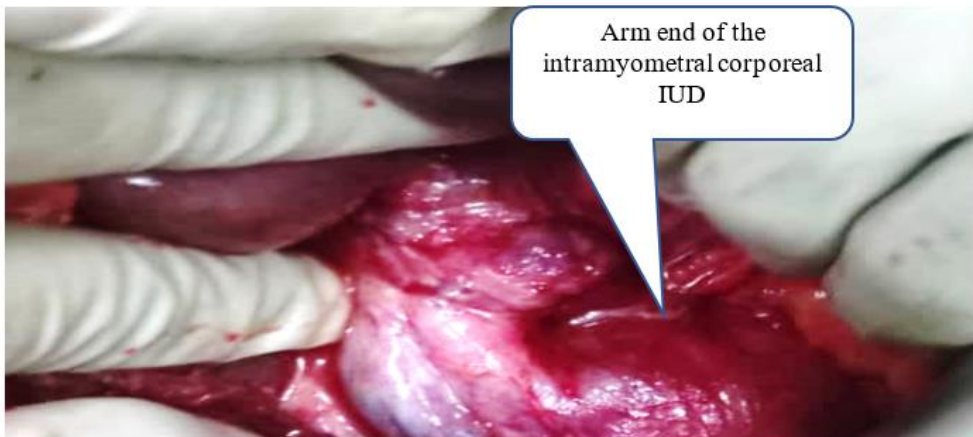


Figure 3: Intraoperative view of the IUD arm in the posterior corporeal myometrium, attached to the cyst ovarien

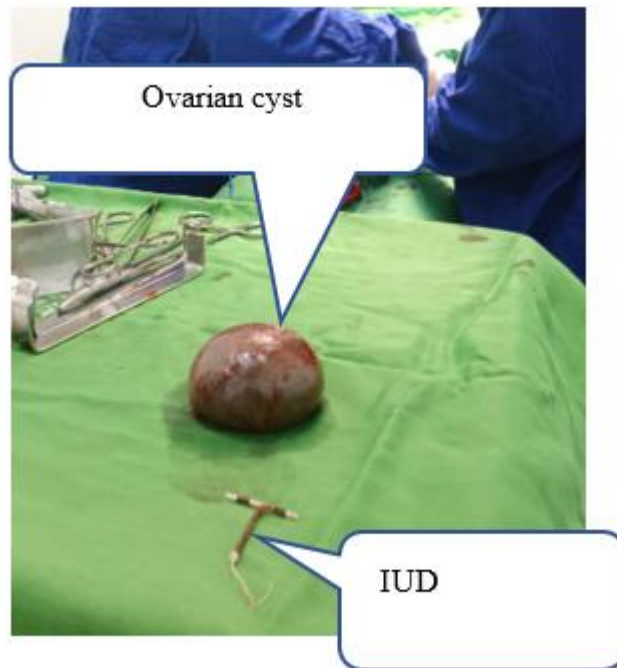


Figure 4: Intraoperative view of the ovarian cyst and IUD

Discussion

The IUD is a reversible and effective contraceptive method, but it is not without complications (Verim L, et al., 2015). Partial or total perforation of the myometrium during IUD insertion is more likely in the presence of a myometrial abnormality (particularly a scarred uterus) or due to an undiagnosed hypoplastic uterus, retroversion, or extreme anteversion (Haonas

et al., 2006). Our patient had a history of cesarean section for acute fetal distress 11 months earlier. The perforation rate appears to depend on the practitioner's expertise and, especially, on the number of insertions performed (Cristinelli S, et al., 2006). This migration may be favored by local inflammation induced by copper IUDs (Joual et al., 2004). Symptomatology usually becomes more evident at a later stage, including abdominal pain (30%) and unwanted pregnancy (25%) (Cristinelli S, et al., 2006). When the IUD is located outside the uterine cavity, it can be found either in the pelvis or the abdomen, in decreasing order of frequency: omentum, rectosigmoid, peritoneum, bladder, appendix, small intestine, adnexa, and iliac vein (El Kettani et al., 2007). Our patient presented with severe isolated pelvic pain, resistant to analgesics. Endovaginal ultrasound revealed a migrating IUD in the posterior corporal myometrium, perforating the serosa, associated with a large right ovarian cyst. The indication for exploratory laparotomy was established and performed, which confirmed the diagnosis and allowed for treatment of the complications. This approach has also been described in the literature (Boutaina et al., 2014). Removal of the ectopic IUD is recommended due to the risk of adhesions and inflammation, which may lead to peritonitis, intestinal perforation (Mamadou B, et al., 2020), or acute intestinal occlusion (Ranjeet Brar, et al., 2010). The migrating intrauterine device was discovered incidentally during the treatment of pelvic pain suggestive of a large right ovarian cyst on a scarred uterus in our. The onset of abdominopelvic pain, digestive symptoms (diarrhea, bowel obstruction), or urinary tract infection should alert the physician to the possibility of a related complication in patients with a history of IUD insertion. In cases of suspected IUD migration, localization can be achieved with abdominal or endovaginal ultrasound, generally combined with plain abdominal radiography. Computed tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI) may be useful for precise localization of an intra-abdominal IUD (Cristinelli S, et al., 2006).

Conclusion

The IUD is a widely used mechanical contraceptive method among our patients in Bouaké. Its insertion is a simple medical procedure. However, it can lead to major complications, such as partial intramyometrial migration. Most often asymptomatic, this migration may be incidentally discovered through a revealing associated complication, such as a painful ovarian cyst. Endovaginal ultrasound can help suggest the diagnosis of intramyometrial IUD migration. In settings with limited technical resources, exploratory laparotomy allows for cystectomy and IUD removal. However, laparoscopy remains the best diagnostic and therapeutic approach. Adequate management of an IUD inserted for contraception requires proper insertion technique, especially during cesarean section, and careful post-insertion follow-up.

Conflicts of interest: Authors do not declare any conflicts of interest.

Authors' contribution: The authors have read and approved the final version of this manuscript, certify that it has not been sent elsewhere, with content in accordance with ESJ policies.

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

Statement for human participants: This work has been approved by the Bouaké University Hospital. The principles of the Declaration of Helsinki have been respected.

Patient's informed consent for publication: obtained

Scientific research authorization: The Research and Ethics Committee of the Bouaké Hospital and University Center (CHU) has authorized the submission of this study in your journal for publication.

References:

1. Arslan, A., Kanat-Pektas, M., Yesilyurt, H., & Bilge, U. (2009). Colon penetration by a copper intrauterine device: a case report with literature review. *Archives of gynecology and obstetrics*, 279(3), 395–397.
2. Boutaina, L., Moulay, R. H., Abdelgheni, Z., Houda, F., & Jaouad, kouach. (2014). Le stérilet migrateur à propos de deux cas et revue de la littérature. *Pan African Medical Journal*, 19 : 361.57-45.
3. Brar, R., Doddi, S., Ramasamy, A., & Sinha, P. (2010). A forgotten migrated intrauterine contraceptive device is not always innocent : a case report. *Case reports in medicine*, 2010, 740642.
4. Cristinelli, S., Nisolle, M., & Foidar, J-M. (2006). « Le cas clinique du mois ». Stérilet en position annexielle : une complication rare. *Rev Med Liège* ; 61(11): 747-749.
5. El Kettani, NE-C., & Dafri, R. (2007). Imagerie de la migration des dispositifs intra-utérins. *FeuillRadiol*.47(3) :159-166.
6. Haouas, N., Sahraoui, W., Youssef, A., Thabet, I. & Mosbah, A.T. (2006) Migration intra vésicale de dispositif intra-utérin compliquée de lithiase. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 35, 288-292.
7. Joul, A., Querfani, B., Taha, A., El Mejjad, A., Frougui, Y., Rabii, R., Debbagh, A., & El Mrini, M. (2004). Intravésical migration of an intrauterine contraceptive device complicated by stones. *Prog Urol*. Jun ;14(3) : 374-5.

8. Mamadou, B. B., Koutou, M., Ibrahima, B., Ricardo, L. G., & Mamadou II, B. (2020). Migration of an Intra Uterine Device (IUD) on a Bilharzian Bladder: An Exceptional Fact About a Case. *International Journal of Clinical Urology*, 4(2), 55-58.
9. Onalan, G., Mulayim, B., Toprak, T., Baser, E., & Zeyneloglu, H. B. (2009). Extrauterine displaced intrauterine devices: when should they be surgically removed?. *Taiwanese journal of obstetrics & gynecology*, 48(4), 415–416.
10. Verim, L., Akbaş, A., & Erdem, M. R. (2015). Intravesical Migration and Calcification of Intrauterin Device: A Case Report and Review of the Literature. *Journal of Urological Surgery*, 2(4), 197-199.

Analyse des effets de la sédentarité professionnelle liée au travail sur écran dans une industrie alimentaire du Mali

Ibrahima Foba

Mohamed Sidibé

Société Malienne de Santé Sécurité au Travail (SOMASST)

Bocar Baila Diédhiou

Armandine Eusebia Roseline Diatta

Service de Médecine du Travail, FMPO-UCAD, Sénégal

Babou Ba

FMOS, Bamako, Mali

Mahamadou Koné

Société Malienne de Santé Sécurité au Travail (SOMASST)

SST Consulting, Mali

Mor Ndiaye

Service de Médecine du Travail, FMPO-UCAD, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p61](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p61)

Submitted: 11 December 2025

Accepted: 28 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Foba, I., Sidibé, M., Diédhiou, B. B., Diatta, A. E. R., Ba, B., Koné, M., & Ndiaye, M. (2026). *Analyse des effets de la sédentarité professionnelle liée au travail sur écran dans une industrie alimentaire du Mali*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 61.

<https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p61>

Résumé

Introduction : La posture sédentaire prolongée est très répandue dans le milieu professionnel et constitue une menace pour la santé. L'objectif de cette étude était d'analyser ses effets sur la santé dans une industrie alimentaire au Mali. **Méthodologie :** Il s'agissait d'une étude descriptive, transversale et analytique réalisée du 11 octobre au 20 novembre 2024. Elle concernait le personnel occupant des postes de travail sur écran. Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire puis saisies et analysées sur le logiciel EPI info. Le test de Khi2 a été utilisé pour le test de dépendance. Le lien est considéré significatif si p inférieur à 0,05. **Résultats :** Au total, 170 travailleurs ont été inclus dont 81,2% d'hommes. L'âge moyen était de 41 ans (± 8 ans). Le temps moyen journalier cumulé en position sédentaire était de 4

heures (± 2). La moyenne de l'IMC des travailleurs était de $25,5 \text{ kg/m}^2$ ($\pm 4,3$). L'HTA (24,1%), les TMS (6,5%), les troubles oculaires (16,5%) et les troubles du sommeil (8,3%) étaient répertoriés. La sédentarité au poste de plus de 5 heures avait un lien avec l'obésité ($p=0,01$), les troubles du sommeil ($p=0,04$), le tour de taille élevé et l'IMC élevé ($p=0,00$). Toutefois, le lien de causalité ne peut être formellement établi dans les études transversales. **Conclusion** : Cette étude met en évidence les effets négatifs de la sédentarité prolongée au travail sur la santé. Elle prouve la nécessité de mettre en place des mesures préventives pour faire face à cette menace.

Mots-clés: Posture assise, IMC, obésité, médecine du travail

Analysis of the Health Effects of Screen-Related Sedentary Work in a Food Industry in Mali

Ibrahima Foba

Mohamed Sidibé

Société Malienne de Santé Sécurité au Travail (SOMASST)

Bocar Baïla Diédhiou

Armandine Eusebia Roseline Diatta

Service de Médecine du Travail, FMPO-UCAD, Sénégal

Babou Ba

FMOS, Bamako, Mali

Mahamadou Koné

Société Malienne de Santé Sécurité au Travail (SOMASST)

SST Consulting, Mali

Mor Ndiaye

Service de Médecine du Travail, FMPO-UCAD, Sénégal

Abstract

Introduction: Prolonged sedentary posture is widespread in the workplace and poses a threat to health. The objective of this study was to analyze its effects on health in the food industry in Mali. **Methodology:** This was a descriptive, prospective, and analytical study conducted from October 11 to November 20, 2024. It involved staff working at computer workstations. Data were collected using a questionnaire, then entered and analyzed using EPI Info software. The chi-square test was used to test for dependence. The association was considered significant if $p < 0.05$. **Results:** A total of 170 workers were included, 81.2% of whom were men. The mean age was 41 years (± 8 years). The mean cumulative daily time spent in a sedentary position was 4 hours (± 2). The mean BMI of the workers was 25.5 kg/m^2 (± 4.3).

Hypertension (24.1%), musculoskeletal disorders (6.5%), eye disorders (16.5%), and sleep disorders (8.3%) were recorded. Workplace sitting for more than 5 hours was associated with obesity ($p=0.01$), sleep disorders ($p=0.04$), increased waist circumference, and a high BMI ($p=0.00$). However, a formal causal relationship cannot be established in cross-sectional studies. **Conclusion:** This study highlights the negative effects of prolonged sedentary behavior at work on health. It demonstrates the need to implement preventive measures to address this threat.

Keywords: Sitting posture, BMI, obesity, occupational medicine

Introduction

La sédentarité se définit comme tout comportement en situation d'éveil caractérisé par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 METs en position assise ou allongée (Tremblay et al., 2017). Il est désormais crucial de distinguer la sédentarité quotidienne totale, incluant les transports et les loisirs, de la sédentarité professionnelle. Dans le milieu professionnel, la posture sédentaire assise est la principale posture de travail et est retrouvée dans plusieurs secteurs d'activité (INRS, 2024). Des estimations indiquent que les adultes passent en moyenne plus de 9 heures par jour à des activités sédentaires (Diaz KM et al, 2017 ; Miller R et al, 2004). De même, une cohorte française a chiffré la sédentarité journalière au travail à plus de 7 heures de temps (Saidj M et al, 2015). Dans notre contexte africain, une étude togolaise a estimé à 43%, les travailleurs exposés au travail sur écran (Adjobimey M et al, 2019). Cette exposition prolongée agit sur la santé via plusieurs mécanismes physiopathologiques. La réduction drastique de la dépense énergétique altère le métabolisme des lipides et du glucose, tandis que la posture assise prolongée impose une charge ergonomique délétère sur le système musculosquelettique. De plus, la sédentarité au travail est souvent couplée à un stress psychosocial, augmentant ainsi le risque d'obésité, de maladies cardiovasculaires et de troubles de la santé mentale (Carson et al., 2016). Ce risque est d'autant plus préoccupant qu'il semble indépendant du niveau d'activité physique pratiqué en dehors du travail (Bankoski et al., 2011). Au Mali, malgré l'omniprésence de ce phénomène, les données scientifiques restent inexistantes. À cet effet, nous formulons l'hypothèse qu'une durée de sédentarité professionnelle dépassant 5 heures par jour est associée à une dégradation des indicateurs anthropométriques (IMC, tour de taille) et à une élévation de la pression artérielle. L'objectif de cette étude était d'analyser les effets de la sédentarité professionnelle sur la santé des employés d'une industrie alimentaire à Bamako.

Méthodologie

Cette étude a été réalisée au sein d'une industrie alimentaire implantée à 18 km de Bamako durant la période du 11 octobre au 20 novembre 2024. Il s'agissait d'une étude descriptive transversale à visée analytique, effectuée lors de la visite médicale annuelle de l'entreprise. La population d'étude était les travailleurs occupant des postes sédentaires sur écran. Ainsi, pour être inclus, il fallait :

- Occuper un poste de travail sédentaire sur écran,
- Bénéficier de la visite médicale annuelle,
- Accepter de participer à l'enquête.

Les données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire élaboré pour recueillir les données lors de la visite médicale. Ce questionnaire renseignait sur les caractéristiques socioprofessionnelles (âge, sexe, statut matrimonial, mode de vie, catégorie professionnelle, ancienneté), les résultats de l'examen clinique et les valeurs glycémiques retrouvées chez les travailleurs.

Afin de limiter les biais d'interprétation, nous avons recueilli des informations sur certaines habitudes alimentaires (consommation de café, alcool, tabac, alcool). Ces éléments étant des facteurs de confusion majeure dans la relation entre sédentarité et santé métabolique.

La sédentarité professionnelle a été évaluée par une question unique portant sur la durée moyenne journalière cumulée en position assise au poste de travail. Les travailleurs ont été classés en deux groupes : ≤ 5 heures et > 5 heures par jour.

Le recours à une auto-déclaration par question unique présente une limite de validité liée au biais de mémoire et à la subjectivité des participants, comparativement à une mesure objective par actimétrie. Toutefois, cette méthode reste une approche standard et pragmatique en milieu professionnel pour le dépistage de masse.

Nous avons aussi recherché les :

- Situations habituelles contraignant l'interruption occasionnelle de la sédentarité au travail,
- Troubles du sommeil (insomnies nocturnes, somnolences au travail),
- Troubles musculosquelettiques (TMS),
- Troubles oculaires (prurit, larmoiements).

A l'examen physique :

La mesure de la taille et la pesée du poids de chaque individu ont été faites afin de calculer l'indice de masse corporelle (IMC) par le rapport du poids sur la taille au carré. Puis, nous avons réparti les travailleurs en utilisant la classification de l'OMS : l'IMC était considéré normal entre 20 et 25 kg/m², en surpoids entre 25 et 30 kg/m² et en obésité au-delà de 30 kg/m².

Le tour de taille (TT) a été mesuré à l'aide d'un mètre ruban souple à mi-distance entre la dernière côte et la crête iliaque, en position debout, à la fin d'une expiration normale, sans serrer ni laisser de jeu. L'obésité abdominale a été retenue pour un tour de taille supérieur à 80 cm chez les femmes ou supérieur à 94 cm chez les hommes.

La Tension artérielle (TA) a été prise pour chaque travailleur à l'aide d'un tensiomètre électronique de marque Omron. L'hypertension artérielle (HTA) a été retenue si après 2 mesures successives en position assise ou couchée (avec 15 minutes de repos) :

- La TA systolique était ≥ 140 mmHg et/ou,
- La TA diastolique était ≥ 90 mmHg.

De même, les travailleurs ayant une TA normale sous traitement antihypertenseur étaient aussi considérés hypertendus.

La glycémie capillaire a été mesurée chez chaque travailleur après 8 heures de jeûne à l'aide d'un glucomètre de marque Accu-check. Le diabète est retenu quand la glycémie à jeûne est supérieure ou égale à 1,26 g/l.

Les données ont été saisies et analysées sur le logiciel EPI Info. Elles sont exprimées en valeurs absolues, en fréquences, en moyennes et sont présentées sous forme de tableaux et de graphiques. Le test de Khi2 a été utilisé pour le test de dépendance. Le lien est considéré significatif si p est inférieure à 0,05. La variable dépendante était la durée de la sédentarité journalière au poste sur écran avec ses deux modalités : ≤ 5 heures ou > 5 heures. Nous avons recherché le lien entre la sédentarité au poste et les résultats cliniques et paracliniques (IMC, tour de taille, HTA, troubles oculaires, TMS, troubles du sommeil, diabète).

Nous avons garanti l'anonymat et la confidentialité des informations recueillies. Le consentement libre et éclairé des participants a été obtenu avant le démarrage de l'enquête.

Résultats

Résultats descriptifs

- **Caractéristiques socio-professionnelles**

Au total, 170 travailleurs sédentaires occupant des postes sur écran ont été inclus soit, 58% des travailleurs ayant bénéficié de la visite médicale périodique. Le sex-ratio (H/F) était de 4,3 en faveur des hommes. L'âge moyen des travailleurs était de 41 ans (± 8 ans). L'ancienneté moyenne au poste de travail était de 12 ans (± 8 ans). Ils étaient mariés dans 91,2% des cas. Les agents exécutants (AE) étaient plus représentés (cf. tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques socioprofessionnelles des travailleurs

Caractéristiques socio-professionnelles	Effectifs	Pourcentages (%)
Sexe		
○ Féminin	32	18,8
○ Masculin	138	81,2
Situation matrimoniale		
○ Célibataire	15	8,8
○ Marié	155	91,2
Catégories professionnelles		
○ Agents exécutants	83	48,8
○ Agents de maîtrise	57	33,5
○ Cadres	30	17,6
Durée moyenne journalière en position sédentaire		
○ > 5heures	79	46,5
○ ≤ 5heures	91	53,5
Mode de vie		
○ Consommation de thé	110	64,7
○ Consommation de café	77	45,3
○ Tabagisme	19	11,2
○ Alcoolisme	16	9,4

Le temps moyen journalier cumulé passé en position assise par les travailleurs était de 4 heures (± 2). La principale situation qui contribuait à interrompre la position assise prolongée était, la pratique de d'autres tâches en lien avec le poste ne nécessitant pas la position assise (cf. figure 1).

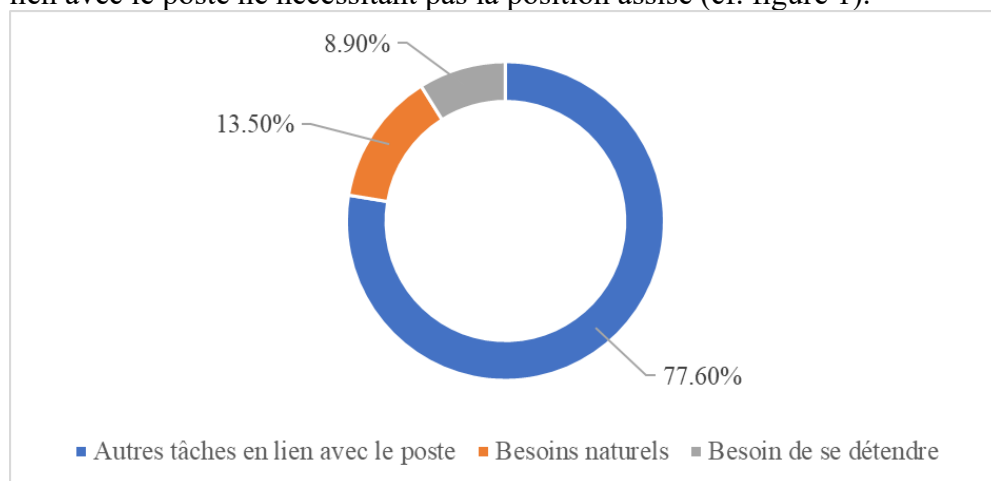


Figure 1 : Situations de travail contraignant l'interruption de la sédentarité au poste sur écran

- **Caractéristiques cliniques et paracliniques des travailleurs sédentaires**

La moyenne de l'IMC de l'échantillon était de $25,5 \text{ kg/m}^2$ ($\pm 4,3$). Le tableau 2 répertorie les anomalies cliniques et paracliniques retrouvées chez les travailleurs.

Tableau 2 : Anomalies colligées à l'examen clinique et paraclinique

Troubles répertoriés	Effectifs	Pourcentages (%)
IMC élevé	90	53
• Surpoids	74	43,6
• Obésité	16	9,4
Obésité abdominale	77	45,3
HTA	41	24,1
Diabète	7	4,1
TMS	11	6,5
Troubles oculaires	31	18,2
• Picotements	21	12,4
• Larmoiements	10	5,9
Troubles du sommeil	14	8,3
• Insomnies nocturnes	10	5,9
• Somnolence diurne	4	2,3

Résultats analytiques

Un lien significatif a été retrouvé entre la durée moyenne journalière passée en position assise par les travailleurs et des variables telles que, le tour de taille ($p = 0,01$), l'IMC ($p = 0,00$) et les troubles de sommeil ($p = 0,04$) (cf. tableau 3).

Tableau 3 : Lien entre la durée de la sédentarité journalière et les données cliniques et paracliniques

Variables	Temps assis sur écran		P- value (P- value significative)
	Elevé (>5 heures)	Normal (≤5 heures)	
Tour de taille			0,01++
○ Elevé	44	33	
○ Normal	35	58	
IMC			0,00++
○ Elevé	46	44	
○ Normal	33	47	
TA			0,05
○ HTA	17	24	
○ Normale	62	67	
TMS			0,73
○ Non	71	88	
○ Oui	8	3	
Diabète			1
○ Oui	3	4	
○ Non	76	87	
Troubles oculaires			0,10
○ Non	60	79	
○ Oui	19	12	
Troubles du sommeil			0,04++
○ Non	70	86	
○ Oui	9	5	

Discussion

Les travailleurs étaient essentiellement composés d'hommes (81,2%) à l'instar de l'observation faite au Togo chez des travailleurs occupant des postes sur écran (Adjobimey M et al, 2019). Ce résultat s'expliquerait par la faible représentativité des femmes dans certains secteurs d'activité particulièrement dans notre contexte africain. Toutefois, une étude sud-africaine avait observé 79% de femmes dans une étude faite chez des travailleurs occupant des postes administratifs sédentaires (Phaswana M et al, 2023). De même, d'autres études avaient rapporté plus de 80% de femmes dans leur série (Marchant G et al, 2019 ; Saidj M et al, 2015). L'âge moyen des travailleurs était de 41 ans. Ce résultat est très proche des résultats retrouvés dans d'autres études africaines au Togo soit, 43,89 ans (Adjobimey M et al, 2019) et en Afrique du Sud (40,32 ans) (Phaswana M et al, 2023). Dans notre série, l'ancienneté moyenne au poste était de 12 ans alors qu'au Togo, une ancienneté moyenne au poste de 13,34 ans a été observée (Adjobimey M et al, 2019). Le temps moyen journalier passé en position assise au travail était de 4 heures. Une étude française avait retrouvé un résultat quasi similaire (4,17 heures) (Saidj M et al, 2015).

La moyenne de l'IMC des travailleurs était de 25,5 kg/m². Ce résultat conforte celui retrouvé dans une autre étude faite chez des employés de bureau dont l'IMC moyen était de 25,4 kg/m² (Cagnie B et al, 2007). Dans notre série, 53% des travailleurs avaient un IMC élevé dont 9,4% de sujets obèses. Par contre à Taïwan, un taux moindre d'individus affectés par l'élévation anormale de l'IMC (26,6%) a été observé (Gao W et al, 2024).

Notre étude avait révélé une prévalence élevée d'obésité abdominale (45,3%). Au Sénégal, une prévalence plus élevée d'obésité abdominale chez des travailleurs d'une agence internationale basée à Dakar (69,2%) a été rapportée (Diédhiou BB et al, 2024). De même, notre série présentait une prévalence assez élevée d'HTA (24,1%) comparable à une autre étude retrouvée dans la littérature (17,3%) (Gao W et al, 2024). Ces résultats confortent la thèse selon laquelle, l'exposition à la sédentarité au travail induit l'obésité, le diabète et les troubles cardiovasculaires (INRS, 2024). L'analyse a retrouvé un lien significatif entre la sédentarité au poste supérieure à 5 heures et des paramètres tels que, le tour de taille ($p = 0,01$), l'IMC élevé et les troubles du sommeil ($p = 0,04$). Nous avons observé aussi un lien apparemment limite entre la sédentarité et l'HTA ($p = 0,05$). Ce lien entre l'HTA et la sédentarité prolongée au travail a été documenté dans la littérature (Gao et al, 2024). En effet, la sédentarité au travail induit une dépense moindre en énergie favorisant la prise de poids et l'accumulation de masse grasseuse. Ainsi, plus la charge de travail est importante chez les travailleurs sédentaires, plus la durée des positions assises se prolonge favorisant la prise de poids, le stress professionnel à l'origine aussi de certains troubles du sommeil. Toutefois,

l'interprétation de ces liens doit être prudente. S'agissant d'une étude transversale, le lien de causalité ne peut être formellement établi. Une causalité inverse est envisageable : par exemple, des travailleurs souffrant déjà d'obésité ou de comorbidités pourraient être moins enclins à rompre la position assise en raison d'une tolérance physique moindre. De plus, la relation entre sédentarité et santé métabolique est complexe et influencée par des facteurs de confusion majeurs que sont le niveau d'activité physique hors travail et les habitudes alimentaires (grignotage au poste). Bien que la sédentarité réduise la dépense énergétique, son impact réel dépend également du bilan calorique global et de l'intensité de l'activité physique résiduelle.

Au-delà de la problématique des risques cardiovasculaires générés par la sédentarité au travail, cette dernière contribue aussi à accroître les TMS. Dans notre étude, 6,5% des travailleurs étaient confrontés à des TMS tels que, les lombalgies, les cervicalgies et les dorsalgies. Toutefois, le lien n'était pas significatif entre la sédentarité au travail et les TMS ($p > 0,05$). En revanche, dans une autre étude, une prévalence de TMS plus élevée a été observée dominée par les lombalgies (55,1%), les dorsalgies (53%) et les cervicalgies (52,5%) (Celik S et al, 2018). Les facteurs favorisant ces troubles étaient liés à l'exposition prolongée aux positions assises et à l'inactivité physique. Au Nigeria, une étude portant sur la lombalgie chez des employés de bureau avait révélé une prévalence de 38% sur une période de 12 mois. Dans cette série nigériane, la lombalgie avait un lien significatif avec le niveau d'étude supérieure. De même, sa gravité avait un lien avec la position assise d'une durée moyenne journalière de travail supérieure à 3 heures (Omokhodion FO et al, 2003). Par ailleurs, il convient de préciser aussi que les TMS ne dépendent pas uniquement de la durée de la position assise, mais surtout de la charge ergonomique (qualité du siège, aménagement du poste) et de la posture adoptée. Des travailleurs assis moins longtemps mais dans des conditions ergonomiques précaires pourraient présenter autant de troubles que ceux assis plus de 5 heures.

Les troubles oculaires affectaient 18,2% des travailleurs sédentaires. Ils étaient composés de picotements et de larmoiements. Le lien n'est pas significatif entre ces troubles oculaires et la sédentarité au poste de travail ($p > 0,05$). En revanche, au Togo, des prévalences plus élevées de troubles oculaires ont été rapportées chez des travailleurs occupant des postes sur écran. Il s'agissait, de la lourdeur des paupières (48%), de la fatigue oculaire (38%), de la vision floue (36%) et de la sensation de grains de sable (32%) (Adjobimey M et al, 2019).

Dans notre série, 8,3% des travailleurs étaient confrontés aux troubles du sommeil (insomnies nocturnes, somnolence au lieu de travail). Ces troubles du sommeil avaient un lien significatif avec la sédentarité au poste supérieure à 5 heures ($p < 0,05$). En effet, chez le personnel administratif, le stress

professionnel est une des causes majeures de ces troubles lesquels, se répercutent sur la performance des travailleurs (Bayon V et al 2008 ; Wu Q et al, 2024).

Cette étude présente certaines limites qui invitent à une généralisation prudente des résultats. Il s'agit entre autres, du caractère monocentrique, des biais de mesure et l'absence d'analyse multivariée. En effet, notre enquête s'est limitée à une seule industrie alimentaire, ce qui peut ne pas refléter la diversité du milieu professionnel malien. L'utilisation de l'auto-déclaration (question unique) pour évaluer le temps assis peut induire un biais de mémoire ou une sous-estimation par rapport à une mesure objective (actimétrie). De même, l'utilisation exclusive de tests bivariés (Khi-2) ne permet pas d'isoler l'effet propre de la sédentarité en ajustant sur les facteurs de confusion (âge, alimentation, sport).

Conclusion

L'exposition professionnelle prolongée aux écrans d'ordinateur constitue un véritable problème de santé publique. Cette étude met en évidence la forte exposition des travailleurs à la sédentarité professionnelle et son impact négatif sur la santé particulièrement, la survenue des maladies cardiovasculaires. Pour atténuer les risques liés à la sédentarité, la prévention doit conjuguer sensibilisation, formation posturale et activité physique. Ces mesures s'articulent autour de cinq axes pratiques :

- des ruptures actives : effectuer 3 minutes de marche ou d'étirements toutes les 45 minutes pour briser la posture statique ;
- des postes de travail ergonomiques : ajuster les écrans à hauteur des yeux et utiliser des repose-pieds pour garantir un alignement corporel neutre ;
- des alternances posturales : privilégier la position debout pour les tâches brèves (appels, lectures de documents) ;
- l'hygiène visuelle : intégrer des micro-pauses oculaires toutes les 20 minutes afin de limiter la fatigue liée aux écrans ;
- l'alternance des tâches : favoriser la rotation entre le travail de bureau et les interventions sur le terrain (usine) pour diversifier les sollicitations physiques.

Déclaration concernant les participants humains : Cette étude a été approuvée par l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

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

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

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

References:

1. Adjibimey, M, Hinson, VA, Mikponhoue, RCN, Cissé, IM, Amevor, KMN, Banaewai, E, Ayélo, P. (2019). Symptômes oculaires chez des travailleurs exposés au travail sur écran au Togo. *Revue Internationale des Sciences Médicales Abidjan*, 21(1), 39-43.
2. Bankoski, A, Harris, TB, McClain, JJ, Brychta, RJ, Caserotti, P, Chen, KY, Berrigan, D, Troiano, RP, Koster, A. (2011). Sedentary activity associated with metabolic syndrome independent of physical activity. *Diabetes Care*, 34(2), 497-503. <https://doi.org/10.2337/dc10-0987>.
3. Bayon, V, Léger, D. (2008). Sommeil, somnolence et travail. *Sommeil Santé Publique*, 5(18), 10-4. [https://doi.org/10.1016/S1769-4493\(08\)70186-9](https://doi.org/10.1016/S1769-4493(08)70186-9).
4. Cagnie, B, Danneels, L, Van Tiggelen, D, De Loose, V, Cambier, D. (2007). Individual and work related risk factors for neck pain among office workers: a cross sectional study. *Eur Spine J*, 16(5), 679-86. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0269-7>.
5. Carson, V, Hunter, S, Kuzik, N, Gray, CE, Poitras, VJ, Chaput, JP, Saunders, TJ, Katzmarzyk, PT, Okely, AD, Gorber, SC, Kho, ME, Sampson, M, Lee, H, Tremblay, MS. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6 Suppl 3), S240-265. <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>.
6. Celik, S, Celik, K, Dirimese, E, Taşdemir, N, Arik, T, Büyükkara, İ. (2018). Determination of pain in musculoskeletal system reported by office workers and the pain risk factors. *Int J Occup Med Environ Health*, 31(1), 91-111. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00901>.
7. Diaz, KM, Howard, VJ, Hutto, B, Colabianchi, N, Vena, JE, Safford, MM, Blair, SN, Hooker, SP. (2017). Patterns of Sedentary Behavior and Mortality in U.S. Middle-Aged and Older Adults: A National Cohort Study. *Ann Intern Med*, 167(7), 465-75. <https://doi.org/10.7326/m17-0212>
8. Diédhiou, BB, Diatta, AER, Touré, H, Dovonou, DNN, Ndiaye, M. (2024). Evaluation de l'hypertension artérielle en milieu professionnel : exemple d'une agence internationale basée à Dakar (Sénégal). *Revue Africaine des Sciences Sociales et de la Santé Publique*, 6 (2), 95-105. <https://doi.org/10.4314/rasp.v6i2.8>.

9. Gao, W, Sanna, M, Chen, YH, Tsai, MK, Wen, CP. (2024). Occupational Sitting Time, Leisure Physical Activity, and All-Cause and Cardiovascular Disease Mortality. *JAMA Netw Open*, 7(1), e2350680. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.50680.
10. INRS. (2024). Les postures sédentaires au travail : définition, effets sur la santé et mesures de prévention. <https://azursportsante.fr/fr/le-sport-sante/articles/id-7609-les-postures-sedentaires-au-travail-definition-effets-sur-la-sante-et-prevention>. (Consulté, le 2/9/2025).
11. Marchant, G, Nicaise, V, Chastin, S, Boiché, J. (2019). Réduire le temps assis en milieu professionnel : l'étude « Sédentarité au travail » (SAuT). *Santé Publique*, 31(3), 377-85. <http://hdl.handle.net/1854/LU-8650870>.
12. Miller, R, Brown, W. (2004). Steps and sitting in a working population. *Int J Behav Med*, 11(4), 219-24. DOI: 10.1207/s15327558ijbml104_5.
13. Omokhodion, FO, Sanya, AO. (2003). Risk factors for low back pain among office workers in Ibadan, Southwest Nigeria. *Occup Med Oxf Engl*, 53(4), 287-9. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg063>.
14. Phaswana, M, Gradidge, PJL. (2023). Ukumela impilo randomised trial: preliminary findings of height-adjustable sit-to-stand workstations on health outcomes of South African office workers. *BMC Res Notes*, 16(1), 361. <https://doi.org/10.1186/s13104-023-06642-2>.
15. Saidj, M, Menai, M, Charreire, H, Weber, C, Enaux, C, Aadahl, M, Kesse-Guyot, E, Hercberg, S, Simon, C, Oppert, JM. (2015). Descriptive study of sedentary behaviours in 35,444 French working adults: cross-sectional findings from the ACTI-Cités study. *BMC Public Health*, 15, 379.
16. Tremblay, MS, Aubert, S, Barnes, JD, Saunders, TJ, Carson, V, Latimer-Cheung, AE, Chastin, SFM, Altenburg, TM, Chinapaw, MJM. (2017). Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 14(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>.
17. Wu, Q, Fan, S, Zhou, B, Lu, C, Zhang, N, Su, Z, Peng, J, Yu D, Zhang, J. (2024). Relationship between occupational factors and sleep disorders among petrochemical workers on Hainan Island, South China: a cross-sectional study. *Int J Occup Med Environ Health*, 37(6), 591-601. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.02468>.

Profil épidémiologique, diagnostique, thérapeutique et évolutif des tumeurs osseuses malignes en rhumatologie au CHU-Kara

Atake Awaki-Esso, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Oniankitan Sadat, MD

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Kara, Kara, Togo

Diallo Mamadou Lamine, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen, Conakry, Guinée

Prof. Koffi-Tessio Viwalé, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Régional de Tsévié, Tsévié, Togo

Prof. Fianyo Eyram, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Régional de Lomé, Lomé, Togo

Tagbor Komi Cyrille, MD

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier de Bè, Lomé, Togo

Prof. Kakpovi Kodjo, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Régional de Kara-Tomdè, Kara, Togo

Prof. Houzou Prénom, MD

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Kara, Kara, Togo

Prof. Oniankitan Owonayo, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p73](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p73)

Submitted: 05 November 2025

Accepted: 25 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Awaki-Esso, A., Sadat, O., Lamine, D. M., Viwalé, K.-T., Eyram, F., Cyrille, T., Kodjo, K., Prénom, H., & Owonayo, O. (2026). *Profil épidémiologique, diagnostique, thérapeutique et évolutif des tumeurs osseuses malignes en rhumatologie au CHU-Kara*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 73. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p73>

Résumé

Introduction : Le cancer est l'une des principales causes de mortalité dans le monde. Les tumeurs osseuses malignes (TOM) qui en font partie sont habituellement rencontrées en milieu rhumatologique. Malheureusement il existe peu de données sur les TOM dans les pays en développement. Au Togo particulièrement, les quelques-unes des études consacrées à ces pathologies se limitent uniquement au Sud du pays.

Objectifs : Déterminer les particularités épidémiologique, sémiologique, thérapeutique et évolutive des tumeurs osseuses malignes en milieu rhumatologique au Nord-Togo.

Patients et méthode : Il s'est agi d'une étude transversale rétrospective, descriptive d'avril 2012 à octobre 2017, et de janvier 2019 à avril 2021 ; portant sur les dossiers des patients vus pour une TOM dans le service de rhumatologie du Centre Hospitalier Universitaire de Kara (CHU-Kara). Le diagnostic positif a été radio-clinique.

Résultat : Soixante-deux patients des 4276 patients (1,45%) admis dans le service ont souffert d'une TOM. L'âge moyen des patients était de 60,6 ans. La durée moyenne d'évolution était de 13 mois. Le rachis était majoritairement atteint avec neuf cas (14,5%) de compression médullaire. Les lésions lytiques prédominaient à l'imagerie (50%). Les métastases osseuses représentaient 45,2% de l'ensemble des tumeurs. Elles étaient d'origine prostatique (14 ; 22,5%), hépatique (6 ; 9,6%) et gynécologique (6 ; 9,6%). Le myélome (7 ; 11,3%) constituait l'essentiel des tumeurs osseuses malignes primitives. Près de la moitié des tumeurs osseuses malignes étaient d'étiologie non déterminée (26 ; 41,9%). Le traitement était essentiellement médical chez tous les patients. Il y avait 11 décès au cours de l'hospitalisation (17,7%) et 21 perdus de vue (34%).

Conclusion : Les tumeurs osseuses malignes restent peu connues au Togo. Elles sont souvent vues au stade de complication, imposant la nécessité d'un diagnostic précoce pour une meilleure prise en charge.

Mots-clés: Tumeur osseuse, Myélome, Métastase, Nord-Togo

Epidemiological, Diagnostic, Therapeutic, and Evolutionary Profile of Malignant Bone Tumors in Rheumatology at CHU-Kara

Atake Awaki-Esso, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Oniankitan Sadat, MD

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Kara, Kara, Togo

Diallo Mamadou Lamine, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen, Conakry, Guinée

Prof. Koffi-Tessio Viwalé, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Régional de Tsévié, Tsévié, Togo

Prof. Fianyo Eyram, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Régional de Lomé, Lomé, Togo

Tagbor Komi Cyrille, MD

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier de Bè, Lomé, Togo

Prof. Kakpovi Kodjo, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hôpitalier Régional de Kara-Tomdè, Kara, Togo

Prof. Houzou Prénom, MD

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Kara, Kara, Togo

Prof. Oniankitan Owonayo, MD

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Abstract

Introduction: Cancer is one of the leading causes of death worldwide. Malignant bone tumors (MBTs), which are a type of cancer, are commonly encountered in rheumatology settings. Unfortunately, there is little data available on MBTs in developing countries. In Togo in particular, the few studies devoted to these pathologies are limited to the southern part of the country.

Objectives: To determine the epidemiological, semiological, therapeutic, and evolutionary characteristics of malignant bone tumors in rheumatology settings in northern Togo.

Patients and methods: This was a retrospective, descriptive cross-sectional study conducted from April 2012 to October 2017 and from January 2019 to April 2021, focusing on the records of patients seen for a BMT in the rheumatology department of the Kara University Hospital Center (CHU-Kara). The positive diagnosis was radioclinical.

Results: Sixty-two of the 4,276 patients (1.45%) admitted to the department suffered from TOM. The average age of the patients was 60.6 years. The average duration of the disease was 13 months. The spine was the most commonly affected site, with nine cases (14.5%) of spinal cord compression. Lytic lesions predominated on imaging (50%). Bone metastases accounted for 45.2% of all tumors. They were of prostatic (14; 22.5%), hepatic (6; 9.6%), and gynecological (6; 9.6%) origin. Myeloma (7; 11.3%) accounted for the majority of primary malignant bone tumors. Nearly half of the malignant bone tumors were of undetermined etiology (26; 41.9%). Treatment was mainly medical for all patients. There were 11 deaths during hospitalization (17.7%) and 21 lost to follow-up (34%).

Conclusion: Malignant bone tumors remain poorly understood in Togo. They are often seen at the complication stage, requiring early diagnosis for better management.

Keywords: Bone tumors, Myeloma, Metastasis, Northern Togo

Introduction

Les tumeurs osseuses malignes sont habituellement rencontrées en milieu rhumatologique ; qu'il s'agisse de tumeurs malignes primitives ou secondaires (métastases osseuses). La tumeur osseuse maligne primitive (TOMP) est rare et représente 0,2 à 0,5% des cancers avec une incidence de 1 cas pour 100 000 habitants (Ferly et al., 2020 ; Mohamed et al., 2010). Le myélome multiple et le chondrosarcome sont les formes cliniques les plus fréquentes chez l'adulte. L'ostéosarcome et le sarcome d'Ewing sont l'apanage du sujet adolescent (Rüdiger et al., 2013 ; Fletcher et al., 2002). Les métastases osseuses contrairement aux TOMP, constituent une atteinte secondaire d'une tumeur maligne développée à distance de l'os (Debiais et al., 2015). En effet l'os est le troisième site le plus fréquemment atteint de métastases après le foie et les poumons (Lebret et al., 2008). Cependant les tumeurs les plus ostéophiles sont par ordre de fréquence le cancer de la prostate, du sein, des poumons, de la thyroïde et des reins (Coleman et al., 2006). Le diagnostic de ces affections repose sur la confrontation des données épidémiologiques, cliniques, radiologiques mais surtout l'examen histologique après biopsie (Shuzai et al., 2012). Il existe peu de données sur les tumeurs osseuses malignes (TOM) dans les pays en développement (Coleman et al., 2006 ; Nkegoum et al., 2002 ; Peko et al., 2003). Au Togo

particulièrement, les quelques études consacrées à ces pathologies se limitent uniquement au Sud du pays (Kakpovi et al., 2016 ; Walla et al., 2015 ; Kakpovi et al., 2014 ; Fianyo et al., 2005). L'objectif de ce travail était de déterminer les aspects épidémiologiques, sémiologiques, thérapeutiques et évolutifs des TOM au service de rhumatologie du centre hospitalier universitaire de Kara (CHU-Kara).

Patients et méthodes

Nous avons mené une étude transversale rétrospective, descriptive d'avril 2012 à octobre 2017, et de janvier 2019 à avril 2021 ; l'année 2018 n'était pas prise en compte en raison de l'indisponibilité du service d'hospitalisation pour des raisons de rénovations. L'étude a pris en compte les dossiers des patients du service de rhumatologie du CHU-Kara (Togo) répondant aux critères suivants :

- avoir consulté, ou avoir été hospitalisé dans le service de rhumatologie durant la période d'étude ;
- avoir présenté un tableau clinique et radiologique orientant vers une tumeur osseuse maligne primitive ou secondaire dont l'étiologie était suspectée dans certains cas par une anomalie de certains examens biologiques spécifiques et/ou confirmée par un examen anatomopathologique ou un myélogramme.

Ont été exclus les patients souffrant d'une TOM avec un dossier médical incomplet, inexploitable ou non-retrouvé.

Les données recueillies ont été enregistrées et traitées sur le logiciel SphinxPlus2 Version 5.0, puis mise en page sur Microsoft Word 2013 et Microsoft Excel 2013.

L'étude a été réalisée conformément aux recommandations de bonne pratique en matière de recherche médicale. Une autorisation officielle a été obtenue à la direction de l'hôpital, permettant l'accès aux dossiers médicaux. L'anonymat sur les dossiers médicaux a été respecté lors de la collecte et du traitement des données.

Résultats

Sur les 4276 patients admis dans le service de rhumatologie du CHU-Kara durant la période d'étude, 62 avaient une tumeur osseuse maligne soit une fréquence hospitalière de 1,45%. Il s'agissait de 39 hommes pour 23 femmes soit un sexratio H/F de 1,69. L'âge moyen des patients était de $60,6 \pm 15,26$; avec des extrêmes de 15 ans et 94 ans (Tableau I). Près de 65% des patients ont consulté après une durée moyenne d'évolution de 6 mois. Les circonstances de découverte étaient essentiellement la douleur chez 62 patients (100%) ; et d'une altération de l'état général chez 43 patients (69,4%). Le siège de la douleur était à prédominance axiale (Tableau II).

Tableau I : Répartition des patients selon la tranche d'âge et les occupations

	Effectif (n=62)	Pourcentage (%)
Tranche d'âge		
< 20ans	2	3,2
[20-30ans[	1	1,6
[30-40ans[	2	3,2
[40-50ans[	4	6,4
[50-60ans[	14	22,5
[60-70ans[	25	40,3
> 70ans	14	22,5
Profession		
Cultivateurs	24	38,7
Revendeurs	24	38,7
Fonctionnaires	8	12,9
Profession libérale	5	8,1
Ecolier	1	1,6

Tableau II : Caractéristiques cliniques des patients

	Effectif	Pourcentage
Circonstances de découverte		
Douleur	62	100,0
Altération de l'état général	43	69,4
Fracture spontanée	4	6,5
Siège de la douleur		
Rachis	58	93,5
Sternum, cotes, bassin	16	30,8
Membres	6	9,8
Examen physique		
Syndrome osseux	28	45,2
Syndrome tumoral	20	32,2
Compression médullaire	9	14,5

Trois patients (4,8%) ont signalé un antécédent de cancer familial ; dont deux cas de cancers du sein ; et un cas de cancer de la prostate chez les ascendants immédiats. Il existait un antécédent personnel de prostatectomie totale chez quatre patients (6,5%) et de mastectomie avec curage ganglionnaire chez une patiente (1,6%). L'examen rhumatologique a révélé un syndrome osseux chez 28 patients (45,2%) dont quatre (6,5%) cas de fracture pathologique suite à un traumatisme de faible énergie. Les atteintes rachidiennes étaient compliquées de compression médullaire chez neuf patients (14,5%) tandis que 35 patients (56,5%) avaient présenté des troubles de la marche sans souffrance neurologique majeure. L'examen systématique des autres appareils a permis de noter un syndrome tumoral viscéral caractérisé par : une hépatomégalie à surface hétérogène chez cinq patients (8,1%) ; une hypertrophie prostatique d'allure maligne chez 10 patients (16,2%) ; des nodules du sein chez trois patients (4,8%) et un nodule de la thyroïde chez deux patients (3,2%).

La radiographie standard a été réalisée par tous les patients et une tomодensitométrie (TDM) par 14 patients (22,6%). Les principales lésions observées à la radiographie standard étaient la lyse osseuse chez 31 patients (50%) et les tassements vertébraux chez 28 patients (45,1%) (Figure 1 et 2). Le TEP-Scan et la scintigraphie osseuse étant indisponibles au pays, ils n'ont pas pu être réalisés.

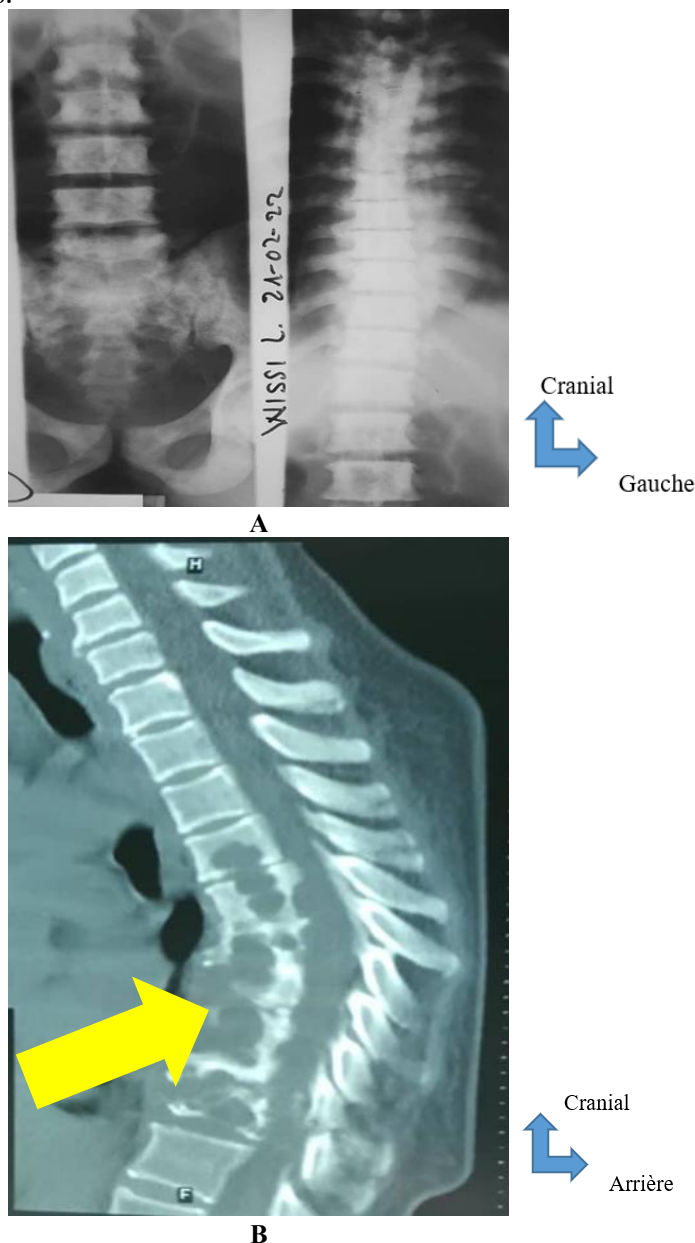


Figure 1 : A = Image radiographique de lésions ostéocondensantes diffuses au rachis lombaire et au rachis dorsal (incidence de face). B = Image scannographique de multiples lésions lytiques des vertèbres dorsales avec tassement de D12.

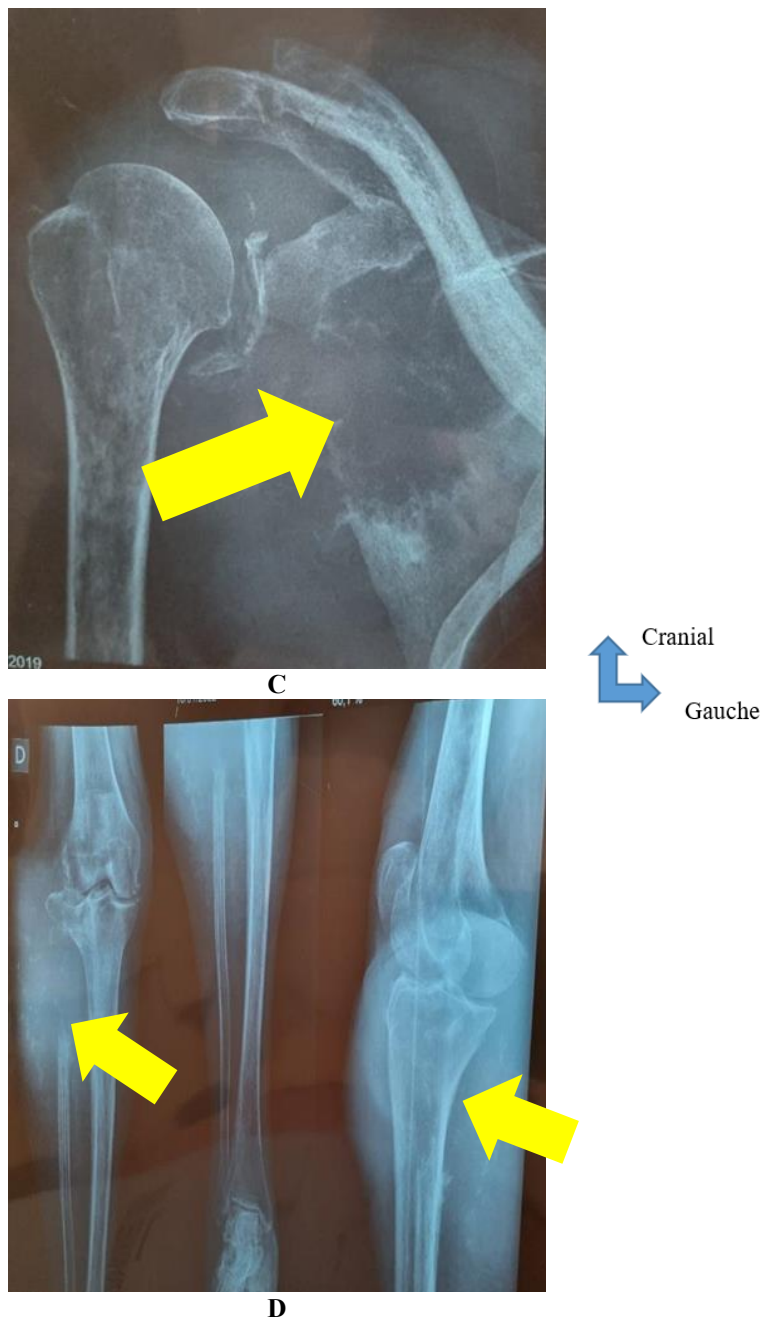


Figure 2 : C= Image radiographique d'une lyse de la scapula et de l'extrémité supérieure de l'humérus droit ; D= Image radiologique d'une lyse de l'extrémité supérieure de la fibula droite avec envahissement des parties molles

Les lésions étaient multifocales chez 55 patients (88,7%) avec une prédominance de l'atteinte rachidienne (Tableau III).

Tableau III : Caractéristiques radiographiques des lésions observées

	Effectif	Pourcentage
Type de lésions		
Lyse osseuse	31	50,0
Tassement vertébral	28	45,1
Déminéralisation osseuse diffuse	16	25,8
Ostéocondensation	10	16,1
Image mixte	3	4,8
Siège des lésions		
Rachis	55	88,7
Sternum, cotes, bassin	18	29,1
Membres supérieurs	6	9,8
Membres inférieurs	4	6,4

Les patients présentant un syndrome tumoral viscéral ont tous (20 ; 32,2%) réalisé une échographie centrée sur l'atteinte organique concerné. Il s'agissait d'une échographie prostatique, thyroïdienne et abdomino-pelvienne dont les résultats étaient en faveur d'un probable processus malin évolutif.

Tous les patients présentaient un syndrome inflammatoire biologique non spécifique. Les examens biologiques spécifiques à visée diagnostique comportaient essentiellement :

- le dosage des marqueurs tumoraux notamment l'antigène spécifique de la prostate chez neuf patients (23%) ; le taux moyen de PSA était de $11402,85 \pm 6376,3$ [30,65 et 14300] ng/ml (normal < 4ng/ml) ;
- l'électrophorèse des protides sériques qui a révélé un pic monoclonal chez quatre patients (6,4%) et une hypogammaglobulinémie chez trois patients (4,8%).

Aucun patient n'a bénéficié d'une biopsie osseuse. Les anomalies à l'électrophorèse de protides sériques ont conduit à réaliser un myélogramme qui a révélé une plasmocytose médullaire compatible avec une maladie de Kahler chez sept patients (11,2%). Pour les organes suspects de malignité à la clinique et à l'échographie, seule la prostate a fait l'objet d'une biopsie chez six patients (15,3%). L'examen anatomo-pathologique était en faveur d'un adénocarcinome de la prostate confirmant l'origine prostatique de la tumeur osseuse. En dehors des six cas confirmés, 22 autres cas (35,4%) probable de métastases osseuses ont été fortement suspectés sur la base des antécédents des patients, des données cliniques et de certains aspects morphologiques spécifiques. Il s'agissait de métastases d'origine thyroïdienne chez 2 patients (3,2%), d'origine hépatique chez 6 patients (9,6%), d'origine gynécologique (sein et col de l'utérus) chez 6 patients (9,6%) et d'origine prostatique chez 8 patients (12,9%). Les principales étiologies de l'hépatocarcinome étaient l'éthylisme chronique chez 4 patients (66,6%) et l'hépatite virale B chez 2 patients (33,3%). Près de la moitié des tumeurs osseuses malignes étaient d'étiologie non déterminée chez 26 patients (41,9%). Les caractéristiques des

différentes TOM observées dans le service de rhumatologie du CHU-Kara sont détaillées dans le tableau IV.

Tableau IV : caractéristiques épidémiologiques des différentes tumeurs osseuses malignes

	Effectif (%) ¹	sex-ratio (F/H) ²	Age moyen (ans)
Tumeurs osseuses malignes primitives	4(100)	4/4	57,4 ± 5,6
Myélome multiple des os	7(87,5)	4/3	61,1 ± 8,6
Ostéosarcome	1(12,5)	0/1	15
Métastases osseuses	23(100)	5/18	73,2 ± 10,6
Cancer prostate	14(50,0)	0/14	67,4 ± 8,8
Hépatocarcinome	6(21,4)	2/4	57,2 ± 8,5
Cancer sein	3(10,7)	3/0	53,3 ± 11,5
Cancer du col de l'utérus	3(10,7)	3/0	80,0 ± 13,6
Cancer de la thyroïde	2(3,6)	2/0	70,0 ± 7,41

¹ : pourcentage

² : Femmes/Hommes

Au plan thérapeutique, tous les patients ont bénéficié d'un traitement palliatif médical comportant les antalgiques, les AINS, les corticoïdes. La corticothérapie était à visée décompressive pour les cas de compression médullaire mais aussi dans le cadre de la chimiothérapie pour les patients souffrant de myélome. Quatre (6,4%) patients ont bénéficié d'une transfusion sanguine. La prise en charge orthopédique a consisté en la confection de corset chez 14 patients (22,6%), de bottes anti-rotatoires chez 3 patients (4,8%) et des séances de rééducation fonctionnelle chez 10 patients (16,1%). Les patients souffrant du myélome multiple des os ont bénéficié d'une chimiothérapie (7 ; 100%) selon le protocole d'Alexanian tandis qu'un traitement hormonal était administré chez ceux atteints de métastase osseuse respectivement chez 11 patients atteints d'un cancer de la prostate (78,6%) et chez deux patients atteints du cancer du sein (66,7%). Aucun patient n'a bénéficié du traitement chirurgical. Le traitement a permis une amélioration de l'état clinique chez 30 patients (48,4%). Onze patients (17,7%) étaient décédés au cours de l'hospitalisation et 21 patients (34%) étaient perdus de vue.

Discussion

Les tumeurs osseuses représentaient près de 1,5% de l'ensemble des affections rhumatologiques durant la période d'étude ; avec une forte prédominance des métastases osseuses dans les mêmes proportions qu'à Lomé (Kakpovi et al., 2016). La faible fréquence des TOMP confirme la rareté de cette forme de tumeur osseuse ; tel que relevé par plusieurs autres auteurs (Mohamed et al., 2010 ; Rüdiger et al., 2013 ; Fletcher et al., 2002 ; Omololu et al., 2002) ; bien qu'elle soit probablement sous-estimée dans notre étude au vu des chiffres élevés des cas de tumeurs osseuses de nature indéterminée. A

l'image des études béninoise et ivoirienne (Zomalhèto et al., 2015 ; Gbané et al., 2020), les patients souffrant de TOMP étaient relativement plus jeunes que ceux présentant des métastases osseuses à l'exception du myélome. Cette similitude laisse supposer que les cancers primitifs de l'os sont l'apanage du sujet jeune alors que les métastases osseuses des tumeurs solides sont l'apanage du sujet plus âgé. La douleur reste le mode de révélation le plus courant des tumeurs osseuses malignes avec un début le plus souvent insidieux. La prédominance de l'atteinte rachidienne a été constatée dans plusieurs autres études (Kakpovi et al., 2016 ; Zomalhèto et al., 2015 ; Gbané et al., 2020). En effet, les vertèbres sont constituées essentiellement d'os spongieux, très vascularisé favorisant aisément la diffusion des cellules malignes. L'importance des complications neurologiques observées relève de cette atteinte rachidienne couplée au long délai d'évolution et au retard de consultation chez des patients, qui pour la plupart ont un bas niveau socio-économique donc sans aucune couverture sanitaire pour faire aisément des contrôles de santé.

La radiographie standard a été le principal examen réalisé chez la majorité des patients ; le scanner n'étant accessible financièrement qu'à une certaine classe de la population. L'IRM est loin d'être de réalisation courante. En effet, en plus du coût élevé de l'IRM, il n'existe aucun appareil d'IRM à l'intérieur du Togo excepté les hôpitaux privés qui sont exclusivement dans la capitale du Togo. Le TEP-Scan et la scintigraphie osseuse étant indisponibles au pays, ils n'ont pas pu être réalisés.

Les aspects radiographiques des cancers osseux, dépendent de la nature histologique de la tumeur. Dans la majorité de cas il s'agit des lésions de types ostéolytiques, parfois mixte mais particulièrement ostéocondensantes dans les métastases osseuses d'origine prostatique (Kakpovi et al., 2016 ; Gbané et al., 2020 ; Liu et al., 2010), puisque les cellules cancéreuses prostatiques ont un fort tropisme pour les ostéoblastes.

La biopsie osseuse couplée à l'examen anatomopathologique demeure la clé du diagnostic étiologique (Darré et al., 2017). Elle a un double intérêt : confirmer la malignité de la lésion et identifier le type de cancer. Dans notre étude, en dehors du myélogramme, aucune lésion osseuse n'a fait objet de prélèvement expliquant probablement le fort taux de métastases osseuses de nature indéterminée (41,9%). Cette situation rend compte de l'insuffisance voire de l'inexistence du plateau technique indispensable à la réalisation de cet examen dans la partie septentrionale du pays contrairement à Lomé (Darré et al., 2017). Il est de ce fait admis que dans notre contexte où le plateau technique peut s'avérer insuffisant, l'analyse rigoureuse des clichés standards corrélée aux antécédents et à l'examen physique permet le plus souvent d'évoquer l'étiologie d'une métastase osseuse (Zomalhèto et al., 2015 ; Katchy et al., 2005). La fréquence croissante du cancer de la prostate fait de

lui le premier responsable des métastases osseuses en Afrique (Gbané et al., 2020 ; Zomalhèto et al., 2015). L'hépatocarcinome dont le caractère ostéophile est peu décrit constitue souvent la complication évolutive dans notre contexte des hépatites virales B et C (Mazzanti et al., 2008). Il constituait la deuxième cause de métastases osseuses dans notre étude ; suivi du cancer du sein.

Le traitement des TOM relève d'une prise en charge pluridisciplinaire. Dans cette étude, le traitement était essentiellement palliatif chez la majorité de nos patients (64,5%). Aucun patient n'avait bénéficié de la polychimiothérapie, ni de la radiothérapie, ni de la greffe de moelle osseuse compte tenu de la non accessibilité de certaines molécules, et du faible niveau économique de nos populations. Le choix du protocole d'Alexanian (Mélphalan et Prédnisone) pour le traitement du myélome multiple des os est lié à l'insuffisance financière des patients qui n'étaient pas en mesure d'honorer les nouvelles molécules recommandées pour la prise en charge de cette maladie comme ce fut le cas chez certains auteurs (Kakpovi et al., 2014 ; Fall et al., 2017). Bien que le pronostic des tumeurs osseuses malignes soit réservé, le faible niveau socio-économique de nos patients pourrait expliquer les difficultés pour honorer les soins et les rendez-vous pour le suivi, réduisant ainsi les chances de survie ; comme en témoignent les cas de décès enregistrés et les perdus de vue constatés.

Conclusion

Le profil des tumeurs osseuses malignes en Afrique en général et au Togo en particulier bien que peu connue reste classique. Les cancers primitifs de l'os sont rares. Dans notre contexte de plateau technique insuffisant, l'analyse rigoureuse des clichés standards corrélée aux antécédents et à l'examen physique permet le plus souvent d'évoquer le diagnostic. La prise en charge et le suivi des patients demeurent un défi à relever.

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 relative aux participants humains : En l'absence d'un comité d'éthique, cette étude a été approuvée par la direction du Centre Hospitalier et Universitaire de Kara (CHU-Kara) qui a autorisé l'accès aux dossiers dans le respect de l'anonymat et des principes de la déclaration d'Helsinki.

References:

1. Ferly J, Ervik M, Lam F, Colombet M, Mery L, Pineros M et al (2020). Observatoire mondial du cancer « Cancer Today ». Lyon : Centre international de recherche sur le cancer, (Available on <http://gco.iarc.fr/today>).
2. Mohamed A, Sani MA, Hezekiah IA, Enoch AA (2010). Primary bone tumors and tumor like lesions in children in Zaria, Nigeria. *Afr J Paediatr surg* ; 7 : 16-18.
3. Marec-Bérard P, Delafosse C, Foussat C (2005). Douleurs et tumeurs osseuses malignes de l'enfant et de l'adolescent. *Rev Rhum* ; 12(2) : 191-198.
4. Fletcher CDM, Unni KK, Mertens F (2002). Pathology end Genetics of Tumours of Soft tissue and Bone IARC. Press,Lyon ; 236-274.
5. Debais F. Données épidémiologiques et cliniques des métastases osseuses (2015). *Oncologie* ; 17 : 63-68.
6. Lebre T, Méjean A. Physiopathologie, diagnostic et prise en charge des métastases osseuses du cancer de prostate (2008). *Progrès en Urologie* ; 7 : 349–356.
7. Coleman RE. Clinical features of metastatic bone disease and risk of morbidity (2006). *Clin Cancer Res* ; 12 : 6243s–6349s.
8. Szuhai K, Cleton-Jansen A, Hogerdoorn P, Bovée J (2012). Molecular pathology and its diagnostic use in bone tumors. *Cancer Genet* ; 205 (5):193–204.
9. Nkegoum B, Mbakop A, Ngassa BB, Abondo A (2002). Les cancers primitifs des os au Cameroun : aspect anatomo-clinique. *Med Afr Noire* ; 49 : 354–8.
10. Peko JF, Gombe-Mbalawa C (2003). Aspects épidémiologique et anatomopathologique des cancers primitifs des os à Brazzaville. *Mali Médical* ; 18 : 43–4.
11. Kakpovi K, Oniankitan O, Kpoti M, Houzou P, Koffi-Tessio VES, Tagbor C.K (2016). Profil des tumeurs osseuses malignes en consultation rhumatologiques à lomé (Togo). *Tunis Med* ; 94 : (8/9). 546-50.
12. Walla A, James E Y, Amakoutou K, Abalo A, Dossim AM, Gnandi-Pio F et al (2015). Les Tumeurs osseuses primitives Des Membres au CHU Tokoin de Lomé. *Eur Sci J* ; 11 (27) : 149-157.
13. Kakpovi K, Oniankitan O, Houzou P, Koffi-Tessio VES, Tagbor KC, Fianyo E et al (2014). Profil du Myélome Multiple des os en consultation rhumatologique à Lomé (Togo). *Rev Mar Rhum* ; 27 : 48-53.

14. Fianyo E, Oniankitan O, Kolani B, Kuéviakué M, Ségbéna A, Mijiyawa M (2005). Tumeurs malignes osseuses en consultation rhumatologique à Lomé. *Rev Rhum* ; 72 : 1120
15. Omololu A.B, Ogunbivi J.O, Ogunlade SO, Alonge T.O, Adebisi A, Akang E.E (2002). Primary malignant bone tumors in tropical African University teaching hospital. *West Afr J Med* ; 21 : 291-3.
16. Zomalhèto Z, Biaoou O, Yekpe P, Gnankadja S N E, Avimadjè M (2015). Profil des tumeurs osseuses malignes primitives de l'adulte à Cotonou (Bénin). *J. Afr. Cancer* ; 7 : 100-103.
17. Gbané M, Soglo J.C, Diomandé M, Kengni G.L, Ouattara B, Kouassi J.M.D et al (2020). Etiologies of Bone Metastases at the Rheumatology Department (UTH) of Abidjan. *Open J Rheumatol and Autoimmune Dis* ; 10, 1-7.
18. Liu NN, Shen DL, Chen XQ, He YL (2010). Clinical analysis of 355 patients with bone metastasis of malignant tumors. *Zhonghua Zhong Liu Za Zhi* ; 32(3) :203-7.
19. Darré T, Kpatcha T M, Bagny A, Maney N, Gnandi-Pio F, Tchanganai B et al (2017). Descriptive épidémiology of cancers in Togo from 2009 to 2016. *Asian Pac J Cancer Rev* ; 18 : 3407-3411.
20. Zomalhèto Z, Yekpe-Ahouansou P, Gnankadja N, Biaoou O (2015). Profil biologique des patients atteints de métastases osseuses au Centre National Hospitalo-Universitaire Hubert Koutoukou Maga de Cotonou. *Journal de la Société de Biologie Clinique du Bénin* ; 22 ; 33-36.
21. Katchy K C, Ziad F, Alexander S, Gad H, Abdel Mota'a M (2005). Malignant bone tumors in Kuwait: A 10-year clinicopathological study. *International Orthopaedics (SICOT)* ; 29 : 406–411.
22. Mazzanti R, Gramantieri L, and Bolondi L (2008). Hepatocellular Carcinoma: Epidemiology and Clinical Aspects. *Molecular Aspects of Medicine* ; 29, 130-143.
23. Fall S, Dieng F, Diouf C, Djiba B, Ndao AC, Ndiaye FSD. Fall S, Dieng F, Diouf C, Djiba B, Cheikh Ndao A, Diego Ndiay S.D (2017). Profil diagnostique et évolutif du myélome multiple au Sénégal : étude monocentrique de 2005 à 2016. *Pan Afr Med J* ; 27 : 1-9.

Exploring Irrigable Dams Schemes and Water Quality for Vegetable Cultivation in Wa West District, Upper West Region-Ghana

Clifford James Fagariba
John Bosco Baguri Sumani

Department of Environment and Resource Studies,
Faculty of Integrated Development Studies, University of Business and
Integrated Development Studies, Ghana

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p87](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p87)

Submitted: 27 July 2024
Accepted: 25 January 2026
Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Fagariba, C.J. & Sumani, J.B.B. (2026). *Exploring Irrigable Dams Schemes and Water Quality for Vegetable Cultivation in Wa West District, Upper West Region-Ghana*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 87. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p87>

Abstract

Water is vital for existence and is universally acknowledged as the paramount natural resource. Water consumption is essential for individuals and various activities in both the formal and informal sectors. This study sought to assess irrigable dam schemes and water quality for vegetable cultivation in the Wa West District, Upper West Region of Ghana. Simple random sampling was employed to select 296 vegetable farmers in the study area. Additionally, a key expert interview was employed to extract information from 50 prominent experts across various government agencies and stakeholders. The research utilized a weighted average index (WAI) to evaluate the viewpoints of the key informants. The study additionally utilized spectrophotometric analysis to examine the water resources of irrigable dams within the research area. The evaluated physico-chemical parameters of water quality revealed that nitrogen, fluoride, potassium, and phosphorus concentrations in the dams surpassed the WHO water quality standards. The study findings revealed that nearly 96% of respondents in the study area obtained their livelihoods directly or indirectly from the dam's water resources. The study concluded that augmenting the capabilities of farmers and households in strategies to mitigate dam pollution would substantially

enhance dam protection. It is advisable to effectively disseminate extension programs to furnish pertinent information on irrigable dam systems, thereby improving farmers' adoption of irrigation technology. Authorities must consistently enforce and advocate for the proper utilization of fertilizers on irrigable farms. This pattern will alleviate the potential adverse impacts of nitrogen, phosphate, potassium, and other contaminants on water, resulting in a deterioration of water and agricultural quality. Collaborative partnerships among essential stakeholders, including community members, will enhance the efficiency and conservation of water resources in the Wa West District and adjacent regions.

Keywords: Vegetables, irrigation, water resources, dam, farmers, chemicals

Introduction

Water is vital for all known life forms. It functions as a solvent, a catalyst in chemical reactions, and a thermo-regulator within organisms. Water performs several essential functions, including nutrient transportation, waste elimination, and the facilitation of cellular processes such as photosynthesis and osmosis (UNEP, 2017; WHO, 2017). The establishment of dams, wells, canals, and other infrastructure guarantees water accessibility for domestic and livestock use, in addition to facilitating irrigated agriculture. The swift increase in the global population generates a continuous demand for water to support agricultural output. The present growth rate is roughly 1.13%, equating to 80 million individuals per year (FAO, 2015). UNEP (2017) projects that the global population will attain 9.6 billion by 2050, indicating a 34% increase from present numbers. The increasing demand for water in vegetable crop cultivation from dams, rivers, streams, and wetlands raises concerns regarding the sustainability of finite natural water resources to satisfy future requirements (Ampadu et al., 2015; Gbedemah, 2017; Bradford et al., 2018). These trends may result in water scarcity in the forthcoming years. Furthermore, global climate change substantially affects agricultural production, imposing significant limitations (FAO, 2014; IPCC, 2014; WFP, 2016; Hansen et al., 2018). In 2017, the World Health Organization (WHO) indicated that nitrate from agricultural sources is the predominant chemical contaminant in global groundwater aquifers. Notwithstanding the significant rise in water pollution attributable to agricultural practices, agriculture remains the primary employer in numerous regions and is essential to the Gross Domestic Product (GDP) of countries, especially in Africa (Alfred et al., 2014; Boadi et al., 2015; Oteng-Ababio, 2017).

Research demonstrates that climate change poses a dual threat to agricultural water resources by reducing water availability and concurrently increasing demand (Christoplos et al., 2012; Boadi et al., 2015; Tey and

Akomeah, 2019; UNFCCC, 2020). Ensuring an adequate water supply for agricultural use is essential, especially in light of the rising demand for water across multiple sectors, including residential and industrial applications. This necessity is critical to meet the changing food requirements arising from population expansion (Sharma et al., 2016; Sankla et al., 2016). Diverse water-conserving irrigation techniques are utilized to address this problem (IFAD, 2011; FAO, 2014; Alfaro et al., 2018; Zhou et al., 2021). The 2020 report by the Ghana Statistical Service (GSS, 2020) indicates that vegetable production constitutes a substantial income source for roughly 30% of households involved in crop production in Ghana. Furthermore, it constitutes approximately 32% of the overall agricultural sales produced by these households. Consequently, it is prudent to refrain from cultivating vegetable crops in proximity to dams. The availability of irrigation promotes economic growth and secures a dependable food supply, especially in water-deficient regions of the country, including the Northern, Upper East, and Upper West areas (Ampadu et al., 2015). Irrigation infrastructure is essential in water-scarce areas, particularly in Upper West, owing to erratic rainfall patterns and a rising demand for agricultural water (Alfred et al., 2014). Disadvantaged communities predominantly participate in subsistence agriculture in these areas.

The irrigation projects in the Wa West District were implemented to supply water for agricultural and fishing endeavors, with the objective of augmenting food production and generating employment opportunities for the local populace. The communities in the West District continue to confront substantial challenges associated with food insecurity and unemployment, exacerbating the factors that drive out-migration. The government and various stakeholders have enacted measures to enhance food security through initiatives such as dry season gardening. Dams have beneficially influenced vegetable cultivation in local communities. The application of chemicals, including inorganic fertilizers, pesticides, and herbicides at the dam sites, has led to the contamination of these water bodies.

This study seeks to examine the effects of vegetable cultivation methods on the water resources of irrigable reservoirs. The assessment will evaluate the water quality of dams appropriate for irrigation and recommend strategies to optimize the safe utilization of dam water resources for irrigation and other livelihood activities.

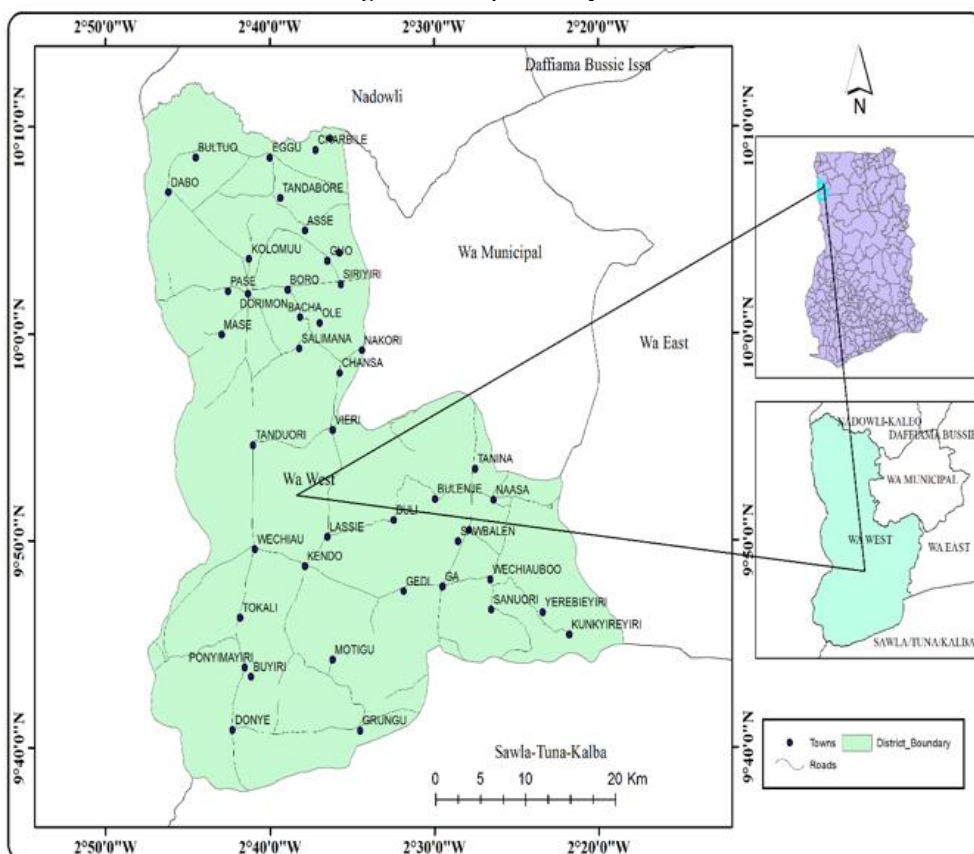
Materials and Methods

Study Area

The Wa West District was carved out of the Wa Municipality and made an autonomous district by L.I 1746. The District is located in the western part of the Upper West Region, approximately between longitudes 9° 40' N and

10° 10' N and also between latitudes 2° 20' W and 2° 50' W. The administrative capital is Wechiau. The District Shares Boundaries with Sawla-Tuna-Karlba District to the south, the Wa Municipal to the east Nadowli Kaleo District to the north and to the west with the Ivory Coast. The population of the District, according to 2020 population and housing census, stands at 81,348 with 40,227 males and 41,121 females.

Figure 1: Map of Study Area



Source: Authors construct

Sample Size determination

According to the District Agriculture Development Unit's (DADU) 2022 farmers updated census data, 39,134 people between the ages of 15 and 65 were farmers, with men making up the bulk of these farmers. Only 296 respondents out of the 396 sample size obtained participated in the survey. Ten (Wechau, Lassie, Gedi, GA, Tanina, Motigu, Donye, Naasa, Buyiri and Tokali) communities, which mostly use Dams for irrigation activities were chosen with the assistance of Agriculture Extension Agents (AEAs).

With the aid of the sample size determination formula, the sample size of the respondents was determined as follows:

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

n=sample size, N= sample population, e= margin of error =0.05

N= 39134

$$n = \frac{39134}{1 + 39134(0.05^2)}$$

n=396

In addition to the survey, a total of 50 key experts were interviewed regarding irrigable dam schemes and water quality for vegetable cultivation, comprising 5 representatives from the Environmental Protection Agency (EPA), 5 from the Ghana Irrigation Development Authority (GIDA), 5 from the District Agriculture Development Unit, 30 from Farmer-Based Organizations (FBO), and 5 municipal assembly officers. The objective of the key expert interview was to gather diverse perspectives on issues pertaining to vegetable production and dam water contamination. The data was collected over a four-month period, from February to June 2024. The figure below presents semi-structured questions and the interview guide for key experts.

1. Demographic characteristics of respondents

- i. What is your age? a. less than 25 years old, b. 25 to 36 years old, 37 to 45 years old, 46* years old.
- ii. What is your gender? a. Male, b. Female
- iii. What is your marital status? a Single, b. Married, c. Divorced, d. Widowed
- iv. What is your level of education? a. No formal education, b. Basic or primary sch, b. Junior High Sch, c. SHS/VOC/TECH, d. Tertiary education.

2. What is the form of land ownership in your community?

- a. lease, b. Purchase, c. family land, d. friend, other

3. What are the types of vegetables grown at the dam site?

- a. Okro b. Garden egg. c. Pepper, d. Tomatoes. e. Other.

4. What are the types of fertilizer used?

- a.Organic fertilizer. b. Inorganic fertilizer.

Key Expert Interview Guide

1. In your own opinion, rank the following perceived causes of dam water contamination

Variables	strongly agree	agree	do not agree	Not sure
Use of Farm inputs (fertilizers, weedicides, pesticides)				
Fishing				
Erosion and runoffs				
Livestocks				
Climate change				

2. Rank the following perceived strategies to address dam water contamination?

Variables	strongly agree	agree	do not agree	Not sure
Capacity building and education				
Law enforcement				
Stakeholders engagement				
Protection of dam site				
Livestock receptacles and canals				

Analyses of Data

The statistical package for social sciences (SPSS) version 23 was used to evaluate the field survey data and presented in tables and figures to clearly illustrate the responses of the respondents.

Weighted Average Index:

A total of 50 key experts (comprising 5 from the Environmental Protection Agency (EPA), 5 from the Ghana Irrigation Development Authority (GIDA), 5 from the District Agriculture Development Unit, 30 from FBOs, and 5 from Municipal Assembly officers) were interviewed regarding irrigable dam schemes and water quality for vegetable cultivation, and their responses were analyzed using the Weighted Average Index (WAI). The Weighted Average Index (WAI) is employed in research to assess participants' perceptions or opinions concerning a single 'latent' variable (phenomenon of interest). Therefore, employing WAI to analyze irrigable dam schemes and water quality for vegetable cultivation variables such as crop yield, water bodies, soil fertility, and livelihood impact was considered to be effective. The WAI for the respondents' variables was calculated using the following formula:

$$WAI = \frac{F0W0 + F2W2 + F3W3 + F4W4}{F0 + F1 + F3 + F4}$$

$WAI = \frac{\sum FiWi}{\sum Fi}$ where W = the weight of each assessed variable on the scale, Fv = frequency of variables, i = response on the scale (e.g., i = 0-not sure, 1-do not agree, 2-agree, 3-strongly agree)

The physico-chemical analyses of sampled dam water

The spectrophotometric analysis method was used to evaluate the physicochemical properties of water. Heavy metals, turbidity, and dissolved oxygen levels in the selected irrigation dams were measured using spectrophotometers. This method was chosen for water quality analyses because it can quickly and precisely detect the presence and concentration of different substances and elements in water.

Results and Discussion

Socio-demographic characteristics of respondents

The findings on the socio-demographic characteristics of the research respondents are shown in Table 1. They are analysed according to their age, gender, marital status, educational level, and primary employment.

Table 1: Socio-demographic characteristics of respondents

Socio-demographic characteristics	Response categories	Frequency	Percent
Age	Less than 25 years old	76	25.7
	25 to 36 years old	73	24.7
	37 to 45 years old	74	25.0
	46/+ years old	73	24.7
Gender/Sex	Male	102	34.5
	Female	194	65.5
Marital status	Single	27	9.1
	Married	244	82.4
	Divorced	8	2.7
	Widowed	17	5.7
Level of education	None	165	55.7
	Basic/Primary	59	19.9
	J.H.S	49	16.6
	S.H.S/TECH/VOC	18	6.1
	Tertiary	5	1.7

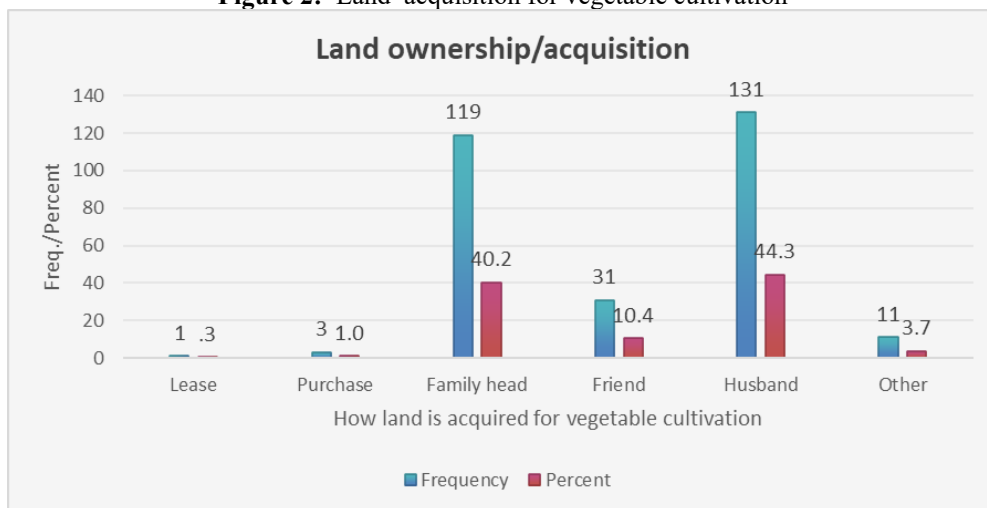
Source: Study survey, 2022; N = 296

Table 1 indicates that 25.7% of vegetable farmers were aged 18 to 25, whereas 25% were in the 37 to 45 age range. A smaller percentage, 24.7%, was found in the 46–55 age group, which shows how diverse the farming community is. This distribution highlights the need for targeted support programs that cater to the specific age groups engaged in vegetable farming. By addressing the unique challenges and opportunities faced by these age groups, stakeholders can foster a more sustainable and productive agricultural environment. Additionally, understanding these demographics can help in

creating educational resources and financial assistance tailored to their needs. The survey indicated that a greater percentage of women (65.5%) participated compared to men (34.5%) in terms of gender. The findings indicate that women in the study area exhibited a greater level of engagement in vegetable cultivation than men. Interactions with indigenous communities about women's substantial role in vegetable production indicated that the involvement of NGOs in the district, which offer support and promote gender empowerment, is a critical factor influencing the elevated percentage of women engaged in this sector. The research indicated that the convenience and robust market demand for vegetables throughout the year act as motivators for women to engage in vegetable production. The survey results reveal that a significant majority (82.4%) of participants were married, whereas a lesser percentage were single (9.1%), divorced (2.7%), or widowed (5.7%). A majority of respondents (55.7%) had not attained any formal education. A small proportion of individuals had completed basic/primary education (19.9%), junior high school (16.6%), senior high school/vocational/technical education (6.1%), or higher education (1.7%). This implies that fewer people with higher levels of education work as vegetable growers in the research region than those with lower levels of education. The low level of education in the study area could affect the adoption of complex technology to boost agriculture. This lack of formal education among vegetable growers in the research region could potentially hinder their ability to adopt and implement more advanced agricultural technologies that could greatly improve their crop yield and overall efficiency. Without a solid educational foundation, these individuals may struggle to keep up with the latest innovations and best practices in the field of agriculture, putting them at a disadvantage compared to their more educated counterparts. It is crucial for government and non-governmental organizations to provide support and resources to help these growers improve their education and technical skills to enhance their productivity and success in the industry.

Land Ownership/ Acquisition

Figure 2: Land acquisition for vegetable cultivation

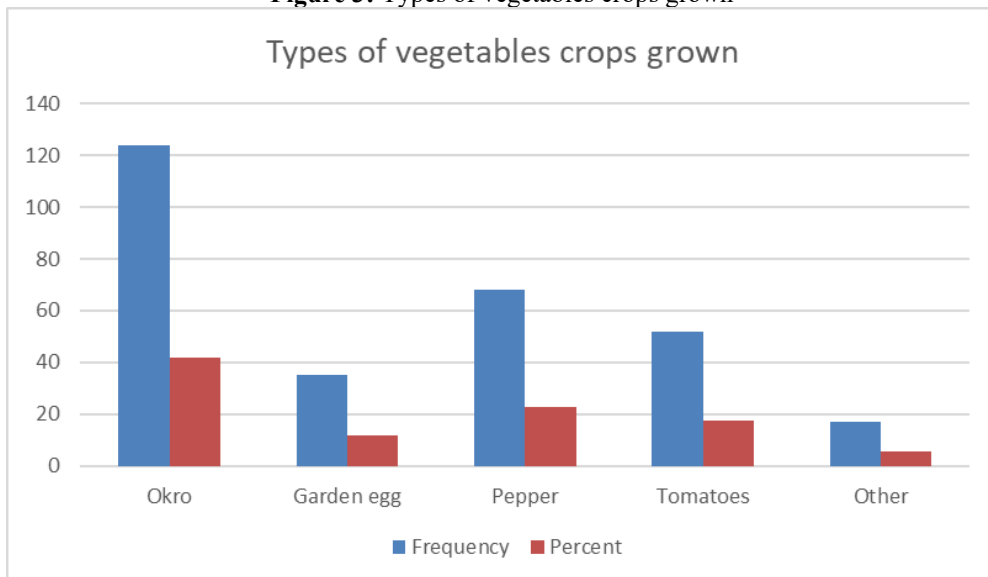


Source: This study survey, 2024

According to Figure 2, a significant proportion of respondents who grew vegetables did so on land owned by the family head (40.2%) or spouse (44.3%). In contrast, fewer respondents acquired land through friends (10.4%), purchases (1%), leases (0.3%), or other means (3.7%). This indicates that a limited number of individuals opt to purchase or lease land for their vegetable gardening activities, demonstrating a tendency to utilize their own properties. This could indicate a sense of independence and personal investment in their gardening activities. Overall, these findings show a trend of self-reliance and a commitment to sustainability among vegetable gardeners. The findings show that, despite the presence of many female vegetable producers in the study area, their primary mode of land acquisition was through allocation from their husbands or other male family members, rather than self-acquisition. Personal observations indicate that cultural precedent reflects a patriarchal system, with males having greater ownership rights than females. Numerous vegetable cultivators, who own land primarily for short-term crop production, use fertilizers and pesticides to increase yield. This contributes to irrigable dam contamination from dissolved nitrates and phosphorus that remain undissolved after application and use. The environmental consequences of these practices endanger not only local ecosystems but also the health of communities that rely on these water sources. As the contamination cycle continues, there is a critical need for sustainable agricultural practices that prioritize both food security and sustainable land and water management in the study area.

Types of Vegetable Crops Grown

Figure 3: Types of vegetables crops grown

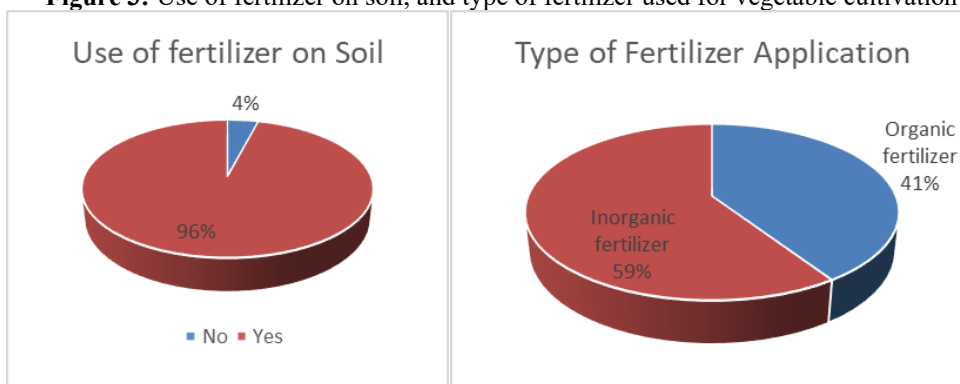


Source: Study survey, 2024

Figure 3 exhibits data on vegetable crops grown by farmers, with okra (98.9%), pepper (77.4%), other crops (67.9%), and tomatoes (63.9%) being the most common. In contrast, only 33.8% of farmers cultivate garden eggs, pumpkin, moringa, Jew's Mallow (ayoyo), cucumber, green pepper, bean leaves, "kontomire" (cocoyam leaves), and onions. The cultivation of these vegetables contaminates bodies of water. The use of pesticides, weedicides, and fertilizers at dam sites for vegetable cultivation increase the concentration of chemicals in dam water resources.

Types of Fertilizer Application

Figure 3: Use of fertilizer on soil, and type of fertilizer used for vegetable cultivation



Source: Study survey, 2022

Figure 3 illustrates that a large majority (96%) of respondents use fertilizer on their vegetable farms, with inorganic fertilizer (59%) outperforming organic fertilizer (41%), to improve soil nutrient levels. Only 4% of respondents said they don't use fertilizer due to their soil's fertility or a lack of financial resources for inorganic manure. The pollution of water bodies, particularly groundwater, caused by excessive chemical use tends to overshadow the important functions performed by these fertilizers (Amoah et al., 2014; Zhou et al., 2021). Excessive fertilizer use can have a negative impact on soil fertility, plant growth, aquatic ecosystems, and human and animal health. Excess runoff from agricultural activities, especially vegetable cultivation, contributes to the formation of aquatic dead zones. Most aquatic organisms suffocate and die as oxygen levels drop in these environments. Crops grown with irrigation from these contaminated water sources contain chemical residues that may pose a health risk to humans. The use of organic fertilizers causes the release of nitrates, potassium, and phosphates, which contribute to water contamination. Groundwater contamination occurs when nitrates from fertilizers leach into the groundwater. A consistent correlation has been found between fertilizer leaching in arid regions and intensive irrigation (Zhou et al. 2021). Fertilizer applications introduce contaminants into ground and surface waters at levels that pose significant risks to human and animal health; additionally, the emission of ammonia from fertilizers contributes to acidification, lowering the quality of water bodies. This acidification has the potential to harm aquatic organisms and disrupt natural systems. To protect human and environmental health, agricultural practices must take into account the effects of fertilizers on water quality.

Perceived Causes of Dam water contamination

Table 2: Perceived Causes of Dam Water Contamination

Variables	strongly agree	agree	do not agree	Not sure	WAI	Rank
Use of Farm inputs (fertilizers, weedicides, pesticides)	30	10	6	4	2.32	1
Fishing	25	15	5	5	2.2	2
Erosion and runoffs	22	17	4	7	2.08	3
Livestocks	20	15	5	10	1.9	4
Climate change	22	8	8	12	1.78	5

Source: Key expert interview discussions (2024)

This study examines the perceived factors contributing to dam contamination, as outlined in Table 2. The study concludes that the primary source of pollution in the dam water is the use of fertilizers and other agricultural chemicals, such as herbicides and pesticides, in vegetable

cultivation at the dam locations. Observation of the vegetable gardens adjacent to the dams indicated the presence of discarded chemical containers surrounding the perimeter of the dam. Interactions with farmers revealed a lack of knowledge regarding proper disposal procedures for chemical containers, leading to the deliberate disposal of empty containers after use. Fishing (2.2) has been recognized as a major contributor to water pollution. The study reveals that the majority of fishermen in the communities employ chemicals, such as DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane), for fishing purposes, leading to increased levels of heavy metals in the dams. The fish species inhabiting the dams are at risk of extinction, and the water quality has deteriorated to a level that renders it unsuitable for human consumption. The study identified erosion and runoff (2.08) as major factors contributing to water pollution in the dams. Dams are built in low-lying regions within communities to enable water accumulation. The high-pressure influx of water into the dams results in the accumulation of foreign substances, thereby increasing the concentration of particulate matter (PPM) within the dam. The brown coloration of the water indicated a significant presence of impurities. The study revealed that livestock (1.9) contribute to water pollution. Livestock reliant on dams for their water supply contribute to the contamination of these water bodies. The presence of a significant cattle population competing with humans for water resources results in the pollution of aquatic environments (Fagariba et al. 2023; UNFCCC, 2020). The water contamination was only marginally ascribed to climate change. The reduction of water levels in water bodies caused by drought is exerting considerable pressure on dams used for livelihood activities, which in turn results in contamination problems.

The physico chemical parameters of water from irrigable dams

The study collected water samples from three dam sites, Siru Dam, Gbache Dam, and Ponyengtanya Dam to evaluate the water quality of irrigable dams utilized for vegetable cultivation. The primary objective was to evaluate the presence of physico-chemical parameters, including pH, residual free chlorine, taste and odor, turbidity, dissolved oxygen, nitrogen, fluoride, potassium, aluminum, sulfate, and phosphorus, which are considered to affect water quality and may potentially influence vegetable cultivation at this stage. Consequently, Table 4 displays the outcomes of a laboratory analysis of a physico-chemical parameter affected by agricultural practices, which impacts water quality and public health in the study region.

Table 3: Water Quality Laboratory test results at three Dam sites in the study area

Physico-Chemical Analysis						
PARAMETER	Test Method	Method Detection Limit/Units	Standard Specification	RESULTS		
				Siru Dam	Gbache Dam	Ponyengtanga Dam
Ph	Electrometric	-	6.5-8.5	6.70	6.60	6.10
Residual free chlorine	Colorimetric	-	0.0	0.30	0.25	0.10
Taste & Odour	TTN/TON	Unobjectionable	<1	Objectionable	Objectionable	Objectionable
Turbidity	Nephelometric	NTU	5.0	38.00	43.00	32.00
DO	Diaphragm electrode	Ppm	-	10.12	9.61	11.27
Nitrogen	Cadmium reduction	0.0-30ppm	50	0.015	0.027	0.005
Fluoride	Spans	0.0-2.00ppm	1.5	1.44	1.10	1.48
Potassium	Palintest (PHOT.30)	0.0-12.0ppm	30.0	4.20	3.40	3.60
Aluminium	Palintest (PHOT.3)	0.0-0.5ppm	0.2	0.05	0.08	0.02
Sulphate	Sulfaver 4	0.0-70ppm	250	4.00	18.00	0.00
Phosphorus	PhosVer 3	0.0-100ppm	N/A	3.56	12.80	2.05

DO- Dissolved Oxygen, NTU- Nephelometric Turbidity Unit. Ppm-particle per matter

Source: Ghana Water Company- Wa branch Laboratory, 2024

Table 3 presents an evaluation of water quality by comparing field laboratory results with the guideline limits set by the World Health Organization (WHO) for each parameter. The pH test results indicated that the pH levels of Siru Dam, Gbache Dam, and Ponyengtanya Dam were 6.70, 6.60, and 6.10, respectively. The values ranged from 6.5 to 8.5, consistent with the water quality standards recommended by the World Health Organization. The results demonstrate that the pH levels in dam water remained within the recommended guidelines set forth by the World Health Organization (WHO) in the analyzed areas, despite the use of pesticides by farmers involved in vegetable cultivation. However, the investigation revealed that the residual free chlorine concentrations in Siru Dam (90.30 mg/l), Gbache Dam (0.25 mg/l), and Ponyengtanya Dam (0.10 mg/l) exceeded the WHO standard of 0.0 mg/l. According to Cobbina et al., 2013, the application of agro inputs for vegetable irrigation leads to elevated levels of chemicals in dam water, which may exceed acceptable thresholds and thereby cause increased bacterial growth and deterioration of water quality. The results from the three sampling sites indicated that the taste and odor were considered unpleasant rather than objectionable, and were rated below 1 in accordance with the guidelines established by FAO and WHO (FAO, 2015; WHO, 2017). Furthermore, the utilization of such dams may pose a potential threat to consumers of crops. The turbidity levels measured at Siru Dam, Gbache Dam, and Ponyengtanya Dam were 38.00 NTU, 43.00 NTU, and 32.00 NTU, respectively, all

exceeding the World Health Organization's recommended limit of 5.0 NTU. This suggests that dams utilized for agricultural purposes elevate the expenses associated with water treatment for human consumption and diminish the availability of food for other aquatic species. A turbidity level below 1 NTU indicates adherence to drinking water quality standards (Sigua et al., 2010; Sharma et al., 2016). The WHO has not issued explicit guidelines regarding water quality standards for Dissolved Oxygen (DO); however, the measured DO concentrations at Siru Dam (10.12 mg/l), Gbache Dam (9.61 mg/l), and Poyengtanya Dam (11.27 mg/l) were significantly high. A suitable level of dissolved oxygen in water should be maintained above 6.5 to 8 mg/l to ensure health. Concentrations surpassing this range may lead to the corrosion of metal pipes employed for irrigation (Kavcar et al. 2009). The nitrogen concentrations in Siru Dam, Gbache, and Poyentanga were recorded at 0.015 mg/l, 0.027 mg/l, and 0.005 mg/l, respectively, in accordance with WHO standards. The results indicate that nitrogen levels at all three locations are below the World Health Organization's advised limit of 50 mg/l. Consequently, the water is considered safe for human consumption and aquatic use. The research results demonstrate the levels of potassium concentration in the examined dams as follows: Siru (4.20 mg/l), Gbache (3.40 mg/l), and Poyentanga (3.60 mg/l). Although vegetables are cultivated in these regions, potassium levels in the irrigable dams have markedly declined, dropping below the WHO guideline standard of 30 mg/l. Consequently, the water obtained from these dams is considered safe for human consumption. Excessive consumption of potassium presents potential health hazards. The study further examined aluminum, in compliance with the WHO standard specification of 0.2 mg/l. The findings from the irrigable dam sites revealed that the Siru concentration measured 0.05 mg/l, Gbache was 0.08 mg/l, and Poyentanga was 0.02 mg/l. Minimal aluminum concentrations in the study region do not pose a risk to human health, even in the context of chemical-intensive vegetable farming practices (FAO, 2015; Srinivasan and Bedi, 2019). Elevated aluminum concentrations exceeding 0.2 mg/l pose adverse effects on human health and various aquatic organisms (Sankhla et al., 2016; WHO, 2017). The study conducted analysis of sulfate concentrations at various dam sites through sample collection. The study results demonstrated that sulphate concentrations consistently remained below the World Health Organization guideline of 250 mg/l. The measurements of Siru (4.00 mg/l), Gbache (18.00 mg/l), and Poyengtanga (0.00 mg/l) indicate that agricultural practices and the use of chemicals and fertilizers in vegetable cultivation do not pose a substantial health risk when employing water from these dams. The investigation revealed that phosphorus concentration levels were markedly higher in Siru Dam (3.56 mg/l), Gbache Dam (12.80 mg/l), and Poyengtanya Dam (2.05 mg/l), despite the lack of specific guidelines from the World Health

Organization (WHO) for water quality monitoring. Consequently, these levels are deemed unsuitable for human ingestion. Fluoride concentrations at all sites remained below the WHO guideline of 1.5 mg/l. Siru Dam recorded a level of 1.44 mg/l, while Ponyengtanya Dam measured 1.48 mg/l, both comparable to Gbache Dam's level of 1.10 mg/l. Fluoride concentrations surpassing 1.5 mg/l in drinking water may pose health hazards. The results indicate that only a limited subset of the physico-chemical parameters evaluated in this study conform to the concentration standards set by the World Health Organization (WHO, 2017). Nevertheless, certain parameters posed health risks to consumers and negatively impacted vegetable production and the agricultural community as a whole.

Perceived strategies to address water contamination

Table 4: Perceived strategies to address dam water contamination

Variables	Strongly agree	agree	do not agree	Not sure	WAI	Rank
Capacity building and education	35	10	8	2	2.6	1
Law enforcement	30	9	6	5	2.06	2
Stakeholders engagement	27	10	9	4	1.96	3
Protection of dam site	25	10	10	5	1.88	4
Livestock receptacles and canals	24	5	5	6	1.74	5

Source : Key experts interview (2024)

The analysis of strategies as indicated in Table 4 aimed at improving dam water quality revealed that capacity building and education (2.6) were identified as the most effective approaches for addressing dam contamination in the district. Enhancing expertise and understanding of agricultural practices will substantially decrease the pollution of water bodies caused by the use of inorganic fertilizers, pesticides, and weedicides. The law enforcement approach was identified as the second most effective strategy (2.06) for mitigating pollution in the dams supplying water to the indigenous communities of Wa West and its surrounding areas. Law enforcement authorities will ensure the enforcement of by-laws established by the District Assembly and the EPA to mitigate water body pollution. Engaging stakeholders (1.96) will enhance the collaborative management of resources within communities, thereby decreasing the risk of water pollution caused by the actions of individuals or groups. The analysis further indicated that safeguarding the dam site (1.88) is the fourth most effective strategy for mitigating water pollution within the district. Implementing measures such as afforestation and the installation of fences along the dam banks will effectively restrict local residents' easy access to the dam water. Trees along the

riverbanks are essential in mitigating erosion and preventing sediment-laden runoff from reaching dams (FAO, 2015; Fagariba et al., 2024). Furthermore, discussions with the FDGs indicated that constructing fences around the dams could serve as a preventative measure to avert contamination of the water bodies by livestock and humans. Based on the focus group discussions, the construction of canals and water receptacles will facilitate farmers' access to water without the need for direct engagement with the dams. Furthermore, the discussions indicated that constructing water receptacles at the dam site will improve access to water for livestock while concurrently restricting their access to the water bodies.

Conclusion

The research indicated that approximately 95% of farmers in the Wa West District depend on existing dams for irrigation to improve their rain-fed agricultural activities. Consequently, the existing water resources are experiencing considerable strain. The investigation demonstrated that farmers' dependence on dams for agricultural activities during the dry season exposes water bodies to chemical contaminants and heightened evaporation. The results demonstrate that water quality assessments show increased concentrations of chemicals, such as nitrogen, potassium, aluminum, and phosphorus fluoride, which significantly impact the overall quality of the water. Furthermore, the utilization of the dam for irrigation and diverse livelihood activities has led to the introduction of dissolved chemicals and particulate matter, adversely impacting the turbidity, color, odor, taste, and dissolved oxygen content of the water. Empirical evidence demonstrates that significant pollution has compromised the capacity of water bodies to sustain aquatic life. Consequently, it was determined that all three dams demonstrated conditions of stagnant water.

The findings indicate that only a small proportion of the physico-chemical parameters evaluated in the study complied with the concentration standards set by the World Health Organization (WHO). This presented a potential threat to consumer health, vegetable cultivation, and the wider agricultural industry. Engagements with the indigenous communities confirmed that elevated potassium levels were the primary factor responsible for symptoms such as abdominal discomfort, diarrhea, chest pain or heart palpitations, muscle weakness, vomiting, and nausea. The community under investigation demonstrated a notable prevalence of dental caries among children, which was associated with elevated nitrogen levels in the surrounding aquatic environments.

The analysis determined that enhancing and fostering collaboration among governmental entities, such as the Ministry of Agriculture, the Environmental Protection Agency (EPA), the District Assembly, and the

Ghana Irrigation Development Authority (GIDA), will facilitate the effective utilization of water resources. Strengthening community capabilities through training in sustainable agricultural practices will be instrumental in minimizing chemical contamination of water bodies and reducing their vulnerability to extreme weather phenomena. To mitigate the impacts of climate change on water availability and quality, it is crucial to protect dam banks through the implementation of tree planting programs. This approach seeks to reduce evaporation and decrease pollution levels related to particulate matter. Training farmers on the proper use of chemicals at the dam site will aid in minimizing water pollution.

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. Alfaro, M. A., Jara, J., and Santibáñez, F. 2018. "Organic fertilization as a key to sustainable agriculture: A review of concepts, advances and practices". *Scientia Agricola*, Vol.75 No.4, pp. 287-303.
2. Alfred, K. B. & Prosper, L. B. 2014. Small-scale dams water quality and the possible health risk to users of the water in the Upper West Region of Ghana. *European Scientific Journal*, ESJ10(14). <https://doi.org/10.19044/esj.2014>.
3. Amoah, P., Drechsel, P., Henseler, M. & Abaidoo, R. C. 2014. Irrigated urban vegetable production in Ghana: microbiological contamination in farms and markets and associated consumer risk groups. *Journal for Water and Health* 5 (3), 455–466.
4. Ampadu, B., Akurugu, B. A., Zango, M. S., Abanyie, S. K. & Ampofo, S. 2015. Assessing the impact of dam on the livelihood of surrounding communities. A case study of Veia Dam in the Upper East Region of Ghana. *Journal of Environmental and Earth Science*
5. Boadi, D., Adiku, S. G. K., and Wiafe, J. P. 2015. "Impacts of climate change on sustainable livelihoods and water resources in the Brong-Ahafo Region of Ghana". *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 7 No. 2, pp. 189-198.
6. Bradford KJ, Dahala P, Van Asbrouck J, Kunusoth K, Bello P, Thompson J, Wu F. 2018 . dry chain:reducing postharvest losses and improving food safety in humid climates.
7. *Trends Food Sci Technol* 71:84–93.

8. Christoplos, I., van der Mensbrugghe, D., Valin, H., and Tchamba, M. N. 2012. "Impacts of climate change on food security in Sub-Saharan Africa". *Global Environmental Change*, Vol. 22 No.2, pp. 359-369.
9. Cobbina, S. , Kotochi, M. , Korese, J. and Akrong, M. 2013. Microbial Contamination in Vegetables at the Farm Gate Due to Irrigation with Wastewater in the Tamale Metropolis of Northern Ghana. *Journal of Environmental Protection*, 4, 676-682. doi: 10.4236/jep.2013.47078
10. G. C. Sigua, R. K. Hubbard, and S. W. Coleman. 2010. Quantifying phosphorus levels in soils, plants, surface water, and shallow groundwater associated with bahiagrass-based pastures. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 17, pp. 210–219.
11. FAO. (2014), "Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources", available at: <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf> (accessed 6th May, 2024).
12. FAO. (2015), "Coping with climate change – the roles of genetic resources for food and agriculture. Rome", available at: <http://www.fao.org/3/a-i3866e.pdf> (accessed 4th May, 2024).
13. Fagariba C.J. Adjuik, R.Y. and Mohammed, A.S 2023. "Climate change impacts on livelihood and water resources in Wa West District, Ghana: mitigation and adaptation strategies", *International Journal of Development and Sustainability*, Vol. 12 No. 9, pp.409-424
14. Fagariba C.J. Kosoe E.A. Adjuik R.Y. 2024. Analyzing the dynamics influencing artisanal and small-scale mining in the Upper Denkyira East Municipality, Ghana. *NRF-Wiley*. Vol 1 Issue 25. DOI: 10.1111/1477-8947.12432
15. Gbedemah, M. 2017. "Climate change and its impact on water resources and sustainable livelihoods in Ghana". *Climate Change and Development in Africa*, Vol. 5 No.3, pp. 144-150.
16. Ghana Statistical Service. 2020. Population and Housing Census. Summary Report of Final Results. GSS, Accra.
17. Hansen, J. W., Mason-D'Croz, D., Bogard, J. R., Hasegawa, T., and Zurayk, R. 2018. "Ending global hunger: The role of policies for climate-resilient agriculture". *Agricultural Systems*, Vol. 159, pp. 57-66.
18. IFAD. (2011), "Rural poverty report 2011. New realities, new challenges: new opportunities for tomorrow's generation," available at: <http://www.ifad.org/rpr2011/report/e/rpr2011.pdf>, (accessed, 6th May, 2024)
19. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014, "Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation". Cambridge University Press.

20. Kavcar, P., Sofuoglu, A., & Sofuoglu, S. C. 2009. A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(2), 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2008.05.002>
21. Oteng-Ababio, M., Bawakyillenuo, E., and Apraku, M. K. 2017. “The impacts of climate change on the livelihoods of small-scale farmers in Ghana”. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, Vol. 6 No. 4, pp. 80-89.
22. Sankhla MS, Kumari M, Nandan M, Kumar R, Agrawal P. 2016. Heavy Metals Contamination in Water and their Hazardous Effect on Human Health-A Review. *International Journal of Current Microbiology Applied Science*. 5(10): 759–766. doi: <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.510.082>
23. Sharma, S., & Bhattacharya, A. 2016. Drinking water contamination and treatment techniques. *Applied Water Science*, 7(3), 1043–1067. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0455-7>.
24. Srinivasan, P., and Bedi, A. S. 2019. Fertilizer subsidies and climate change: Evidence from India. *World Development*, Vol.119, pp. 132-146.
25. Tey, N., and Akomeah, F. K. 2019. “The impact of climate change on sustainable livelihoods in the rural areas of Ghana”. *Journal of Sustainable Development*, Vol.12 No.3, pp. 116-128.
26. United Nations Environment Programme. 2017. “The Adaptation Gap Report 2017: Towards Global Assessment. Nairobi.” available at: <https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2017>, (accessed 20th April, 2024).
27. World Food Programme (WFP). 2016. “What is food security? World Food Programme”, Available at : <https://www.wfp.org/node/359289> (accessed 19th April, 2024)
28. World Health Organization. 2017. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum ISBN 978-92-4-154995-0
29. United Nations Framework Convention on Climate Change Adaptation Committee. 2020. “Seventeenth meeting of the Adaptation Committee. Information paper on linkages between mitigation and adaptation. Bonn”, available at: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ac17_8b_ada_miti.pdf (accessed, 18th April, 2024).
30. Zhou, Y., Wang, J., Liu, J., Han, Z., and Lin, X. 2021. ‘Effects of organic fertilizer on soil microbial community, enzyme activities, and greenhouse gas emissions in paddy fields’. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 28 No. 6, pp. 7076-7087.

Interface Homme-serpents en zone urbaine et péri-urbaine du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

Alamou M. Henri Adje

Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO
Université Norbert ZONGO, Koudougou, Burkina Faso

Idrissa Kabore

Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO

Siéfo Parfait Gnoumou

Emmanuel Midibahaye Hema

Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO
Centre Universitaire de Banfora/Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso
Université Daniel Ouezzin COULIBALY, Dédougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p106](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p106)

Submitted: 25 March 2025

Accepted: 09 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Adje, A.M.H., Kabore, I., Gnoumou, S.P. & Hema, E.M. (2026). *Interface Homme-serpents en zone urbaine et péri-urbaine du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 106. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p106>

Résumé

L'intensification des activités anthropiques et l'expansion démographique détruisent les habitats des serpents, affectant ainsi leur diversité et abondance. Cela a pour conséquence, la diminution ou la perte de leur biodiversité. Cependant, au Burkina Faso, les travaux sur le peuplement des serpents sont très fragmentaires et datent de plusieurs années. Pour combler ce gap, cette étude a examiné la diversité des serpents et leurs interactions avec les populations humaines afin d'actualiser la liste des espèces et promouvoir la gestion durable de l'herpétofaune. Pour ce faire, un inventaire herpétologique et des enquêtes ont été conduits au Burkina Faso d'octobre à décembre 2022 dans la ville de Ouagadougou et les zones péri-urbaines. Cette étude a permis de recenser 29 espèces d'Ophidiens, réparties en 24 genres et 08 familles. Pour ce qui est de l'interface Homme-serpent, les résultats montrent que, les agriculteurs (21 %) constituent la couche socio-professionnelle la plus exposée aux morsures de serpents, avec un pic de morsure observé entre juin et août. Tandis que le secteur informel incluant les

mécaniciens, jardiniers et de restaurateurs/trices forment la couche la moins exposée avec chacun un faible taux d'incidence de 6,6 %. Les parties du corps les plus exposées, étaient les pieds et les jambes (76 %), suivi des membres inférieurs incluant les mains et les bras (24 %). Au cours de la période d'étude, 34 individus étaient victimes de morsures de serpents dont 07 cas de décès enregistrés. Les résultats ont également révélé que les espèces telles que : *Echis ocellatus*, *Crotalus cerastes*, *Gongylophis colubrinus*, *Afronatrix anoscopus* et *Naja nigricolis* sont utilisées dans les thérapies traditionnelles et dans le mysticisme. Ces résultats constituent une importante base de données sur les serpents du Burkina Faso. Ils serviront de repère pour la mise en place des stratégies de sensibilisation pour la conservation des serpents.

Mots-clés: Diversité herpétologique, Homme, morsure, médecine traditionnelle, zones urbaines et périurbaines, conservation, Burkina Faso

Human-Snake Interface in Urban and Peri-Urban Areas in Burkina Faso (West Africa)

Alamou M. Henri Adje

Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO
Université Norbert ZONGO, Koudougou, Burkina Faso

Idrissa Kabore

Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO

Siéfo Parfait Gnoumou

Emmanuel Midibahaye Hema

Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO
Centre Universitaire de Banfora/Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso
Université Daniel Ouezzin COULIBALY, Dédougou, Burkina Faso

Abstract

The ongoing human activities and demographic expansion are degrading snake habitats, affecting their diversity and abundance, which leads to biodiversity decline or loss. Studies on the snake community are very limited and date back several years in Burkina Faso. To fill this gap, we investigated snakes' diversity and their interaction with humans to comprehensively update the initial data on snakes and promote suitable management of herpetofauna. To do so, we undertook a herpetological inventory and survey in Burkina Faso from October to December 2022 in the city of Ouagadougou and some peri-urban areas. Snakes were captured using traps and manual collection. A total of 29 snake species, divided into 24 genera and 8 families, were recorded. The results of surveys showed that farmers

(21%) were mostly exposed to snake bites, and a high rate of bites was reported between June and August. From our findings, the victim's feet and legs (76%), followed by hands and arms (24%), were often bitten. During the study period, an average of 34 individuals were victims of snakebites, and 7 deaths were reported. The results also revealed that species, such as *Echis ocellatus*, *Crotalus cerastes*, *Gongylophis colubrinus*, *Afronatrix anoscopus*, and *Naja nigricollis* are used in traditional therapeutics and mysticism. These results constitute an important database for Burkina Faso and can serve as a benchmark for implementing awareness-raising strategies for snake conservation.

Keywords: Herpetological diversity, snakebites, urban and peri-urban areas, traditional medicine, conservation, Burkina Faso

Introduction

Les serpents, encore appelé Ophidiens, sont des reptiles formant, avec les lézards et les amphisbènes, l'Ordre des Squamates. Les squamates occupent les milieux terrestres et aquatiques où ils sont bien adaptés aux conditions environnementales (Chippaux, 2006; Xiao-Chun *et al.*, 1996). Les Ophidiens forment le sous Ordre des squamates carnivores au corps très allongé et dépourvu de membres apparents. Il s'agit plus précisément de vertébrés amniotes caractérisés par un tégument recouvert d'écailles imbriquées les unes sur les autres et protégées par une couche cornée épaisse et par une thermorégulation assurée par trois mécanismes tels que l'ectothermie, la poïkilothermie et le bradymétabolisme (Chippaux, 2006). Le sous Ordre des serpents comprend environ 3450 espèces, occupant des niches écologiques variées décrites à travers le monde (Graitson et Jacob, 2002; Jackson, 2019). Les serpents occupent une place essentielle dans l'équilibre des écosystèmes terrestres et aquatiques car ils consomment et régulent les populations de petits mammifères, des insectes et des oiseaux (Schilliger, 2000; Ballouard, 2010). Les recherches sur la composition et le mode d'action du venin des serpents ont ouvert des perspectives fascinantes dans la découverte de nouveaux médicaments efficaces contre certaines maladies (Chippaux, 2002). Cela a également permis le développement des molécules de synthèses et des molécules aux propriétés analgésiques (Perrimond, 2019; Ziad *et al.*, 2018). Mais, l'érosion de la biodiversité constatée au cours de ces dernières décennies due à l'exacerbation des pressions anthropiques et climatiques sont une préoccupation majeure (Ballouard, 2010; Amoussou *et al.*, 2012; Asadi, 2020). D'où la nécessité primordiale de fournir des bases de données sur les espèces menacées, en particulier les serpents qui ont une réputation d'être dangereux et craintifs, cela les rend encore plus vulnérables. Sur 3450 espèces de serpents connues dans le monde, seules 600 espèces sont

venimeuses et potentiellement dangereuses pour l'Homme (Chippaux, 2002; Nientao, 2015). En plus, moins d'une cinquantaine d'espèces parmi les 600 venimeuses posent un problème de santé publique dû au fait qu'elles soient agressives et comptent un nombre élevé d'individus repartis dans divers habitats (Chippaux, 2002). Selon certains travaux, environ cinq millions de morsures de serpents sont rapportées par an dans le monde (Chippaux, 2002 ; Organisation Mondiale de la Santé [OMS], 2023; Urbain, 2023), la majorité des cas de morsure est enregistrée en Asie, et en Afrique, au sud du Sahara. En Afrique, l'incidence annuelle des morsures par les serpents venimeux est estimée entre 80000 et 420000 (Broadley, 1968; Stephen *et al.*, 2021) dont les premières victimes sont principalement les populations rurales pauvres des pays en développement et ayant peu de ressources médicales (Muwenge *et al.*, 2024). La moitié des cas de morsures se produit en zone rurale lors des activités agricoles (Chippaux, 2002; Guyavarch et Trape, 2005; Chaka, 2021). En Afrique de l'Ouest, en particulier au Burkina Faso, il existe très peu de travaux sur les serpents. Les morsures, les venins et l'usage des dérivés de serpents dans la pharmacopée traditionnelle sont peu documentés (Trape, 2005; Chirio, 2009; Koto-te-Nyiwa Ngbolua, 2021). Les seuls travaux existants sur la faune ophidienne au Burkina Faso sont entre autres ceux de Roman (1980) et de Trape (2005). Ces travaux ont contribué à la connaissance des serpents d'Afrique de l'Ouest en général et ceux de la Haute-Volta en particulier (actuel Burkina Faso). Selon Samba (2012), 13 espèces de serpents sont identifiées comme venimeuses parmi les 54 espèces inventoriées par Roman (1980). On estime à 600 cas d'incidence de morsure par an avec une létalité qui varie entre 1,9 et 11,7 % (Chippaux, 2002). La morbidité due aux morsures de serpents constitue un problème majeur de santé publique (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2019, 2020) d'où la nécessité de mettre en place une stratégie visant à réduire de 50 % la mortalité et l'invalidité d'ici l'horizon 2030 (OMS, 2020). Cela passe forcément par la connaissance des serpents et l'interface Homme-serpents dans les différentes régions d'Afrique et en particulier au Burkina Faso. C'est dans cette optique que cette étude a été initiée dans le but de contribuer à une meilleure connaissance du statut de l'herpétofaune avec pour objectif de caractériser la structure de peuplement et analyser l'interface Homme-serpents en zone urbaine et péri-urbaine au Burkina Faso.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude s'est déroulée dans la zone urbaine de Ouagadougou et dans quelques zones périphériques à savoir Gampèla, Pabré et Loumbila. La Figure 1 présente les zones d'étude. Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso, chef-lieu de la région du centre avec une population qui s'élève à 2 415 266

habitants (Ballo, 2025). Il est situé aux coordonnées 12°20' 60'' Nord et 1° 31' 0.001'' Ouest. Les sites d'échantillonnages ont concerné le parc urbain Bangr-weoogo (PUBW), Tanghin et l'université Joseph KI-ZERBO. Le PUBW de coordonnées géographiques (12°23'017" Nord ; 1° 31' 0.001'' Ouest), couvre une superficie de 240 hectares. Il regroupe le parc zoologique, le jardin botanique et le musée d'exposition. Le choix de ce site d'étude se justifie par le fait que le PUBW est moins documenté et constitue une zone de refuge de la faune sauvage car situé en plein centre de la ville de Ouagadougou. Tanghin (12°23'36 Nord et 1°30'0" Ouest) est un quartier de la ville de Ouagadougou. L'Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ) est la première et la plus grande université du Burkina Faso située dans la ville de Ouagadougou entre les coordonnées 12°22'41 Nord et 1°29'49" Ouest. Gampèla est une localité située entre les coordonnées géographiques 12°25'45'' Nord et 1°23'20'' Ouest. La commune rurale de Pabré est située entre les coordonnées 12°30'53'' Nord et 1°34'40'' Ouest. Loumbila est une commune rurale située entre les latitudes 12°31'12'' Nord et les longitudes 1°22'016'' Ouest. Ces trois sites, Gampèla, Pabré et Loumbila ont été associés à l'étude à cause de leur statut de commune rurale. Des données additionnelles ont été obtenues dans des collections du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) et du musée, situés dans la ville de Ouagadougou.

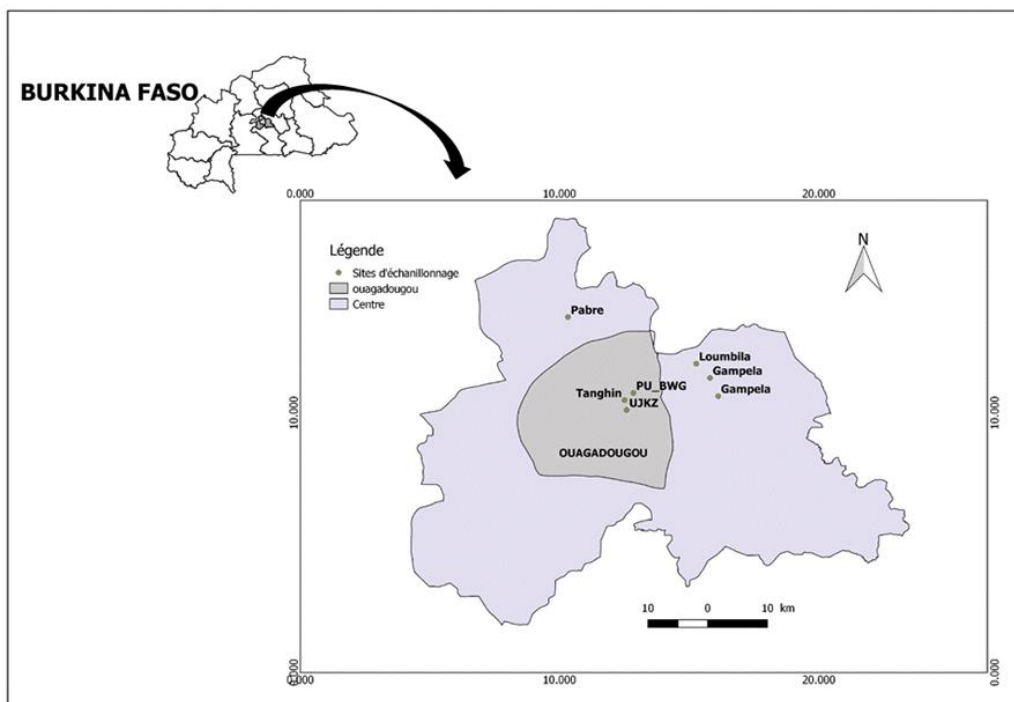


Figure 1 : Carte du Burkina Faso montrant la zone et les sites d'étude

Inventaire des serpents

Pour la collecte qualitative et quantitative des serpents, des pièges en pots de vingt et cinq litres ont été confectionnés et posés dans chaque quadrat (24 carrés de 100 m x 100m) d'octobre à décembre 2022 dans la ville de Ouagadougou et les zones péri-urbaines. Pour attirer les serpents dans les pièges, des appâts vivants ont été utilisés, puis placés dans des bocaux aérés. La visite des pièges se faisait chaque 72 heures durant trois mois avec renouvellement des appâts si nécessaires. Des captures manuelles actives ont été aussi effectuées. Cela a consisté en une recherche à vue des serpents dans les différents biotopes (les pierres, les souches ou les cavités, les feuillages et/ou les troncs). Enfin, un réseau d'information a été mis en place pour la collecte d'occurrences opportunistes (collecte d'individus de serpents vivants ou tués sur des routes à travers la commune de Ouagadougou et ses environs). Les échantillons ont été ensuite fixés dans des bocaux contenant de l'alcool (90°), puis ont été transportés au laboratoire pour identification en utilisant des clés et des catalogues (Chippaux, 2006 ; Segniagbeto et al., 2015) et avec l'aide des spécialistes.

Enquêtes ethno-zoologiques

Une enquête ethno-zoologique a été réalisée dans le but de recueillir des informations sur les perceptions locales et l'intérêt des serpents, identifier les types de pressions anthropiques sur les serpents. Les informations ont été collectées auprès du personnel soignant dans les grands centres médicaux de la ville de Ouagadougou. Les informations collectées sont entre autres : la profession des personnes victimes de morsures, leur provenance, et les parties du corps exposées aux morsures. Il faut noter qu'il était difficile d'obtenir l'identité des espèces de serpent dans les cas des morsures et cela constituait une des limites de l'enquête. En plus, un questionnaire semi-structuré a été administré directement aux marchands d'organes d'animaux et/ou tradipraticiens installés dans la ville de Ouagadougou sur l'usage des dérivés de serpents.

Analyse des données

Pour déterminer les conditions de la structure du peuplement des serpents, la richesse spécifique ou taxonomique, les indices de diversité de Shannon-Wiener et de l'équitabilité de Pielou ont été calculés. La richesse spécifique est le nombre d'espèce ou de taxa rencontrée dans l'échantillon. L'indice de Shannon-Wiener permet de caractériser le peuplement des serpents dans l'écosystème et se définit selon la formule 1 :

$$H' = - \sum \left(\frac{p_i}{N} \right) \cdot \left(\frac{p_i}{N} \right) \quad (1)$$

P_i = Nombre d'individus d'une espèce de l'échantillonnage. N = Nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon. S = Nombre d'espèces dans l'échantillonnage.

L'indice de Piélou (J) est un indice qui détermine la régularité des espèces. Il s'obtient selon la formule 2 :

$$J = H' / \log S \quad (2)$$

H' est la valeur de l'indice de diversité de Shannon-Wiener et (S) est la richesse spécifique

Le test de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les indices de structure du peuplement des serpents entre les deux zones (urbaine et péri-urbaine). Par ailleurs, le test non paramétrique de Jonckheere-Terpstra a été utilisé pour comparer les taux d'incidences entre les catégories de personnes victimes, et entre les parties exposées aux morsures préalablement calculés pour un niveau de confiance de 95 %. Tous les tests ont été conduits sous le logiciel IBM SPSS statistic version 21 au seuil de signification de 5 %.

Résultats

Diversité de l'herpétofaune

Au cours de la présente étude, 44 spécimens de serpents ont été collectés. Ces spécimens étaient constitués de 29 espèces, réparties en 24 genres et huit (08) familles: Boidae, Elapidae, Colubridae, Viperidae, Atractaspidae, Lamprophiidae, Leptotyphlopidae, Typhlopidae (Tableau 1). Le tableau 1 montre que 10,34 % des espèces de serpents avaient des abondances variant entre 3 et 5. Tandis que 89,66 % des espèces étaient très peu représentés en nombre (2-1 individus). La richesse spécifique ($RS=27$; $RS=6$) et l'indice de diversité de Shannon ($H'=3,24$; $H'=1,70$) enregistrés respectivement dans la zone de Ouagadougou et zone périphérique montrent des différences significatives (test de Mann-Whitney, $U=139$; $p = 0,0001$; $dn=28$), traduisant une forte diversité des serpents dans la ville de Ouagadougou. Les indices d'équitabilité de Piélou dans les zones de Ouagadougou (0,98) et péri-urbaines (0,95) tendent vers 1, montrant une distribution équilibrée de l'herpétofaune dans les deux zones d'étude.

Tableau 1 : Liste des espèces de serpents collectées durant la période d'étude

Espèces	Nombre d'individu
<i>Rhamphiophis oxyrhynchus</i> (Reinhardt, 1843)	5
<i>Boaedon fuliginosus</i> (Boie, 1827)	3
<i>Echis ocellatus</i> Stemmler, 1970	3
<i>Python sebae</i> (Gmelin, 1789)	2
<i>Naja katiensis</i> Angel, 1922	2
<i>Psammophis lineatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	2
<i>Psammophis praeornatus</i> (Schlegel, 1837)	2
<i>Python regius</i> (Shaw, 1802)	2
<i>Crotaphopeltis hotamboeia</i> (Laurenti, 1768)	2
<i>Afronatrix anoscopus</i> (Cope, 1861)	2
<i>Dasypeltis fasciata</i> Smith, 1849	1
<i>Prosymna meleagris</i> (Reinhardt, 1843)	1
<i>Atractaspis aterrima</i> Günther, 1863	1
<i>Lycophidion semicinctum</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	1
<i>Eryx muelleri</i> (Boulenger, 1892)	1
<i>Amblyodipsas unicolor</i> (Reinhardt, 1843)	1
<i>Atractaspis microlepidota</i> Günther, 1866	1
<i>Bitis arietans</i> Merrem, 1820	1
<i>Boaedon lineatus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	1
<i>Limaformosa crossi</i> (Boulenger, 1895)	1
<i>Telescopus variegatus</i> (Reinhardt, 1843)	1
<i>Philothamnus irregularis</i> (Leach, 1819)	1
<i>Elapsoidea guentherii</i> Bocage, 1866	1
<i>Atractaspis dahomeyensis</i> Bocage, 1887	1
<i>Causus rhombeatus</i> (Lichtenstein, 1823)	1
<i>Tricheilostoma bicolor</i> (Jan, 1860)	1
<i>Tricheilostoma bicolor</i> (Jan, 1860)	1
<i>Rhamphiophis rubropunctatus</i> (Fischer, 1884)	1
<i>Afrotyphlops punctatus</i> (Leach, 1819)	1
Total	44

Conflits Hommes-serpents

Les résultats de la figures 2a et b montrent les taux d'incidence entre les victimes en fonction de leurs activités et les parties exposées aux morsures de serpents. Le test de Jonckheere-Terpstra montre des différences significatives de taux d'incidence entre les personnes victimes de morsure en fonction de leurs activités ($p=0,036$; $N=167$). La figure 2a révèle une différence significative ($p<5\%$) de taux d'incidence entre agriculteurs (21 %) et éleveurs (16,20 %) qui constituent la couche la plus vulnérable aux morsures de serpents, suivi du groupe constitué des pêcheurs, des chargeurs de bois et des élèves et/ou des écoliers qui diffèrent significativement des agriculteurs et éleveurs avec chacun des taux d'incidence de 14,4 %. Par ailleurs, de mécaniciens, jardiniers et de restaurateurs/trices forment le dernier groupe qui se discrimine significativement des groupes précédents avec chacun un très faible taux d'incident de 6, 6%. Les enquêtes ont montré que les fréquences

de morsures les plus élevées ont été observées entre juin et août, les membres inférieurs incluant la plante des pieds et les jambes sont les plus exposées aux morsures de serpents (environ 76 %), contre 24 % enregistrés au niveau des membres supérieurs (Figure 2b). Les résultats montrent que 34 % des cas de morsures enregistrés proviennent de la zone périphérique contre 26 % des cas à l'intérieur de la ville de Ouagadougou, et 40 % des cas non renseignés par manque d'information sur la provenance du patient. Selon les résultats de l'enquête, dans la ville de Ouagadougou et les zones péri-urbaines, 34,25 % des individus en moyenne sont victimes de morsures de serpents dont 07 décès ont été enregistrés en 2022 avec une prévalence de 0,001 %.

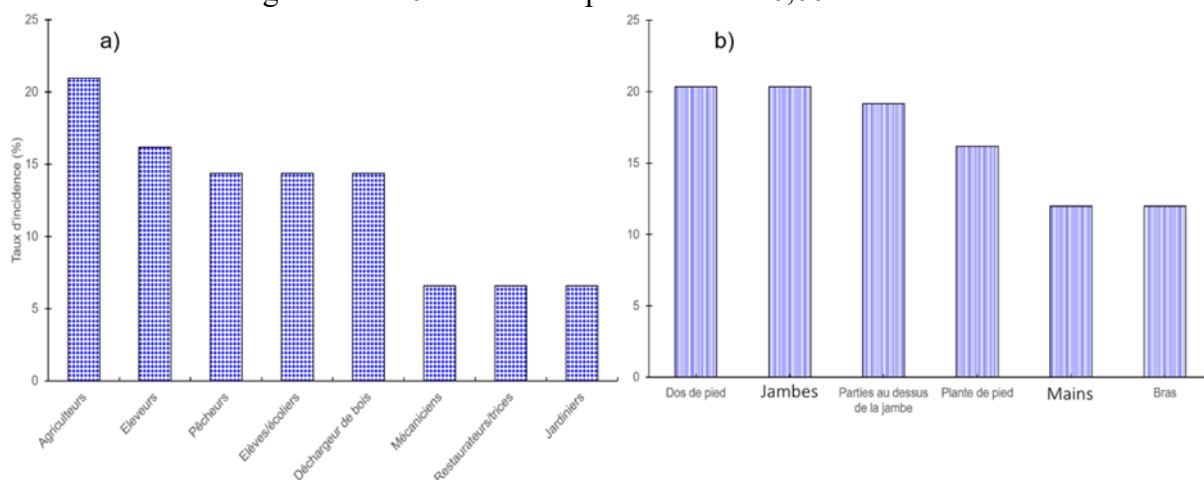


Figure 2 : Victimes de morsures (a) et parties exposées (b)

Herpétofaune dans les pratiques traditionnelles

Les enquêtes réalisées auprès des marchands d'organes d'animaux et des tradipraticiens des marchés de la ville de Ouagadougou ont permis de recenser des dérivés de 06 espèces de serpents (*Echis ocellatus*, *Crotalus cerastes*, *Naja haje*, *Eryx colubrinus*, *Afronatrix* posés de graisse, des os et de la peau de boa des sables (*Eryx colubrinus*), la tête de cobra (*Naja nigricolis*), la tête de vipère africaine (*Echis ocellatus*), les queues des serpents à sonnette (*Crotalus cerastes*) et de *Afronatrix anoscopus* (Figure 3). Les interviewés ont rapporté que les organes des serpents sont utilisés dans le domaine mystique et thérapeutique, soit seuls ou associés à d'autres ingrédients. Ils révèlent que la tête de *Echis ocellatus* (vipère africaine) est utilisée pour convoiter la femme, la tête de *Naja nigricolis* pour lever l'envoutement, la queue de *Afronatrix anoscopus* pour faire des amulettes. Dans le domaine thérapeutique, les interviewés montrent que la graisse de *Eryx colubrinus* (Boa des sables) est utilisée pour traiter les maux d'oreille, elle est également utilisée pour traiter la maladie des nerfs et les acnés (dermatose inflammatoire) et que l'os et la peau sont aussi utilisés pour traiter les maladies des enfants

appelées localement (aspect serpentin). Enfin, les enquêtes prouvent que la queue de *Crotalus cerastes* (serpent à sonnette) est utilisée pour traiter l'impuissance masculine.



Figure 3 : Dérivés de serpents retrouvés sur les étalages des marchés à Ouagadougou

Discussion

Les serpents sont encore trop craints au Burkina Faso et cela constitue un frein à leur protection malgré leur importance dans l'équilibre des écosystèmes et dans la vie de l'Homme. Ainsi cette étude a permis de mieux connaître la faune ophidienne, leur interaction avec les Hommes, afin de mieux guider les mesures de conservation et de protection des ophidiens dans la zone d'étude. Au total, 29 espèces de serpents ont été identifiées. La liste des espèces enregistrée dans cette étude corrobore celle de Roman (1980), mais différente de celle de Chirio (2009). Cela pourrait s'expliquer par la différence de la zone d'étude. En effet, les travaux de Chirio (2009) ont concerné la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W, les parcs d'Arly et de la Pendjari qui est une zone naturelle et protégée. Ainsi, certaines espèces d'ophidiens sont vulnérables aux pressions anthropiques et seraient inféodées aux habitats protégés et naturels (Chippaux, 2006 ; Akuboy *et al.*, 2024). En

plus, la composition et la diversité des espèces sont caractéristiques du bioclimat et pourraient présenter des affinités soudaniennes et /ou sahélo-sahariennes (Chirio, 2009 ; Trape *et al.*, 2022). Ainsi, la présence de *Bitis arietans*, spécifiquement en zone périphérique peut s'expliquer par le fait que l'espèce est inféodée aux habitats agricoles (Chippaux, 2006). De même, *Afonatrix anoscopus* a été collecté seulement en zone rurale. Cela s'explique par le fait que l'espèce est inféodée aux marais (Chippaux, 2006). L'aménagement urbain ne favorise pas la présence de ces espèces, car selon Drabo *et al.* (1996) dans les grandes villes du Burkina Faso comme Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, l'extension spontanée des zones d'habitations conduisent à la réduction des habitats des serpents. Mais la présence des espaces culturels et verts non aménagés à l'intérieur des villes constituent des refuges et cela peut expliquer la fréquence encore élevée des serpents et les cas de morsures enregistrées. Ces résultats corroborent avec ceux de Coulibaly *et al.* (2008), Zassi-Boulou (2018) et Jeannot-Bodongola *et al.* (2024) qui ont révélés l'existence d'une remarquable richesse et diversité ophidiennes en zone tropicale malgré la forte dégradation des habitats. Le nombre total d'espèces obtenu dans la présente étude est inférieur à celui de Roman (1980) et de Chirio (2009) qui ont collecté chacun plus d'une quarantaine d'espèces de serpents. Cela pourrait s'expliquer par la faible taille de l'échantillon et l'étendue géographique de la présente d'étude. En effet, Roman a collecté plus de 5000 individus et déterminé 54 espèces. Tandis que les travaux de Chirio (2009) ont couvert un grand espace géographique incluant toute la Réserve du W du Burkina Faso, du Bénin et du Niger et ont conduit à la détermination de 46 espèces.

Nos enquêtes ont révélé que ce sont les agriculteurs qui constituent la couche la plus vulnérable aux morsures de serpents. Cela peut s'expliquer par le fait que cette couche est plus exposée aux contacts des serpents (exemple : déboisements, défrichements, marches en brousse, labours, pastoralisme). En effet, au Burkina Faso les populations rurales constituées d'agriculteurs et d'éleveurs en grande majorité sont constamment en contact avec la brousse où vivent les serpents qui se sentent menacer par les activités humaines (Recensement Général de la Population Humaine [GPH], 2008). Selon Barré (2021), au Mali, les cultivateurs constituent la couche sociale la plus atteinte par les morsures des serpents. En effet, la fréquence des morsures est liée aux nombres élevés d'incidences entre serpents et agriculteurs (Samba, 2012). Par ailleurs, les trois quarts des morsures surviennent au cours de travaux agricoles, de la chasse ou de déplacements pédestres, traduisant l'endémicité des morsures dans les zones rurales à cause des activités agricoles intenses (Alina et Diana, 2024; Adiko-Tape *et al.*, 2024; Larréché, 2007; Chippaux, 2002). Ainsi, les accidents dus aux morsures des serpents sont probablement liés au statut social des individus d'une population. Les parties du corps

vulnérables sont les pieds, les jambes, les mains et les bras. Cela s'explique par le fait qu'au Burkina Faso, l'agriculture est encore pratiquée traditionnellement avec des outils rustiques et sans mesures de protection (Chippaux, 2002; Graitson et Jacob, 2002). Nos résultats corroborent ceux de Mouhssine *et al.* (2022) au Maroc, de Barré (2021), de Bencheikh *et al.* (2015), Dramé *et al.* (2012) au Mali, Guyavarch et Trape (2005) au Sénégal, Tetchi *et al.* (1992) en Côte d'Ivoire. Ces mêmes auteurs ont montré que les membres inférieurs étaient les plus souvent exposés aux morsures des serpents. Les fréquences de morsures les plus élevées enregistrées entre juin et août se justifieraient par la sortie des serpents d'hibernation coïncidant avec la saison pluvieuse pour la recherche des proies abondantes en cette période pluvieuse. Guyavarch et Trape (2005) ont montré qu'en zone rurale au Sénégal, les nombreux cas des morsures surviennent durant la saison des pluies. Contrairement à Tetchi *et al.* (1992), Coulibaly *et al.* (2018) les fréquences de morsures de serpents sont plus élevées entre décembre et juin en Côte d'Ivoire. Cette différence de période de morsure pourrait s'expliquer par la différence des saisons observées au niveau de chaque pays. Les pays du littoral ont plus de deux saisons, tandis qu'au Burkina Faso il n'y a que deux saisons (une saison pluvieuse qui dure maximum cinq mois et une saison sèche). Le nombre de victimes observé peut s'expliquer par le fait que la plupart des cas de morsures ne sont pas déclarés ou parfois traités traditionnellement. Il en est de même pour les cas de décès, passés sous silence « sans être déclarés » surtout en zones rurales. Cela confirme les travaux antérieurs de Chippaux (2002) qui estime qu'au Burkina Faso, la morbidité dépasse 100 cas pour 100 000 habitants avec une létalité de 2 à 12 %. Au Burkina Faso, dans les zones du Djôrô (au Sud-Ouest), Lankoande (1981) a enregistré 478 cas de morsures en 2 ans au niveau des formations sanitaires pour une population de 600.000 habitants, soit un taux annuel de 40 pour 100.000. En Côte d'Ivoire, Chippaux (2006) estime la morbidité de 100 à 150 pour 100.000 habitants en zone de savane et à 250 en zone de forêt.

Les serpents ne sont pas seulement vendus pour la viande, mais aussi pour leurs pouvoirs thérapeutiques et mystiques comme le démontre les résultats de la présente étude. Selon, Toudonou *et al.* (2004) les guérisseurs traditionnels, les charlatans convoient les serpents ou leurs organes pour leurs activités thérapeutiques et mystiques. Les enquêtes réalisées révèlent l'utilisation de la tête de vipère africaine (*Echis ocellatus*) pour convoiter la femme et la queue de *Afronatrix anoscopus* (serpent nageur) pour acquérir des compétences ou des pouvoirs surnaturels. Selon des travaux similaires réalisés au Bénin, la tête de vipère heurtant et autres serpents sont utilisés pour attirer la chance et le succès (Toudonou *et al.*, 2004). L'usage de la tête de Cobra (*Naja*) est confirmé par les travaux de Perrimond (2019) qui montre que la tête de Cobra est utilisée pour la protection divine. Selon Gaillard-Seux (2012),

beaucoup de tradi-thérapeutes utilisent la graisse de Boa (*Eryx colubrinus*) pour traiter les maux d'oreille, des maladies des nerfs, la lèpre, les taies blanches des yeux et des morsures de serpents. Il est donc impératif pour la science de s'impliquer davantage et de collaborer étroitement avec les tradi-thérapeutes pour des investigations approfondies sur le potentiel actif de ces produits animaliers.

Conclusion

Cette étude a révélé que la communauté de serpent est très diversifiée dans la zone d'étude. En effet, plusieurs espèces de serpents réparties en différentes genres et familles ont été recensées au cours de la présente étude. Cette étude a aussi révélé que les agriculteurs constituent la couche la plus vulnérable aux morsures de serpents avec des pics de morsures enregistrés dans les mois de juin et d'août. Les membres inférieurs étaient les plus exposés aux morsures de serpents. Les résultats montrent que les dérivés de serpent sont de plus en plus utilisés dans nos sociétés traditionnelles. D'où la nécessité d'approfondir les travaux de recherche pour mieux cerner le trafic d'organe des animaux, le mode et les mécanismes thérapeutiques des organes de serpents pour le bien-être des populations. Dans une perspective de développement durable, il est crucial d'accorder une attention particulière aux politiques de soutien visant à faciliter l'accès des équipements de protection et à renforcer les campagnes de sensibilisation auprès des communautés agricoles, afin de promouvoir une coexistence harmonieuse entre agriculture, écologie et biodiversité.

Contribution des auteurs : Alamou M. Henri ADJE a effectué la collecte des données, rédaction de l'article, l'analyse des données. Idrissa KABORE a effectué conception de l'étude, collecte des données et révision de l'article et la supervision. Siéfo Parfait GNOUMOU a effectué la collecte, la révision du manuscrit. Emmanuel Midibahaye HEMA a effectué la révision, la supervision et la validation des résultats.

Remerciements : Les auteurs remercient le personnel du PUBW à travers son directeur, le commandant DIALLA Tinsgnimi, Directeur du Parc Urbain Bangr-Weoogo (PUBW), au moment de nos études, Ambroise Wendsongdé OUEDRAOGO, pisteur au parc et tout particulièrement le président du comité scientifique du parc, le colonel BELEMSOBGO Urbain. Nos remerciements vont également à l'endroit du personnel du CNSRT en général et tout particulièrement Dr DIBLONI Ollo, le musée de l'École de salle à travers l'administration de l'école et le laborantin pour leurs différentes contributions.

Déclaration relative aux participants : Les procédures et les méthodes utilisées dans cette étude ont été conformes aux codes d'éthique de l'Université Joseph KI-ZERBO et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés.

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

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

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

References:

1. Adiko-Tape, NM., Trabi, BF, Yao K, Bassa-Yao, AE, Kouamé-Tano, EML, Coulibaly, WK, Akoubet-Ouayogode, A et Kablan, ALC. (2024). Investigations ethnobotanique et phytochimique de plantes médicinales utilisées contre les envenimations de serpents à Aboisso en Côte d'Ivoire. *Revue RAMReS – Série Pharm. Méd. Trad. Afr.* 23(1), 83-94.
2. Alina, MRPI et Diana, MG. (2024). Caracterização dos acidentes por mordeduras por serpentes na provincia de Benguela, periodo 2019-2021: *RevSALUS-Revista Científica Internacional da RACS*, 6 (2). doi.org/10.51126/revsalus.v6i2.655.
3. Amoussou, LL., Loughbégnon, TO, Djossa, BA, Kidjo, FC, Awessou, B et Mensah, GA. (2012). Analyse de la pression anthropique et son effet sur la biodiversité des sites à ériger en réserves de faune au Sud-Bénin. *Bul. Rec. Agro. Bénin (BRAB), Spécial Elevage et Faune*, pp. 28-34.
4. Asadi, A. (2020). Impact des changements climatiques sur la répartition et la diversité génétique des serpents Iraniens, implications pour la conservation. *Thèse de doctorat*. Université Paris sciences et lettres.
5. Barré, NY. (2021). L'épidémiologie des cas de morsure des serpents en milieu rural reçus au centre de santé confessionnel de Kati-Faladjè, Mali. *Thèse de doctorat*. Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako.
6. Bencheikh, R., Soulaymani, A et Maïga, AI. (2015). Envenimations ophidiennes : expérience du Centre de Santé de Référence de Kati, Mali, à propos de trois cas. *Antropo*. 34, 61-67.

7. Broadley, DG. (1968). The Venomous Snakes of Central and South Africa. pp. 403-435 in Bucherl E., Buckley E. et Deulofeu V. (éds). 687p.
8. Ballo, MI., et Yanogo, PI. (2025). Le développement des centralités secondaires, une alternative pour une mobilité sûre à Ouagadougou (Burkina Faso). *Akofena-Revue scientifique des Sciences du Langage, Lettres, Langues & Communication*, 4(15), 237-250.
9. Ballouard, JM. (2010). Espèces charismatiques, espèces locales et serpents en éducation à l'environnement. Evaluation sur dix pays de la perception des enfants à protéger la faune et importance de l'expérience de terrain. Interactions entre organismes. *Thèse de doctorat*. Université de Poitiers Université de Poitiers
10. Chaka, DM. (2021). Prise en charge des morsures de serpent : enquête auprès des ménages dans les Communes rurales de Koulikor, *Thèse de doctorat*, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali, 75 p.
11. Chippaux, JP. (2006). Les serpents d'Afrique occidentale et centrale. Vol. 35. *IRD éditions, Coll. Faune et Flore tropicales* 35, 311p, 2006, *IRD éditions*
12. Chippaux, JP. (2002). Venins de serpent et envenimations. 228p *IRD éditions*.
13. Chirio, L. (2009). Inventaire des reptiles de la région de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Niger/Bénin/Burkina Faso : Afrique de l'Ouest). *Bulletin de la Société herpétologique de France*, 132, pp 13-41.
14. Coulibaly, SK., Diallo, T, Diarra, A, Soulaymani, A et Maiga, AI. (2018). Sérothérapie antivenimeuse au Mali : expérience du centre de santé de référence de Kati région de Koulikoro. *Toxicologie Analytique et Clinique (TOXAC)* 30 (3), pp.165-165.
15. Coulibaly, SK., Simaga, I, Hami, H, Denfaga, B, Ouologueme, Y et Soulaymani-Doucet J. (2008). Les serpents de la République de Côte d'Ivoire, *Universitätsbibliothek Johann Ch.* 20, 59p.
16. Drabo, YJ., Sawadogo, S, Kaboré, J, Chabrier, J, Traoré, R et Ouédraogo, C. (1996). Morsures de serpents à Ouagadougou : Aspects épidémiologiques, cliniques, thérapeutiques et évolutifs, à propos de 70 cas. *Médecine d'Afrique Noire*, 43(1).
17. Dramé, BSIA., Diarra, N et Diani, AD. (2012). Aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques des morsures de serpent dans les hôpitaux nationaux Gabriel-Touré et de Kati du Mali : étude rétrospective sur dix ans. *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 105 (3), pp 184-188.

18. Gaillard-Seux, P. (2012). Le serpent, source de santé : le corps des serpents dans la thérapeutique gréco-romaine. *Anthropozoologica*, 47(1), 263-289.
19. Graitson, E et Jacob, JP. (2002). La restauration du maillage écologique : une nécessité pour assurer la conservation de l'herpétofaune en Wallonie. *Natura Mosana* 54 (4), pp.21-36.
20. Guyavarch, E et Trape, JF. (2005). L'incidence des morsures de serpent en zone rurale au Sénégal oriental. *Bull Soc Pathol Exot* 98 (3), pp. 197-200.
21. Jackson, TN., Jouanne, H et Vidal, N. (2019). Snake venom in context: neglected clades and concepts. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, p 332.
22. Jeannot-Bodongola, A., Bruno, CM, André, LB et Guy, TG. (2024). Biodiversité et écologie des serpents (Ophidia) de la Réserve Forestière de Yoko, Province de la Tshopo (République Démocratique du Congo). *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 184, pp.1-10.
23. Koto-te-Nyiwa Ngbolua, JM., Nagahuedi, S, Masengo, C, Ashande, RDD, Mpiana, PT et Virima, M. (2021). Synthèse bibliographique sur les serpents et les plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle contre les envenimations ophidiennes. *IJAR*, 7(4), 305-314.
24. Larréché, S. (2007). Les envenimations par vipéridés en République de Djibouti d'octobre 1994 à mai 2006 : étude rétrospective dans le service de réanimation du groupement médico-chirurgical Bouffard. *Thèse de doctorat*.
25. Mouhssine, A., M'Barek, YA, Elallouchi, Y, Benantar, L et Aniba, K. (2022). Accident vasculaire cérébral ischémique, complication inhabituelle d'une morsure de vipère : à propos d'un cas, *Plan African Medical Journal* 41(50), pp.1-6. 10.11604/pamj.2022.41.50.22225
26. Muwenge, PK., Kimbamba, TL, Nyami, JTMT et Tango, EK. (2024). Utilisation des plantes médicinales dans le traitement traditionnel des morsures de serpents par les habitants des villages environnants de la station de l'INERA Kiyaka (Province du Kwilu). *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)* 2 (5), pp. 2480-2497.
27. Nientao, O. (2015). Envenimations par morsure de serpents : Profil épidémioclinique et facteurs pronostiques. Diss. *Thèse de Doctorat en médecine*, 2010.
28. OMS. (2023). Envenimations par morsure de serpents (www.who.int).
29. OMS. (2019). Envenimations par morsures de serpents : stratégie de prévention et de lutte : *résumé d'orientation*. No. WHO/CDS/NTD/NZD/2019.03.

30. OMS. (2020). Lutte anti-infectieuse lors de la prise en charge des cas suspects ou confirmés de maladie à coronavirus (COVID-19) : orientations provisoires 2020. Site Web, 2020.
31. Perrimond, A. (2019). Le serpent, son venin et ses applications thérapeutiques, DUMAS-Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance. France. Retrieved from, pp38-62.
32. RGPH. (2008). Agence nationale de la statistique. "de la démographie–Recensement général de la population et de l’habitat, pp 8-9.
33. Roman, B. (1980). "Serpents de Haute-Volta." <https://www.abebooks.fr/Serpents-Haute-Volta-Roman-Benigno/31240397297/bd>. CRID : 1130000798355321984.
34. Samba, S. (2012). Etude de l’épidémiologie, de la prise en charge et de l’évolution des envenimations par morsure de serpent au centre hospitalier universitaire Yalgado Ouédraogo de Ouagadougou (Burkina Faso), thèse de Doctorat, *Université Ouagadougou*, 111p.
35. Schilliger, L. (2000). Alimentation des reptiles et dominantes pathologiques d’origine nutritionnelle. *Revue Méd. Vét*, 151(12), 1107-1118.
36. Stephen, S., Bill, B, Ivan, I. (2021). The Dangerous Snaks of Africa. *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 178, pp.100-105.
37. Toudonou, ASC., Mensah, GA, Sinsin, B. (2004). Les serpents dans l’univers culturel au Bénin. *Bulletin de la recherche agronomique du Bénin* N° 44 - Juin 2004, pp. 23-33
38. Trape, JF. (2005). Note sur quelques serpents méconnus du Burkina Faso de la collection de Benigno Roman. *Bulletin de la Société herpétologique de France*, N 116, pp. 39-49.
39. Trape, JF., Mediannikov, O, Hinkel, H. (2022). Un serpent nouveau du genre *Boaedon Duméril*, Bibron & Duméril, 1854 (Squamata : Lamprophiidae) dans la région des Grands Lacs africains. *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 181, pp. 1-12.
40. Urbain, A. (2023). Les venins ophidiens : une dualité. Envenimations et potentiel thérapeutique (Doctoral dissertation, Université de Strasbourg).
41. Xiao-Chun, W., Donald, BB et Russell, AP. (1996). *Sineoamphisbaena hexatabularis*, an amphisbaenian (Diapsida: Squamata) from the Upper Cretaceous redbeds at Bayan Mandahu (Inner Mongolia, People's Republic of China), and comments on the phylogenetic relationships of the Amphisbaenia. *Canadian Journal of Earth Sciences* 33 (4), pp. 541-577.

42. Zassi-Boulou, Goma-Tchimbakala, I, Zamba, M, Gvoždík, J. (2018). Distribution spatiale de la diversité des ophidiens dans le département du Pool, République du Congo Vol. 18, No 1
43. Ziad-Meziane, Hanane-Fadila, Laraba-Djebari. (2018). Purification et d'une molécule bactéricide issue du venin de serpent *Cerastes cerastes* SAGREN Vol 02, No 02, pp 23-33.

Analyse par Télédétection de la dynamique des formations végétales 2002-2022 dans le Sud du Parc national de la Comoé (Nord-Est de la Côte d'Ivoire)

Konate Alassane

Laboratoire de Pédologie et Agriculture Durable,
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières,
Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Dibi N'da Hyppolite

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection,
Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Bongoua-Devisme Affi Jeanne

Laboratoire de Pédologie et Agriculture Durable,
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières,
Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n3p124](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p124)

Submitted: 01 October 2025

Accepted: 05 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Konate, A., Dibi, N.H. & Bongoua-Devisme, A.J. (2026). *Analyse par Télédétection de la dynamique des formations végétales 2002-2022 dans le Sud du Parc national de la Comoé (Nord-Est de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (3), 124.

<https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p124>

Résumé

Le Parc National de la Comoé, situé au nord de la Côte d'Ivoire, est un écosystème riche mais soumis à des pressions anthropiques et climatiques malgré son statut protégé. Cette étude analyse l'évolution de l'occupation du sol dans la moitié sud du parc entre 2002, 2012 et 2022, à partir d'images satellitaires LANDSAT. La méthodologie, validée ($Kappa > 0,77$), s'appuie sur une analyse de la dynamique spatio-temporelle par imagerie LANDSAT datant de 2002, 2012 et 2022. L'étude de la dynamique végétale dans la partie sud du Parc National de la Comoé (2002-2022) révèle deux phases contrastées. Il apparaît que la période de crise (2002-2012) a entraîné une érosion de la biodiversité forestière, avec un déclin de -51% des forêts denses et de -20% des forêts claires/savanes boisées, et une savanisation accélérée du paysage. Avec le retour d'une gestion effective (post 2012), un rétablissement notable

des formations forestières, est observé, avec des gains substantiels de superficie : Les savanes arborées ont manifesté la progression la plus remarquable, avec une expansion de 29,0% sur la décennie, atteignant 27,63% de la zone d'étude en 2022. Sur l'ensemble de la période (2002-2022) les savanes arbustives ont affiché la plus grande stabilité (89,6%) alors que les formations forestières ont quant à elles subi plus de mutations, accompagnée d'une légère augmentation des sols nus attestant des pressions anthropiques et climatiques. Par ailleurs, le réseau hydrographique a considérablement augmenté, illustrant des changements structurels importants. Ces résultats reflètent l'influence combinée de facteurs naturels et humains. Malgré une résilience certaine, la fragmentation des habitats et les pressions persistantes imposent une gestion intégrée, notamment la restauration des corridors écologiques et la gestion des feux, pour assurer la conservation biologique à long terme.

Mots-clés: Télédétection, Dynamique, mutations végétales, Parc National de la Comoé, résilience écologique

Remote Sensing Analysis of the Dynamics of Vegetation Formation Changes from 2002-2022 in the Southern of Comoé National Park (Northeastern Côte d'Ivoire)

Konate Alassane

Laboratoire de Pédologie et Agriculture Durable,
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières,
Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Dibi N'da Hyppolite

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection,
Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Bongoua-Devisme Affi Jeanne

Laboratoire de Pédologie et Agriculture Durable,
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières,
Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Abstract

Comoé National Park, located in the northern Côte d'Ivoire, is a rich ecosystem but faces anthropogenic and climatic pressures despite its protected status. This study analyzes land use changes in the southern half of the park between 2002, 2012, and 2022, using LANDSAT satellite images. The methodology, validated with a Kappa index greater than 0.77, is based on a

spatio-temporal dynamic analysis of LANDSAT imagery from 2002, 2012, and 2022. The study of vegetation dynamics in the southern part of Comoé National Park (2002-2022) reveals two contrasting phases. The crisis period (2002-2012) led to a decline in forest biodiversity, with a 51% decrease in dense forests and a 20% reduction in open forests/wooded savannas, accompanied by accelerated savannization of the landscape. Following the return of effective management (post-2012), a notable recovery of forest formations was observed, with substantial gains in area: wooded savannas showed the most remarkable increase, expanding by 29.0% over the decade to cover 27.63% of the study area by 2022. Over the entire period (2002-2022), shrub savannas showed the greatest stability (89.6%), while forest formations experienced more changes, along with a slight increase in bare soils, indicating ongoing anthropogenic and climatic pressures. Additionally, the hydrographic network significantly expanded, illustrating important structural changes. These results reflect the combined influence of natural and human factors. Despite some resilience, habitat fragmentation and persistent pressures require integrated management, including restoration of ecological corridors and fire management, to ensure long-term biological conservation.

Keywords: Remote sensing, Dynamics, Vegetation changes, , Comoé National Park, ecological resilience

Introduction

Le Parc National de la Comoé, situé au nord de la Côte d'Ivoire, constitue l'un des écosystèmes les plus riches et diversifiés d'Afrique de l'Ouest (Koueita *et al.*, 2018). Il se distingue par une mosaïque végétale complexe, allant des savanes ouvertes aux forêts denses, qui abrite plus des trois quarts des grands mammifères du pays (Yeo *et al.*, 2014). Ce haut niveau de biodiversité a valu au parc d'être inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1983. Malgré son statut protégé, son intégrité a été sévèrement compromise par la crise politico-militaire que le pays a traversée de 2002 à 2011, comme l'ont rapporté Fauret *et al.*, (2024). Cette période a entraîné un effondrement du contrôle et de la gestion des aires protégées, offrant une triste opportunité d'étudier la réponse des écosystèmes à une perturbation anthropique majeure (UICN/BRAO, 2008).

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif d'améliorer les connaissances sur la dynamique des formations végétales. Il est question d'analyser des mutations végétales intervenues dans le Parc national de la Comoé au cours des vingt dernières années afin de fournir des bases scientifiques solides pour orienter les décisions de gestion durable et de renforcer la protection de la biodiversité du parc. Spécifiquement, il s'agit de 1) quantifier les mutations des formations végétales entre 2002 (période de

crise), 2012 (post-crise) et 2022 (rétablissement) ; 2) évaluer la résilience différentielle des forêts et des savanes et 3) proposer des recommandations de gestion fondées sur les tendances observées pour consolider la reprise écologique. Tout ce aura pour finalité de fournir des bases scientifiques solides pour orienter les décisions de gestion durable et de renforcer la protection de la biodiversité du parc.

Matériels et méthodes

Zone d'étude

Le Parc National de la Comoé (PNC), avec une superficie totale de 1 149 450 hectares, est localisé dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Cette aire qui est le plus grand parc de l'Afrique de l'Ouest est à cheval sur les régions administratives du Bounkani, du Tchologo et celle du Hambol suivant le dernier découpage administratif du pays en 2011. Il se localise plus précisément entre les latitudes 8°30' et 9°40' Nord et les longitudes 3°10' et 4°20'Ouest. Ce parc a été classé dès 1983 comme patrimoine mondial par l'UNESCO. Le PNC se trouve dans une zone de transition entre le domaine soudanien et sub-soudanien, le PNC présente une mosaïque unique d'écosystèmes de savane et de forêt (Kouassi *et al.*, 2014). Le fleuve Comoé dont le nom est porté par le Parc, traverse ce dernier du Nord au Sud sur près de 200 km et y constitue le principal cours d'eau. Avec un climat de type tropical subhumide, la couverture végétale du PNC est dominée par des formations savanicoles parsemées d'îlots de forêts sèches et humides dont la plus importante est la forêt galerie longeant le fleuve Comoé. Le relief dominant est le plateau dont les altitudes culminent autour de 300 mètres. La géologie de la zone est dominée par des schistes et micaschistes alignés suivant la direction Nord-Sud. Les principaux types de sols rencontrés sont ferrallitiques, ferrugineux et hydromorphes (Yeo *et al.*, 2014). Notre étude se concentre sur sa partie méridionale (8°30' et 9°00' Nord et 3°10' et 4°20'Ouest) couvrant 8105 26 ha qui capturent la diversité écologique caractéristique du PNC, incluant les formations de savanes dominantes, les îlots forestiers et forêts-galeries (Malan *et al.*, 2017). Cette zone d'étude représente un microcosme facile d'accès, pour analyser les dynamiques spatio-temporelles végétales dont le pédopaysage est soumis à d'importantes pressions anthropiques.

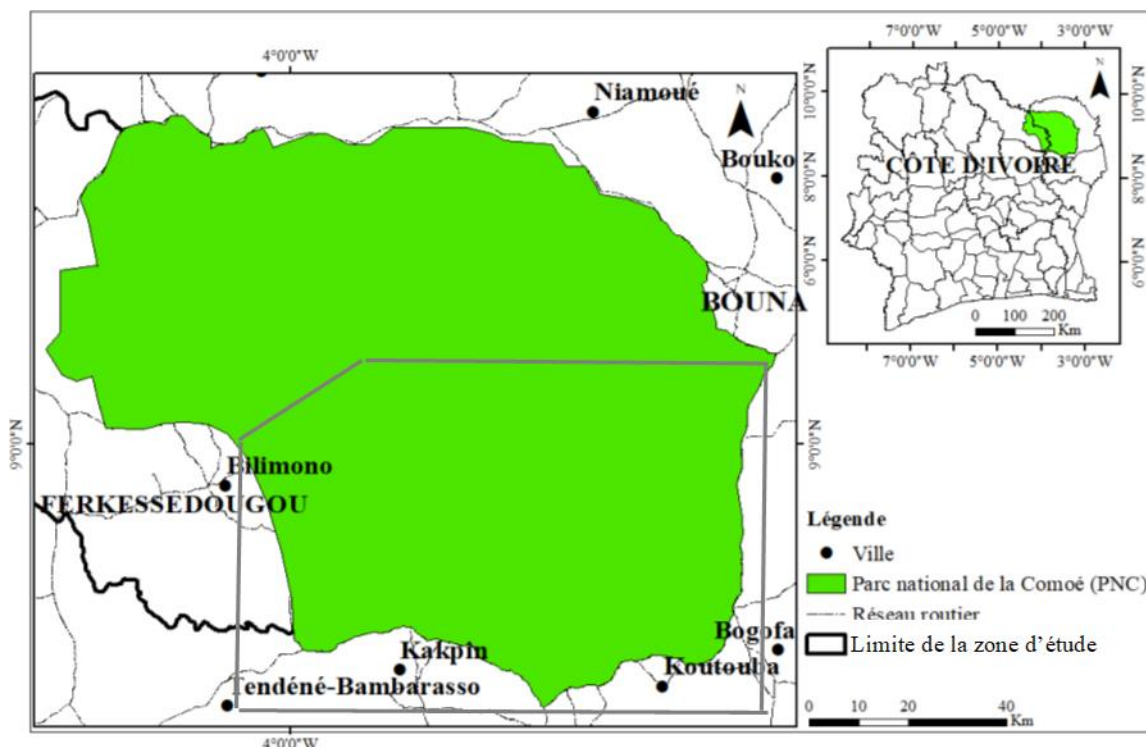


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

Données et méthodes

Données spatiales

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol dans la région sud du Parc National de la Comoé (PNC) couvre une période de vingt ans, divisée en deux phases distinctes: la période précédant les crises (2002-2011) et celle suivant la fin des perturbations sociopolitiques (2012-2022). Les données spatiales utilisées proviennent principalement d'images satellitaires acquises lors de la saison sèche, période privilégiée pour sa capacité à discriminer les classes d'occupation du sol en raison des contrastes spectraux marqués. Les images de la saison sèche sont particulièrement adaptées pour différencier les zones anthropisées, telles que les cultures et les jachères, des formations végétales naturelles comme les forêts, en raison de la séparation spectrale nettement distincte qui caractérise cette période (Barima et al., 2009 ; Oszwald et al., 2010). De plus, les effets atmosphériques y sont atténués, ce qui améliore la qualité et la précision des classifications (Chander & Markham, 2003). Les principales données mobilisées incluent des sources cartographiques, satellitaires ainsi que des données collectées sur le terrain. Les images satellitaires Landsat 7 ETM+ (scènes 196-53 et 196-54) des 15/12/2002, 25/01/2012 et 20/01/2022 ont été sélectionnées. Le choix de la saison sèche procède d'une stratégie : celle qui facilite la discrimination des

classes de végétation, et les effets atmosphériques y sont atténués, améliorant la qualité des classifications (Chander et Markham, 2003, Barima et al., 2009 ; Oszwald et al., 2010).

Collecte de données de terrain pour entraîner l'algorithme de classification

Les images satellitaires Landsat ont été obtenues par téléchargement grâce au site www Landsatlook.usgs.gov. Les périodes de 2002-2012 et 2012-2022 correspondent respectivement à la période de crise militaro-politique qu'a connue la Côte d'Ivoire et à la reprise en main du PNC par l'OIPR.

Après téléchargement, les fenêtres d'étude centrées sur le PNC ont été extraites à partir d'images de niveau L2, déjà corrigées des effets atmosphériques et radiométriques. Sur les images prétraitées de 2022, une combinaison des bandes et une composition colorée ont été réalisées en utilisant à la fois les bandes brutes et les trois premiers néocanaux obtenus via une Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette opération a permis de discerner, à travers une palette variée de colorations, les îlots forestiers, les formations forestières en galeries et/ou ripicoles, les forêts claires et savanes boisées, ainsi que les savanes arborées et arbustives. Par interprétation visuelle, les sols nus et les plans d'eau ont également été identifiés.

Un total de 150 points a ensuite été sélectionné pour être décrits sur le terrain, répartis de la manière suivante : forêt (35), forêt claire/savane boisée (25), savane arborée (35), savane arbustive (35), sol nu ou site habité (10) et plan d'eau (10). Les coordonnées géographiques de ces points ont été intégrées pour faciliter leur localisation précise lors du travail de terrain.

Les points présélectionnés ont été localisés puis décrits à l'aide d'une fiche de collecte de données. Les paramètres relevés comprenaient la structure (hauteur et recouvrement des strates ligneuses et herbacées), la biologie (espèces végétales dominantes, stade phénologique) et l'écologie (relief, drainage du sol, niveau de dégradation).

En complément, 200 points supplémentaires ont été directement collectés sur le terrain afin de valider les produits cartographiques. Ces points sont répartis comme suit; forêt (50), forêt claire/savane boisée (35), savane arborée (45), savane arbustive (50), sol nu ou site habité (10) et plan d'eau (10).

Production de la carte d'état des lieux 2022 des formations végétales du sud du Parc de la Comoé

Pour la classification supervisée, 120 points d'apprentissage ont été sélectionnés selon un plan d'échantillonnage stratifié visant à assurer une représentation optimale de chaque classe d'occupation du sol. Cette sélection, représentant 80% des points initialement collectés, a été optimisée pour

maximiser la séparabilité spectrale entre les classes tout en maintenant un équilibre interclasses. Cet algorithme, largement reconnu pour sa robustesse (Koné, 2021), a permis de générer la carte d'occupation du sol de 2022 pour la zone sud du Parc National de la Comoé.

La carte produite a ensuite été validée par une analyse de précision basée sur une matrice de confusion issue des données de contrôle. La carte est considérée comme validée lorsque le coefficient Kappa est supérieur à 0,50 et la précision globale dépasse 80%. Une fois validée, la carte 2022 a été vectorisée puis intégrée dans le logiciel ArcGIS 10.5 pour le calcul des superficies des différents types d'occupation du sol.

Production des cartes historiques de l'occupation du sol du Parc (2002 et 2012)

La méthodologie de traitement des images Landsat de 2012 et de 2002 est identique à celle appliquée en 2022. Cependant, pour l'entraînement de l'algorithme, seules les parcelles restées stables sur la période 2002-2022 ont été utilisées. Ce jeu de données comprend 99 points n'ayant pas connu de mutation et a servi de base pour la cartographie historique du sud du Parc National de la Comoé pour les années 2002 et 2012. Ces cartes ont ensuite été validées selon les mêmes critères de performance, à savoir un coefficient K_{appa} supérieur à 0,50 et une précision globale au moins égale à 80%. Une fois validées, elles ont été intégrées dans ArcGIS (version 10.5) pour le calcul des surfaces des différentes classes d'occupation du sol.

Analyse des mutations des formations végétales entre 2002 et 2022.

Les superficies des différents types d'occupation du sol ont été calculées pour les années 2002, 2012 et 2022. À l'aide du logiciel ArcGIS 10.5. À partir de ces données, une analyse quantitative des dynamiques des formations végétales a été réalisée en calculant les taux annuels d'accroissement ou de régression.

Un tableau de mutation a ensuite permis d'identifier les zones de stabilité végétale ainsi que celles où certaines formations ont été remplacées par d'autres. Cette analyse quantitative fournit, en définitive, un outil précieux pour évaluer l'efficacité de la protection du site, notamment par l'examen de la densification ou du déclin des formations végétales.

Resultats

Formations végétales observées sur le site d'étude

Le travail de terrain a permis de collecter plus de 350 points pour caractériser les différentes formations végétales. Les investigations montrent que les forêts et les savanes constituent les principales formations couvrant le sud du Parc National de la Comoé (PNC). Les peuplements forestiers sont des

formations végétales fermées, se manifestant sous forme d'îlots forestiers (Figure 2), de forêts-galeries bordant le fleuve Comoé (Figure 3), ou de forêts ripicoles le long des rivières. Les peuplements savanicoles, également fermés, se déclinent en savanes arborées (Figure 4), forêts claires/savanes boisées (Figure 5), savanes arbustives (Figure 6) et savanes herbeuses (Figure 7).

Les îlots forestiers, formations emblématiques du site, sont des peuplements fermés couvrant entre 50 et 70% du sol, contrastant avec les vastes espaces de savanes. Leur présence ne dépend pas nécessairement de la proximité des points d'eau. Localisées majoritairement dans le Sud du parc, ces forêts présentent une strate herbacée quasi absente et une strate ligneuse d'une hauteur comprise entre 10 et 15 mètres. Leur état de conservation varie (Figure 2).

Les forêts-galeries, situées le long du fleuve et de ses affluents, affichent une structure similaire aux îlots forestiers, avec une strate ligneuse plus basse autour de 10 mètres mais plus fermée (70 à 80% de recouvrement) et un meilleur état de conservation (Figure 3).

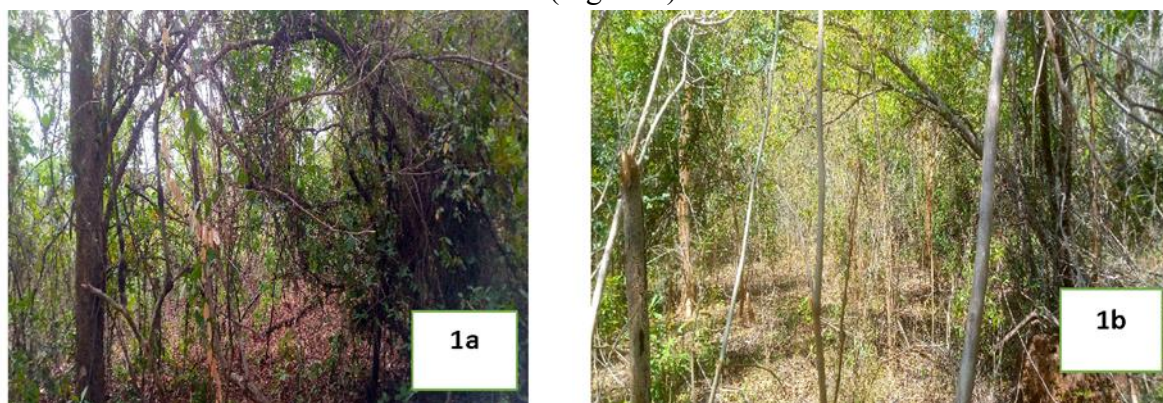


Figure 2 : Îlots de forêt : 1a (îlots forestiers conservés), 1b (îlots forestiers rajeunis) (Photo : Konaté, 2023)



Figure 3 : Forêt galerie aux rives de la Comoé (Photo : Konaté 2023)

Les savanes arborées du parc (Figure 4) se caractérisent par une strate ligneuse moins dense, avec un recouvrement plus faible allant de 10 à 20%, comparativement aux savanes boisées. En revanche, la strate herbacée est très développée, couvrant plus de 80% de la surface et dépassant généralement un mètre de hauteur. Cette strate est dominée par des espèces telles que *Andropogon gayanus*, *Andropogon chinensis*, ainsi qu'*Aframomum albobviolaceum* et *Aframomum latifolium*.

La strate ligneuse est quant à elle composée d'espèces comme *Berlinia grandiflora*, *Maytenus senegalensis*, *Piliostigma thonningii*, *Pleiocarpa mutica* et *Vittelaria paradoxa*.



Figure 4 : Savanes arborées de la Comoé : **3a** (savane arborée dense), **3b** (savane arborée moins dense) (photo : Konaté 2023)

Les forêts claire-savanes boisées (Figure 5) se distinguent des savanes arborées par une densité plus élevée de la strate ligneuse, avec un recouvrement de la canopée variant entre 30 et 50%. Cette canopée atteint une hauteur comprise entre 10 et 15 mètres. La strate herbacée est localement développée, contribuant à faire de cette formation une transition entre les forêts claires et les savanes arborées.

Parmi les espèces ligneuses dominantes, on trouve *Burkea africana*, *Daniellia oliveri*, *Vitellaria paradoxa*, *Afrormosia laxiflora*, *Isoberlinia doka* et *Lannea acida*. La strate herbacée est principalement constituée d'espèces telles que *Panicum phragmitoides* et *Hyparrhenia diplandra*.



Figure 5 : Savane boisée après passage de feu (Photo : Konaté 2023)

La savane arbustive (Figure 5) est majoritairement composée d'arbustes ne dépassant pas huit mètres de hauteur. Le tapis herbacé y est très dense et continu, avec les mêmes espèces que celles observées dans les savanes arborées. La strate arbustive est dominée par des espèces telles que *Detarium microcarpum*, *Terminalia avicennioides*, *Burkea africana* et *Vitellaria paradoxa*.

Les savanes herbeuses sont caractérisées par une très faible densité de la strate arbustive par endroits, où la strate herbacée est souvent absente en raison des incendies fréquents qui la consomment (Figure 7).



Figure 6 : Savanes arbustives : 6a (savane arbustive rajeunie après passage de feu), 6b (savane arbustive saine), (Photo : Konaté 2023)

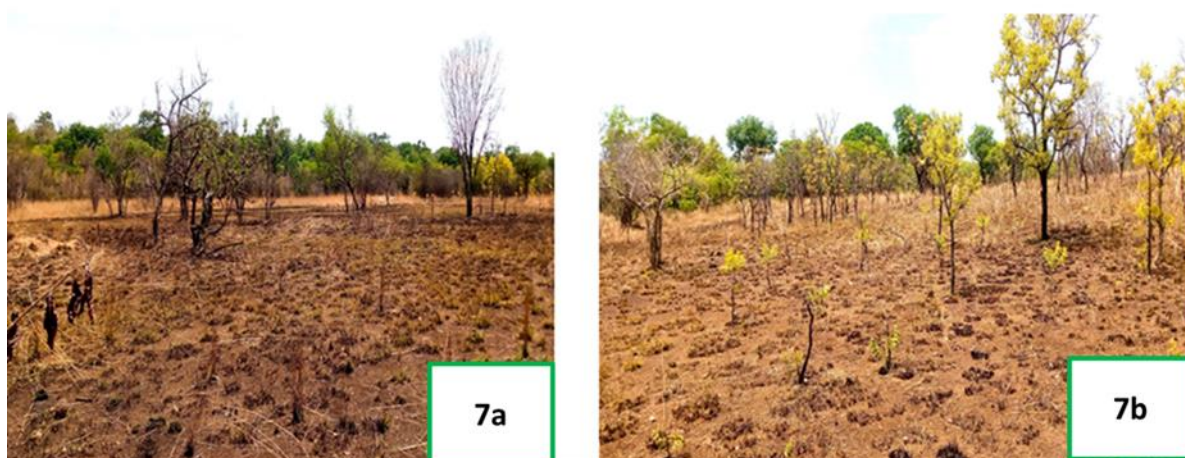


Figure 7 : Savanes herbeuses : 6a (après passage de feu), 6b (en mutation) (Photo : Konaté 2023)

Évolution du couvert végétal du Sud du Parc National de la Comoé à partir des images LANDSAT

Qualité des classifications des images LANDSAT entre 2002, 2012 et 2022

L'évaluation de la qualité des classifications pour les années 2002, 2012 et 2022 révèle des variations notables dans les performances des modèles utilisés (Tableau 1). En 2002, la classification atteint sa meilleure performance avec une précision de 90,83% et un indice de Kappa de 0,87. En 2012, on observe une baisse significative de la précision, qui passe à 83,90%, avec un indice de Kappa de 0,77. En 2022, une légère amélioration est constatée par rapport à 2012, avec une précision de 87,30% et un indice de Kappa de 0,82, indiquant un retour vers de meilleures performances. Malgré cette fluctuation, les résultats restent globalement satisfaisants.

En observant l'évolution des types de couvert végétal, l'on remarque une stabilité remarquable des zones d'eau dont la classification affiche une précision de 100% tout au long de la période étudiée (Tableau 2). En ce qui concerne les forêts, malgré une stabilité globale satisfaisante dans leur identification, des variations de précision sur la superficie ont néanmoins été constatées avec 44,27% en 2002, 25,56 % en 2012 et 43,85% en 2022. Les savanes boisées, quant à elles, présentent des fluctuations de précisions importantes avec 15,60% en 2002, 21,84% en 2012 et 21,26% en 2022. Les précisions sur les superficies des savanes arborées varient de 16,35% en 2002 à 11,02 % en 2012 et stabilise à 11,11% en 2022. Quant aux savanes arbustives, elles varient de 17,75% en 2002 à 49,51 % en 2012 et à 15,32% en 2022.

Tableau 1 : Matrice de confusion, précision globale et indice de Kappa pour les années 2002, 2012 et 2022 dans le Sud-Est du Parc National de la Comoé

2002, 2012 et 2022 dans le Sud-Est du Parc National de la Gômbé							
Classes	année	Forêt	Savbois	Savarbo	Savarbu	Sol nu	Eau
Forêt	2002	89,15	10,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Savane boisée		10,85	83,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Savane arborée		0,00	4,23	96,80	0,00	0,00	0,00
Savane arbustive		0,00	2,03	3,20	92,34	0,00	0,00
Sol nu		0,00	0,00	0,00	7,66	100,	0,00
Eau		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
		Précision globale : 90,832%					
		Coefficient Kappa : 0,7728					
		Forêt	Savbois	Savarbo	Savarbu	Sol nu	Eau
Forêt	2012	76,14	22,65	0,00	0,00	0,00	0,00
Savane boisée		23,77	77,50	0,88	2,49	0,00	0,00
Savane arborée		0,10	4,25	93,45	5,99	1,59	0,00
Savane arbustive		0,00	1,13	5,65	91,52	9,52	0,00
Sol nu		0,00	0,19	0,00	0,00	88,89	0,00
Eau		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
		Précision globale : 83,897%					
		Coefficient Kappa : 0,7728					
		Forêt	Savbois	Savarbo	Savarbu	Sol nu	Eau
Forêt	2022	88,10	19,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Savane boisée		11,80	79,24	8,00	0,00	0,00	0,00
Savane arborée		0,07	1,08	90,30	0,35	0,00	0,00
Savane arbustive		0,03	0,08	1,56	83,94	0,38	0,00
Sol nu		0,00	0,00	0,14	15,71	99,62	0,00
Eau		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
		Précision globale : 87,2978%					
		Coefficient Kappa : 0,8223					

Tableau 2 : Proportions des précisions de couverture par classe de végétation et de sol des images LANDSAT de 2002, 2012 et 2022

Paramètres	Précisions par classe	2002	2012	2022
Forêt	Producteur	89,15%	76,14%	88,10%
	Utilisateur	97,25%	93,18%	90,91%
Savane boisée	Producteur	83,57%	77,50%	79,24%
	Utilisateur	64,03%	52,41%	75,13%
Savane arborée	Producteur	96,80%	93,45%	90,30%
	Utilisateur	96,91%	77,20%	97,20%
Savane arbustive	Producteur	92,34%	91,52%	83,94%
	Utilisateur	97,79%	97,32%	98,57%
Sol nu	Producteur	100,00%	88,89%	99,62%
	Utilisateur	52,47%	91,80%	99,23%
Eau	Producteur	100,00%	100,00%	100,00%
	Utilisateur	100,00%	100,00%	100,00%
Principales confusions		2002	2012	2022
Forêt/Savane boisée		10,17%	22,65%	19,60%
Savane boisée/Savane arborée		4,23%	4,25%	1,08%

Savane arborée/Savane arbustive	3,20%	5,99%	0,35%
Proportions totales	2002	2012	2022
Forêt	44,27%	25,56%	43,85%
Savane boisée	15,60%	21,84%	21,26%
Savane arborée	16,35%	11,02%	11,11%
Savane arbustive	17,75%	49,51%	15,32%
Sol nu	3,03%	0,85%	6,97%
Eau	2,99%	1,21%	1,18%

Occupation du sol dans la partie Sud du PNC face aux pressions anthropiques

En 2002, le paysage du PNC est dominé par les formations de savanes, qui couvrent près de 97% de la superficie totale de la zone d'étude. Plus précisément, la savane arbustive occupe 68,1%, forêt claire/savanes boisée 7,20% 2,5% et les savanes arborées 21,42% (Tableau 3, Figure 9). Les sols nus et les surfaces en eau représentent moins de 1%, répartis respectivement en 0,68% et 0,15% (Tableau 3, Figure 9).

En 2012, la dynamique des types d'occupation du sol montre une diminution de la superficie des à 1,23 %, soit une baisse de 1,28% par rapport à 2002. Par ailleurs on note une régression des forêts claires/savanes boisées à 79,6% soit une baisse de 20,43 %. Les formations savaniques couvrent alors 97,9%, réparties entre savanes arbustives (69,6%) et savanes arborées (22,63%), forêt claire/savanes boisées (5,71%), tandis que les forêts représentent 1,23% de la zone étudiée. Par ailleurs, la superficie des sols nu atteint 0,70% alors qu'elle était de 0,68% en 2002 soit un gain (0,02%), alors que les zones en eau restent stables à 0,14%. Cette période illustre une transition progressive marquée par une augmentation des savanes arborées au détriment des forêts et des forêts claires/ savanes boisées (Tableau 3, Figure 10).

En 2022, la couverture des savanes arbustives et arborées diminue légèrement pour atteindre respectivement 67,9%, et 21,48%, par rapport 2012. On note une augmentation significative des couvertures forestières à +147% soit un gain de 47,1%, par rapport 2012. Les sols nus restent stables en 2022, tandis que les superficies en eau connaissent une hausse passant de 0,14% à 0,47%. La carte d'occupation du sol du Sud du PNC en 2022 (Tableau 3, Figure 11) illustre cette tendance d'expansion des formations arborées et forestières, avec une relative stabilité des formations des savanes arbustives.

Tableau 3 : Évolution des superficies de l'occupation du sol dans la partie Sud du Parc National de la Comoé entre 2002, 2012 et 2022. Les chiffres en parenthèses sont les superficies des formations (%) par rapport à la superficie totale

Occupation du sol	Aire 2002 (ha)	Aire 2012 (ha)	Aire 2022 (ha)
Forêt	14 278,20 (2,50 %)	7 023,30 (1,23 %)	10 328,05 (1,81 %)
Forêt claire / Savane boisée	41 014,40 (7,20 %)	32 632,63 (5,71 %)	43 569,20 (7,63 %)
Réseau hydrographique	864,90 (0,15 %)	812,05 (0,14 %)	2 709,80 (0,47 %)
Savane arborée	122 313,00 (21,42 %)	129 216,10 (22,63 %)	122 689,70 (21,48 %)
Savane arbustive	388 697,00 (68,06 %)	397 393,00 (69,59 %)	387 769,60 (67,90 %)
Sol nu	3910,81 (0,68 %)	4 001,23 (0,70 %)	4011,96 (0,70 %)
TOTAL (zone d'étude)	571 078,31 (100 %)	571 078,31 (100 %)	571 078,31 (100 %)

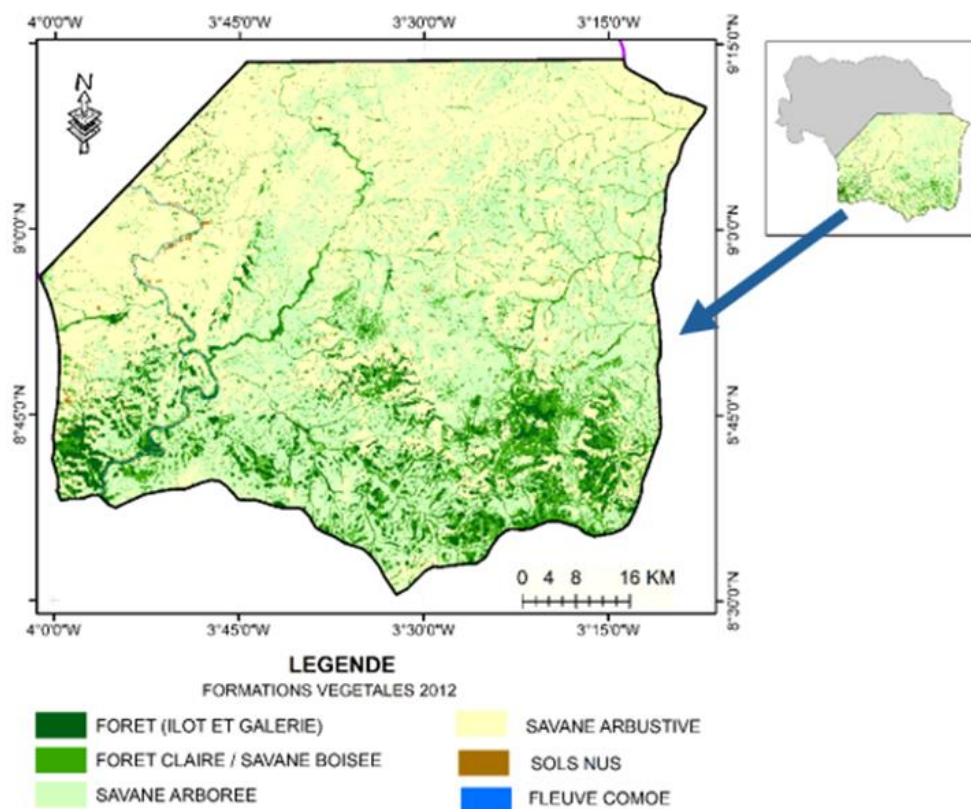


Figure 9: Carte d'occupation du sol du Sud du Parc National de la Comoé en 2002

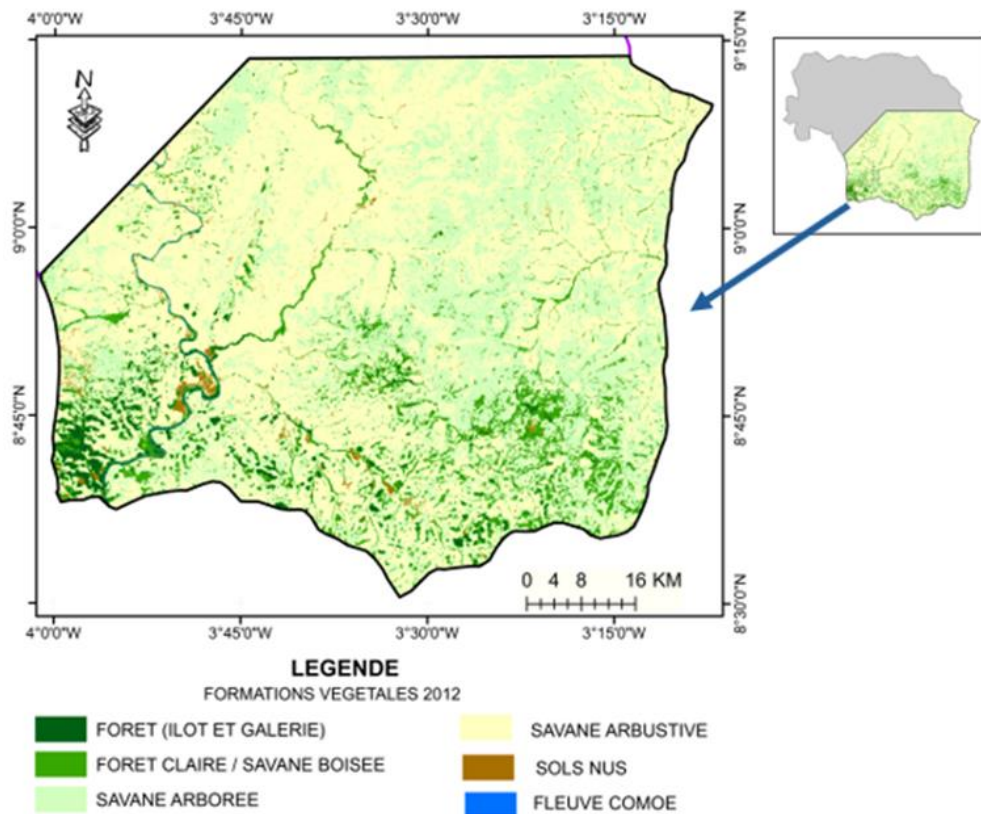


Figure 10 : Carte d'occupation du sol du Sud-Est du Parc National de la Comoé en 2012

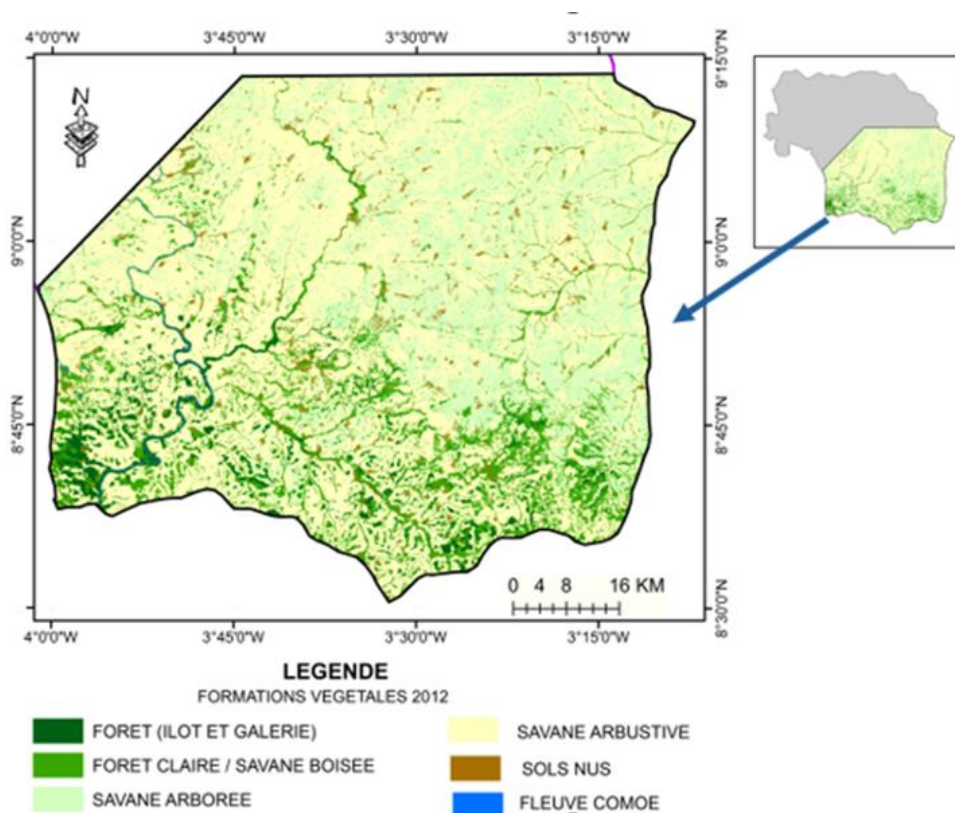


Figure 11 : Occupation du sol du Sud-Est du Parc National de la Comoé en 2022

Le Tableau 4 met en lumière deux décennies contrastées pour les formations végétales du Parc National de la Comoé. La première décennie (2002-2012) a été marquée par une forte dégradation des forêts denses, qui ont perdu 51% de leur surface, passant de 14278,20 à 7023,3 hectares, tandis que les forêts claires et savanes boisées ont diminué de 20%, passant de 41014,40 à 32632,63 hectares. Cette période témoigne d'une transition préoccupante vers des formations plus ouvertes, avec une Très légère augmentation importante des sols nus (+2,31%, atteignant 4001,23 hectares en 2012), signe d'une intensification des pressions anthropiques et climatiques. La seconde décennie (2012-2022) montre une reprise écologique avec une régénération partielle des forêts denses (+47,1%, atteignant 10328,05 hectares en 2022) et une expansion significative des forêts claires/savanes boisées (+33,5%, atteignant 43569,2 hectares en 2022). Parallèlement, la surface des sols nus reste légèrement stable à 4011,96 hectares en 2022, avec une recolonisation complète de ces sols par la végétation arbustive entre 2012 et 2022. Ces évolutions indiquent une dynamique de restauration écosystémique notable après une période de forte dégradation.

De 2002-2022, nos résultats montrent une vision globale des changements. Malgré une récente résilience, les formations forestières denses accusent toujours un bilan net négatif avec une perte de 10 270 hectares (-28%). Cette perte est partiellement compensée par une augmentation des forêts claires et savanes boisées (+2554,8 hectares). Cette évolution traduit une dynamique de savanisation modérée mais persistante, témoignant d'une transformation progressive du paysage végétal du Parc National de la Comoé.

Tableau 4 : Évolution décennale et globale des formations végétales et des types d'occupation des sols (2002-2022)

Occupation du sol	Aire 2002 (ha)	Aire 2012 (ha)	Dynamique annuelle
Forêt	14 278,20	7 023,30	PERTE
Forêt claire savane boisée	41 014,40	32 632,63	PERTE
Réseau hydrographique	864,90	812,05	PERTE
Savane arborée	122 313,00	129 216,10	GAIN
Savane arbustive	388 697,00	397 393,00	GAIN
Sol nu	3910,81	4 001,23	GAIN
Occupation du sol	Aire 2012 (ha)	Aire 2022 (ha)	Dynamique annuelle
Forêt	7 023,30	10 328,05	GAIN
Forêt claire savane boisée	32 632,63	43 569,20	GAIN
Réseau hydrographique	812,05	2 709,80	GAIN
Savane arborée	129 216,10	122 689,70	PERTE
Savane arbustive	397 393,00	387 769,60	PERTE
Sol nu	4 001,23	4 011,96	GAIN
Occupation du sol	Aire 2002 (ha)	Aire 2022 (ha)	Dynamique annuelle
Forêt	14 278,20	10 328,05	PERTE
Forêt claire savane boisée	41 014,40	43 569,20	GAIN
Réseau hydrographique	864,90	2 709,80	GAIN
Savane arborée	122 313,00	122 689,70	GAIN

Le Tableau 5 révèle des dynamiques écologiques complexes dans le Parc National de la Comoé. Les forêts montrent une vulnérabilité structurelle avec une stabilité faible de 36,31% durant la première décennie, qui s'améliore à 68,31% sur la seconde. Cependant, ces forêts se transforment principalement en forêts claires/ savanes boisées, avec des taux de mutation élevés : 63,64% entre 2002 et 2012, puis 29,77% entre 2012 et 2022. Parallèlement, le réseau hydrographique connaît une expansion remarquable, triplant presque sa superficie de 864,9 ha à 2709,8 ha durant la seconde décennie. Les forêts claires et savanes boisées évoluent vers les savanes arborées, affichant des taux de mutation respectifs de 54,27% et 21,3% sur ces périodes. Ces changements traduisent des processus naturels et anthropiques influençant la dynamique végétale du parc.

Tableau 5 : Comparaison des taux de mutation et de stabilité dans les types d'occupation des sols (2002-2012 et 2012-2022)

Occupation initiale	Occupation finale	% Mutation (2002-2012)	État	% Mutation (2012-2022)	État
Forêt	Forêt	36,31	Stabilité	68,31	Stabilité
	Forêt claire/savane boisée	63,64	Mutation	29,77	Mutation
	Réseau hydrographique	0,02	Mutation	1,71	Mutation
	Savane arborée	0,04	Mutation	0,03	Mutation
	Sol nu	-	-	0,19	Mutation
Forêt claire/savane boisée	Forêt	4,40	Mutation	13,05	Mutation
	Forêt claire/savane boisée	4,26	Stabilité	62,63	Stabilité
	Réseau hydrographique	0,03	Mutation	2,98	Mutation
	Savane arborée	54,27	Mutation	21,30	Mutation
	Savane arbustive	0,04	Mutation	0,04	Mutation
Réseau hydrographique	Forêt	3,77	Mutation	1,55	Mutation
	Forêt claire/savane boisée	12,34	Mutation	1,40	Mutation
	Réseau hydrographique	78,87	Stabilité	69,72	Stabilité
	Savane arborée	3,84	Mutation	0,63	Mutation
	Savane arbustive	1,17	Mutation	23,86	Mutation
	Sol nu	-	-	2,84	Mutation
Savane arborée	Forêt	-	-	0,01	Mutation
	Forêt claire/savane boisée	5,47	Mutation	15,35	Mutation
	Réseau hydrographique	0,02	Mutation	0,68	Mutation
	Savane arborée	50,09	Stabilité	61,36	Stabilité
	Savane arbustive	44,42	Mutation	22,54	Mutation
	Sol nu	-	-	0,04	Mutation
Savane arbustive	Forêt	-	-	0,02	Mutation
	Forêt claire/savane boisée	-	-	0,28	Mutation
	Réseau hydrographique	0,03	Mutation	0,04	Mutation
	Savane arborée	11,65	Mutation	9,28	Mutation
	Savane arbustive	87,28	Stabilité	89,59	Stabilité
	Sol nu	1,04	Mutation	0,78	Mutation
Sol nu	Savane arborée	12,67	Mutation	-	-
	Savane arbustive	87,33	Mutation	100,00	Mutation

Stabilité écologique et mutations paysagères

L'étude de la stabilité écologique repose sur l'analyse quantitative de la persistance des types d'occupation des sols entre 2002 et 2022 dans la partie sud du Parc National de la Comoé (PNC) (Tableau 6, Figure 12). Les savanes arbustives montrent la plus forte résilience avec un taux de persistance de 89,6% (test ANOVA, $F(2,1140) = 15,34$, $p = 0,001$), suivies par le réseau hydrographique (69,7%, $F(2,1140) = 8,92$, $p = 0,010$). La forêt dense présente un taux de persistance de 68,3% ($F(2,1140) = 7,85$, $p = 0,010$), tandis que les forêts claires/savanes boisées (62,6%, $F(2,1140) = 4,12$, $p = 0,050$) et les savanes arborées (61,4%, $F(2,1140) = 4,08$, $p = 0,050$) présentent une stabilité significativement plus faible.

L'analyse comparative stabilité-mutation (Tableau 6, Figure 13) confirme cette hiérarchie : les savanes arbustives ont le taux de mutation moyen le plus faible (2,1%), significativement inférieur (test du χ^2 , $\chi^2 = 2847,3$, ddl = 3, $n = 571$, $p < 0,001$) à ceux des autres formations, qui s'élèvent à 7,9% pour les forêts, 9,3% pour les forêts claires/savanes boisées, et 7,7% pour les savanes arborées.

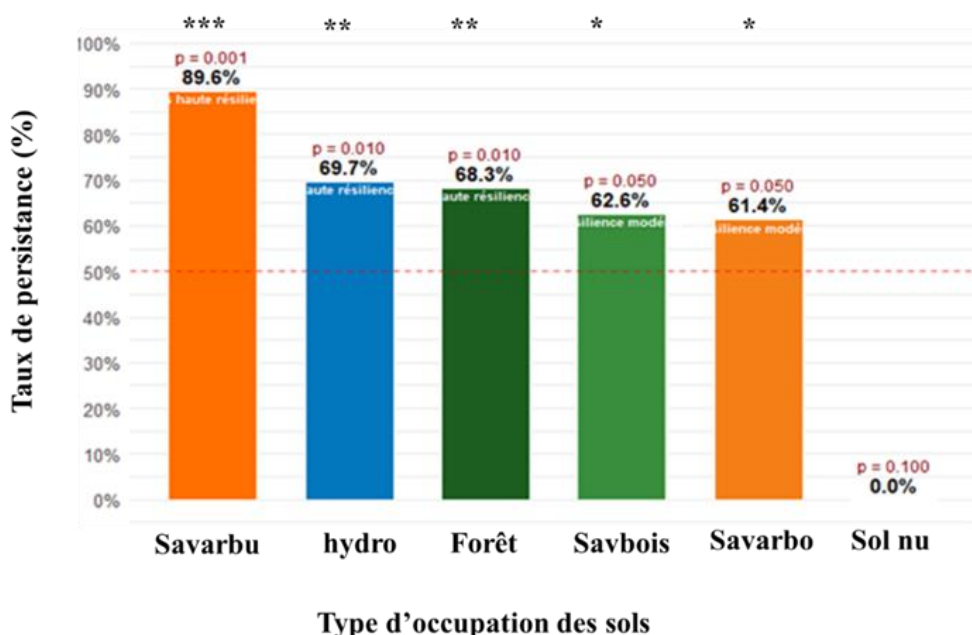
Cette étude souligne la robustesse particulière des savanes arbustives face aux changements d'occupation du sol, tandis que les formations forestières et les savanes arborées sont plus sujettes à la mutation et au renouvellement de leur couverture.

Tableau 6: Matrice de transition des types d'occupation des sols entre 2012 et 2022

2012 \ 2022	Forêt	Savane arborée	Plans d'eau	Savane à arbres	Savane arbustive	Sol nu
Forêt	68.3	29.8	1.7	0.0	—	0.2
Savane arborée	13.1	62.6	3.0	21.3	0.0	—
Plans d'eau	1.6	1.4	69.7	0.6	23.9	2.8
Savane à arbres	0.0	15.3	0.7	61.4	22.5	0.0
Savane arbustive	0.0	0.3	0.0	9.3	89.6	0.8
Sol nu	—	—	—	—	100.0	

Les valeurs diagonales (gras) indiquent le taux de persistance à $p < 0.001$, V de Cramer=0,624

Figure 12: Persistance des types d'occupation des sols (2002-2022)



Savarbu (savane arbustive), Hydro (réseau hydrographique), Savbois (savane boisée), Savarbo (savane arborée). *** (très hautement significatif), ** (hautement significatif), * (significatif)

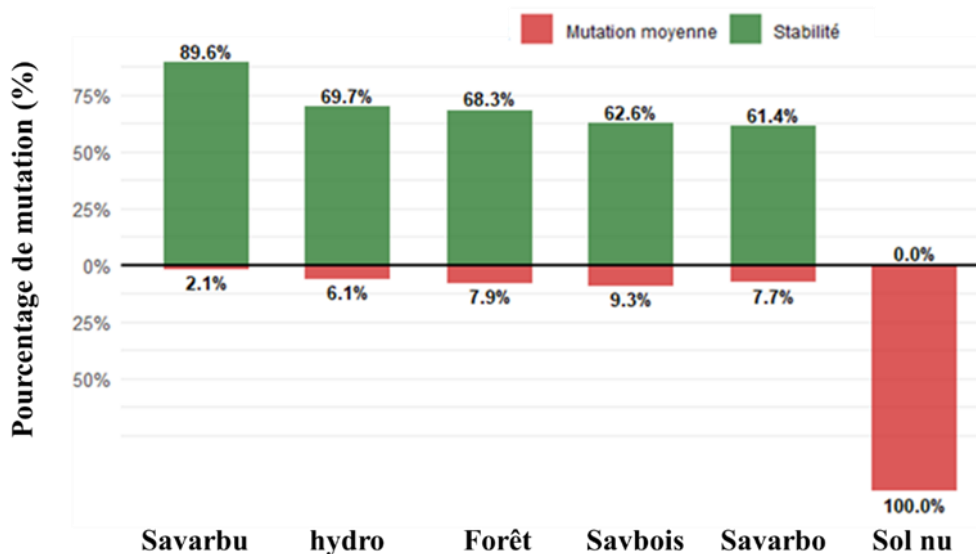


Figure 13: Comparaison stabilité vs mutation moyenne pour chaque formation végétale de 2002-2022

Discussion

Le Parc National de la Comoé, situé au nord-est de la Côte d'Ivoire, est l'une des plus vastes et diversifiées réserves naturelles d'Afrique de l'Ouest, caractérisée par une mosaïque unique d'écosystèmes de savane et de forêt dans une zone de transition écologique exceptionnelle.

Composition et dynamique spatio-temporelle des formations végétales dans le Sud du Parc National de la Comoé (2002-2022)

L'étude spatio-temporelle des formations végétales dans la partie sud du Parc National de la Comoé (PNC) révèle une prédominance constante des formations savanicoles sur la période 2002-2022. Ces formations représentent environ 89,5% de la superficie totale en 2002, atteignent un pic à 92,22% en 2012, et couvrent encore 89,38% en 2022. Cette domination s'explique par les conditions bioclimatiques spécifiques à la zone de transition soudano-guinéenne, caractérisée par un régime pluviométrique annuel de 800 à 1200 mm et une saisonnalité marquée, qui favorisent naturellement les végétations ouvertes typiques des savanes (Sankaran et al., 2005). Ces résultats vont dans le sens des descriptions de Lauginie (2007) qui qualifie le parc comme une mosaïque d'écosystèmes à dominante savanicole. Les formations forestières, quant à elles, représentent moins de 10% de la surface totale et se présentent sous forme d'îlots forestiers et de forêts galeries très fragmentés. Cette configuration spatiale correspond au modèle écologique classique des zones de transition forêt-savane observé en Afrique de l'Ouest (Fairhead & Leach, 1996) et est cohérente avec les observations faites dans d'autres aires protégées ouest-africaines (Goetze et al., 2006).

Entre 2002 et 2012, une forte diminution des surfaces forestières, de plus de 50%, est enregistrée, accompagnée d'une baisse de 20,44% des savanes arbustives. Cette dégradation reflète principalement l'impact de la crise socio-politique ivoirienne qui a affaibli le contrôle des institutions et favorisé les activités illégales telles que le braconnage et le défrichement (Koueita et al., 2018). Depuis 2012, un renversement de cette tendance est observé, avec une augmentation de 47% des formations forestières et une légère baisse (-3,1%) des savanes, traduisant une stabilisation progressive du contexte politique et un renforcement de la gestion des aires protégées (Rainfroy, 2017).

Ces évolutions peuvent également être expliquées par des variations climatiques décennales. Une phase plus sèche entre 2002 et 2012 aurait favorisé la progression des savanes aux dépens des forêts, tandis qu'une humidité accrue après 2012 a permis la régénération forestière (Nicholson et al., 2018). Les écosystèmes forêt-savane dans la zone étudiée sont particulièrement sensibles même à de modestes fluctuations pluviométriques (Scheiter & Higgins, 2009).

Résilience écologique, fragmentation et gestion

Les forêts claires-savanes boisées ont connu les mutations les plus marquées : une diminution de 54,27% entre 2002 et 2012, suivie d'une hausse de 62,63% de 2012 à 2022. Ces formations, qui constituent des écotones entre les forêts denses et les savanes, présentent une sensibilité particulière aux changements environnementaux et représentent d'excellents indicateurs des dynamiques écologiques régionales (Hennenberg et al., 2006). Leur fluctuation importante traduit un effet tampon, absorbant en premier lieu les pressions environnementales et profitant rapidement des conditions favorables à la régénération, conformément aux modèles d'équilibres alternatifs forêt-savane décrits par Staver et al. (2011).

Même si les plans d'eau et les sols nus représentent une faible part du territoire (respectivement 0,15% et 0,68% en 2002), ils jouent un rôle crucial dans la résilience hydrologique et écologique du parc, élément vital pour la biodiversité dans cette zone où l'eau constitue souvent une ressource limitée (Brncic et al., 2007).

L'inversion de la tendance après 2012 illustre une capacité de résilience écologique notable des écosystèmes du parc, soutenue par la régénération des forêts existantes. Cependant, la fragmentation importante et persistante des formations forestières (îlots et forêts galeries) limite cette résilience, compromettant l'intégrité écologique et la connectivité des habitats. Cela souligne la nécessité d'interventions ciblées pour restaurer les corridors écologiques, essentielles à la pérennité des espèces forestières (Bodin et al., 2006). Harper et al. (2005) insistent aussi sur l'importance de considérer les effets de lisière, comme les modifications microclimatiques et l'invasion d'espèces savaniques, qui affectent la qualité écologique des forêts fragmentées.

Par ailleurs, la prédominance des formations savaniques appelle à une gestion adaptative des régimes de feux, un levier clé pour orienter la succession végétale selon les objectifs de conservation. Des expériences en Afrique de l'Ouest démontrent que l'ajustement de la fréquence, l'intensité et la saisonnalité des feux peut favoriser soit l'expansion forestière, soit le maintien des savanes (Laris & Wardell, 2006), ce qui est particulièrement pertinent pour la gestion des forêts claires-savanes boisées sensibles aux perturbations.

Enfin, la classification des types de végétation dans des zones de transition écologiques telles que le PNC comporte des défis méthodologiques importants. Les seuils choisis pour différencier des catégories proches, comme forêts claires vs savanes arborées, influencent les estimations de surface et les interprétations des dynamiques. Une analyse de sensibilité aux paramètres de classification renforcerait la fiabilité des conclusions (Sasaki & Putz, 2009).

Conclusion

Le Parc National de la Comoé présente une dynamique végétale dominée par les savanes, couvrant plus de 89% de la zone entre 2002 et 2022, sous l'influence du climat de transition soudano-guinéenne. Les formations forestières, minoritaires et fragmentées, ont diminué fortement jusqu'en 2012 avant de connaître une reprise liée à l'amélioration de la gestion et à des variations climatiques. La fragmentation forestière persiste, limitant la résilience écologique. Au-delà de ce constat, les observations révèlent la résilience des savanes arbustives qui ont conservé en grande partie leur superficie, contrastant avec la vulnérabilité structurelle des formations forestières. Malgré leur capacité de régénération à la suite de l'atténuation des pressions anthropiques dues au retour d'une gestion effective, les forêts denses affichent un bilan net négatif sur les deux décennies. Dans ce contexte, une évolution des stratégies de conservation s'impose. La gestion future du parc doit intégrer en plus du contrôle des pressions immédiates, une approche proactive de restauration écologique. La priorité doit être accordée à la reconstitution de la connectivité paysagère par la restauration active des corridors écologiques entre les massifs forestiers fragmentés. Parallèlement, une gestion adaptative et différenciée du régime des feux est cruciale pour favoriser la progression des formations forestières dans les écotones et contenir le processus de savanisation.

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) et à sa Direction de la Zone Nord (DZN) pour leur soutien logistique et technique, ainsi qu'au personnel administratif et technique de la direction de Bouna pour l'appui technique précieux apporté tout au long de la réalisation de ces travaux.

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. Archibald, S., Roy, D. P., Van Wilgen, B. W., Scholes, R. J., 2009. What limits fire? An examination of drivers of burnt area in Southern Africa. *Global Change Biology*, 15(3), 613–630. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01754.x>.

2. Barima Y. S. S., 2009. Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages en milieux de transition forêt-savane dans le département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université libre de Bruxelles (Bruxelles, Belgique), 196 p.
3. Bodin, O., Tengö, M., Norman, A., Lundberg, J., Elmqvist, T., 2006. The value of small size: Loss of forest patches and ecological thresholds in southern Madagascar. *Ecological Applications*, 16(2), 440–451. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[0440:TVOSSL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[0440:TVOSSL]2.0.CO;2).
4. Brncic, T. M., Willis, K. J., Harris, D. J., & Washington, R., 2007. Culture or climate? The relative influences of past processes on the composition of the lowland Congo rainforest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1478), 229-242. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1982>.
5. Chander G., et Markham B. L., 2003. Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges. *IEEE transaction on geoscience and remote sensing*, 41(11) : 2674-2677.
6. Fairhead, J., Leach, M., 1996. *Misreading the African landscape*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139164023>.
7. Goetze, D., Hörsch, B., & Porembski, S., 2006. Dynamics of forest–savanna mosaics in north-eastern Ivory Coast from 1954 to 2002. *Journal of Biogeography*, 33(4), 653–664. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01312.x>.
8. Harper, K. A., Macdonald, S. E., Burton, P. J., Chen, J., Brosfokske, K. D., Saunders, S. C., Esseen, P. A., 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19(3), 768-782. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x>.
9. Hennenberg, K.J.; Fischer, F.; Kouadio, K.; Goetze, D.; Orthmann, B.; Linsenmair, K.E.; Jeltsch, F.; Porembski, S., 2006. Phytomass and fire occurrence along forest-savanna transects in the Comoé National Park, Ivory Coast; *Journal of Tropical Ecology* 22: pp. 303-311.
10. Koueita, M., Konaté, K., Diomandé, M., Brou, A. N., 2018. La problématique de gestion du Parc National de la Comoé (PNC) en Côte d'Ivoire, entre la survie des populations riveraines et la conservation de la biodiversité. *European Scientific Journal*, 14(35), 391–411. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n35p391>.
11. Laris, P., Wardell, D. A., 2006. Good, bad or 'necessary evil'? Reinterpreting the colonial burning experiments in the savanna

- landscapes of West Africa. *The Geographical Journal*, 172(4), 271–290. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2006.00215.x>.
12. Lauginie, F. R., 2007. *Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire* (Vol. 1, XX-668 p.). CEDA/NEI/Hachette et Afrique Nature. Nicholson, S. E., Funk, C., & Fink, A. H. (2018). Rainfall over the African continent from the 19th through the 21st century. *Global and Planetary Change*, 165, 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.12.014>.
 13. Oszwald J., Antoine L., Arnould de Sartre X., Marcello T., Gond V., 2010. Analyse des directions de changement des états de surface végétaux pour renseigner la dynamique du front pionnier de Maçaranduba (Brésil) entre 1997 et 2006. *Télédétection*, 9(2) : 97-111.
 14. Rainfroy, C., 2017. Côte d'Ivoire : le parc national de la Comoé n'est plus en péril, selon l'UNESCO. *Jeune Afrique*. Repéré à <https://www.jeuneafrique.com/454042/societe/cote-divoire-parc-national-de-comoe-retire-de-liste-patrimoine-peril/>.
 15. Sankaran, M., Hanan, N. P., Scholes, R. J., Ratnam, J., Augustine, D. J., Cade, B. S., Gignoux, J., Higgins, S. I., Le Roux, X., Ludwig, F., Ardo, J., Banyikwa, F., Bronn, A., Bucini, G., Caylor, K. K., Coughenour, M. B., Diouf, A., Ekaya, W., Feral, C. J., February, E. C., Frost, P. G., Hiernaux, P., Hrabar, H., Metzger, K. L., Prins, H. H., Ringrose, S., Sea, W., Tews, J., Worden, J., & Zambatis, N., 2005. Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, 438(7069), 846–849. <https://doi.org/10.1038/nature04070>.
 16. Sasaki, N., Putz, F. E., 2009. Critical need for new definitions of “forest” and “forest degradation” in global climate change agreements. *Conservation Letters*, 2(4), 226–232. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00067.x>.
 17. Scheiter, S., Higgins, S. I., 2009. Impacts of climate change on the vegetation of Africa: An adaptive dynamic vegetation modelling approach. *Global Change Biology*, 15(9), 2224–2246. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01838.x>.
 18. Staver, A. C., Archibald, S., Levin, S. A., 2011. The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. *Science*, 334(6053), 230-232. <https://doi.org/10.1126/science.1210465>.