

European Scientific Journal, *ESJ*

December 2025

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Humanities

December 2025 edition vol. 21, No. 35

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:

Exploring Saudi EFL Learners' Perceptions and Use of AI-Powered English Learning Platforms in the Context of Vision 2030.....1

Rami Mubarak

From Integration to Resilience: Rethinking Euro-Atlanticism in the Post-Ukraine European Order.....25

Bekim Maksuti

Identity Resilience and Professional Reconstruction Among Internally Displaced Youth in Burkina Faso's Central Region.....36

Elie Corneille Dakuyo

Signes de dépression chez les étudiants redoublants de l'Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe à Kinshasa : Enquête qualitative.....53

Becker Sunga Sunga

Lorsque le symbolique transcende les frontières terrestres entre le Cameroun et ses voisins : la contribution des mariages transfrontaliers à l'intégration sous-régionale en Afrique centrale.....68

Yvan Nathanael Noubissi

Impacts environnementaux et socio-économiques de l'évolution morphodynamique du littoral de la ville de Rufisque (Sénégal).....95

Ibra Faye

El Hadji Balla Dieye

Mamadou Thior

Tidiane Sane

Territorializing Aquatic Biodiversity: Local Ecological Knowledge (LEK) and Elasmobranch Distribution in the Kango Estuary (Gabon).....123

Teddy Tanguy Mbeng Mendene

Judicael Regis Kema Kema

Marjolaine Okanga Guay

Igor Akendengue Aken

Mvomo Minko Youri

Christy Achtone Nkollo-Kema Kema

Évaluation des précipitations et des températures moyennes annuelles de 2021 à 2100 du bassin versant de la Loka (Centre de la Côte d'Ivoire).....152

Aloua Estelle Danielle Ebé

Yah Carine Ettien

N'dja Kolé Jacques Kamna

Gabriel Ettienne Aké

Kouassi Ernest Ahoussi

**Dynamique Spatio-Temporelle des Paramètres Hydrologiques et
Influence sur la Salinité de l'estuaire côtier de la Bouche du
Roy.....169**

Romaine Assogba-Ballè

D.M. Maurice Ahouansou

Luc O. Sintondji

Exploring Saudi EFL Learners' Perceptions and Use of AI-Powered English Learning Platforms in the Context of Vision 2030

Rami Mubarak

The Department of Foreign Languages, Taif University,
Taif, The Kingdom of Saudi Arabia

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p1](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p1)

Submitted: 12 November 2025

Accepted: 05 December 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mubarak, R. (2025). *Exploring Saudi EFL Learners' Perceptions and Use of AI-Powered English Learning Platforms in the Context of Vision 2030*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p1>

Abstract

This study examines how Saudi EFL students perceive and use AI-based learning tools in English based on the technology acceptance model (TAM) and Saudi Vision 2030. A quantitative descriptive approach was employed in the collection of data via a questionnaire completed by 68 Saudi male undergraduate students in the public universities. As the results have shown, the level of awareness of AI tools was very high (83.8%), and the most used platforms were ChatGPT, Duolingo, and Grammarly. Although the level of awareness of AI tools was high, the actual use of the tools was rather low among students. Students displayed fairly favourable attitudes concerning the usefulness of AI and the benefits of engagement, but reported difficulties associated with overdependence, privacy concerns, and a lack of Arabic compatibility. Overall, the results demonstrate a balanced optimism and propose institutional policies, ethical education, and AI literacy to facilitate successful implementation in Saudi higher education.

Keywords: Artificial intelligence, EFL learning, Saudi Arabia, Technology Acceptance Model (TAM), Vision 2030, CALL, student perceptions

Introduction

The digitisation of education has changed the manner in which languages are taught, and the notion of artificial intelligence (AI) is currently an inseparable part of the modern teaching process. The EFL learners are now supported by AI-based applications like ChatGPT, Grammarly, Duolingo, and Google Bard, which offer personalised instructions, real-time feedback, and adaptive learning. These sites imitate the interaction between human beings and technology and adapt to personal proficiency, which allows students to study on their own and at their own pace. The implementation of AI in the field of language education is also a life-changer because it is associated with the shift in the idea of the teacher to the learner-centred technology-oriented interaction, which represents the tendency toward intelligent and data-informed education worldwide.

The adoption of AI in education in the context of Saudi Arabia is consistent with the goals of Vision 2030, which stimulates innovativeness, digital literacy, and technological progress in the field of higher education. The programme promotes the use of emerging technologies in improving the quality of learning and equipping the students with the skills to compete in the global market. Universities in the Kingdom tend to adopt AI to enhance English-based education, automate evaluation, and self-directed learning. As proficiency in the English language is essential to academic and professional achievement, AI-enhanced EFL education contributes to the attainment of national objectives by providing students with the ability to connect with the world of knowledge and communication.

1.1. Problem Statement

Although the use of AI-assisted language learning is increasing all over the world, empirical studies in Saudi Arabia are few. Whereas the global research illustrates the potential of AI in improving the outcome of language learning and motivation, the local research provides only partial results. According to research by Jamshed et al. (2024b), Alqaed (2024), and Aldawsari & Almohish (2024), Saudi students and educators are positive concerning the use of AI-based tools, but also face limitations such as limited training, over-dependence, as well as ethical issues. Nevertheless, not many studies concentrate on the experiences of undergraduate learners and do not offer any quantifiable data regarding the perception and the real use of AI platforms. The absence of such detailed, student-focused data clearly indicates the necessity of empirical research, which would explore the perception and usage of AI-based technologies for learning English by Saudi EFL students.

1.2. Purpose of the Study

This study examines the current awareness, attitudes, and usage trends of Saudi undergraduate EFL students concerning the AI-based English learning platforms. It will determine the most frequently used tools, the language skills that students practice using them, and also the problems that the students face. The study is an empirical study with a descriptive quantitative design that relies on survey data of 68 respondents on perceived advantages and constraints of the use of AI-assisted learning in the Saudi setting. The research offers a valuable contribution to the existing body of knowledge of AI in EFL teaching by not considering the institutional perspective but the experiences of learners instead.

1.3. Research Questions

To achieve its objectives, the study addresses the following research questions:

1. What are students' perceptions of AI-powered English learning platforms?
2. Which AI tools and English skills do Saudi EFL students most commonly use?
3. What challenges and limitations do students face when using AI-powered platforms?
4. How willing are students to recommend these platforms to their peers?

1.4. Significance of the Study

This research is relevant in theory and practice. In principle, it contributes to the domain of Computer-Assisted Language Learning (CALL) through demonstrating how the perceptions of the students regarding the use of AI tools are conditioned by their perceived utility and ease of use as described by the Technology Acceptance Model (TAM). In practice, the results can inform the teachers, curriculum developers, and policymakers intending to introduce AI in English instruction to do so in a cautious and efficient manner. By comprehending the opinions of students, it is possible to develop more effective training programmes, promote responsible use of AI, and implement other strategies that can be used to accommodate Saudi Vision 2030. The research also identifies the areas in which the educational institutions should offer assistance to prevent the unfair and unstable application of AI in education: the schools and universities should provide better access to technologies, train teachers, and create awareness of the implications of data privacy.

1.5. Paper Organisation

The paper will be divided into six parts. After this introduction, the Literature Review covers the theories and past studies regarding the application of AI-assisted language learning in international and Saudi settings. The Methodology provides the research design, participants, data collection, and analysis instruments and processes. The results section gives the statistical results, and the discussion gives the interpretation of the results concerning the available literature and theoretical frameworks. Lastly, the conclusion recaps the main findings, conclusions, limitations, and suggestions on conducting future research on AI in Saudi EFL learning.

2. Literature Review

2.1. Theoretical Foundation

Artificial intelligence (AI) has revolutionised the concept of language education, where conventional theories have been put to use to explain how learners perceive and interact with the emerging technologies. The study is supported by two frameworks: the Technology Acceptance Model (TAM) and the socioconstructivist learning theory, which are interconnected in their ability to establish a connection between the attitude of learners towards AI and their interactive experiences in the process of English language learning.

The Technology Acceptance Model (TAM) by Davis (1989) describes the ways that people accept and use technology in reference to two constructs, which are perceived usefulness (the belief that technology improves performance) and perceived ease of use (the belief that technology needs no or minimal effort) (Lee et al., 2025). All these elements influence the attitude and intention of the users to adopt. TAM has been extensively used in English as a Foreign Language (EFL) settings to investigate technology-related learning behavioural patterns, such as using mobile learning applications, web-based platforms, and the use of intelligent tutoring. According to Jamshed et al. (2024a), the perceptions of efficiency and user-friendliness are the most important factors that determine whether EFL learners will be willing to use AI-based tools. These aspects in Saudi Arabia are similar to the national Vision 2030 programme, which emphasises technological innovation and the incorporation of available, useful digital tools in higher education.

The socio-constructivist learning theory is used to supplement TAM since it focuses on socially mediated learning that is created by means of interaction. Based on the idea of the Zone of Proximal Development (ZPD) proposed by Vygotsky (1978), implies that learners can reach the next level of cognitive development by means of collaborative work and scaffolding (Shabani et al., 2010). The AI tools represent these principles because they serve as mediating agents that are useful in giving feedback, modelling linguistic behaviour, and adopting activities to suit the needs of learners.

Chatbots, such as ChatGPT, are used to create conversational interaction, and the use of tools, such as Grammarly, is functionally equivalent to the formative feedback of a teacher. According to Alenezi (2025), AI facilitates a joint venture between human teachings and smart systems. Collectively, TAM is used to understand why learners embrace AI, whereas socio-constructivism is used to understand how AI supports learning as an interactive, adaptive, and co-constructed process.

2.2. Global Perspectives on AI in Language Learning

An increasing amount of research across the world proves that artificial intelligence (AI) has already transformed the English as a Foreign Language (EFL) education by improving the quality of writing, accuracy of pronunciation, and personalised feedback, as well as motivation among learners. Jamshed et al. (2025) found that AI-assisted writing tools greatly enhance the syntactic accuracy of the writing and the lexical diversity of intermediate learners by offering context-sensitive corrections in real-time. Likewise, Jamshed et al. (2025) discovered that intelligent writing assistants promote learner self-direction and interaction and provide the opportunity to engage in self-editing and then have the teacher engage with the writing. These results substantiate the idea that AI enhances metacognitive awareness and self-regulated learning and allows students to have more control over their development.

Alotaibi et al. (2025) also found that, in speaking and pronunciation, speech-recognition technologies enhanced fluency and minimised anxiety by providing immediate feedback on oral practice. Duolingo and other gamified apps have also received praise and become more motivating as a result of adaptive learning based on rewards (Alharthi, 2024). Moreover, according to Alqaed (2024), text analysis and corpus tools that are run by AI improve the linguistic and literary research process by automating the data analysis and making textual analysis more profound. The underlying idea is that these innovations show the ability of AI to combine both the cognitive and the affective components of the learning process, which is highly efficient and interesting.

Nevertheless, there are still ethical issues. Alqaed (2024) cautioned that biased AI training data is capable of reproducing linguistic inequalities and the presence of algorithmic dominance that silences non-native voices. As a result, scholars like Alqaed (2024) and Alotaibi et al. (2025) propose the idea of balanced and ethical application of AI, which would integrate the level of technological competence with the critical level of digital literacy, to be used in worldwide education fairly and reflectively.

2.3. AI in Saudi EFL Contexts

The adoption of artificial intelligence (AI) in English as a Foreign Language (EFL) education in Saudi Arabia has grown significantly in recent years, in line with the digital transformation agenda of Vision 2030 in the country. Nevertheless, empirical studies in this field are not that long-standing and are scarce. Jamshed et al. (2024a) present one of the first large-scale quantitative studies of the perceptions of Saudi EFL learners regarding AI-powered learning. Their results showed quite favourable attitudes, and students admitted the possibility of AI improving engagement, self-confidence, and language proficiency. However, the problem of inadequate training of teachers, the lack of appropriate institutional infrastructure, and the confusion of the pedagogical role of AI appeared. The authors concluded that successful adoption needs to be structured with the teachers taking part and the AI implementation being aligned with curricular aims.

It is based on these insights that Alqaed (2024) investigated the ways Saudi undergraduates used AI to enhance writing and vocabulary skills. Learners appreciated the expediency of AI feedback and its ability to provide individualised learning, but cautioned that excessive reliance would kill creativity and critical thinking. In a similar manner, Alenezi (2025) addressed the topic of AI-based formative assessment and stated that automated feedback enhanced the accuracy of writing and motivation among students and that there were some constant limitations in the Arabic natural language processing (NLP) that sometimes made erroneous interpretations.

In the view of educators, Aldawsari and Almohish (2024) investigated the opportunities and threats linked to the integration of AI. Teachers saw AI as a tool for individualising instruction and supporting students outside the classroom, but expressed concerns about data privacy, unethical use, and training deficits. Such concerns resemble those expressed by Al Fraidan (2024) in his article about the benefits of AI-based library infrastructure, where faculty and students alike found the new technology helpful in terms of enhancing research productivity, yet were affected by the unaddressed problem of algorithmic biases and data safety.

In the context of interactions between learners and conversational AI, Alharthi (2024) concluded that students viewed ChatGPT as an effective and encouraging language helper, in particular, to correct grammar and provide contextual clarifications. Nevertheless, there were a few reported inaccuracies and cultural constraints in advanced situations. Another study, by Altamimi (2025), also verified that AI applications increased grammatical and lexical accuracy but were not culture and context-sensitive, creating a need to develop culturally responsive AI systems.

Jamshed et al. (2025) also examined the viewpoints of teachers, and their mixed-methods study demonstrated that instructors saw ChatGPT as a

powerful pedagogical tool but feared that it would decrease the originality of learners. Collectively, these studies imply that the pedagogical advantage of AI is highly appreciated by Saudi educators and learners, adoption is limited by several ethical, technical, and linguistic factors, and its sustainable introduction requires a human-AI mutual relationship with the assistance of institutional policy and teacher education.

2.4. Identified Research Gaps

Although the Saudi literature is quite informative, there are still major gaps. The majority of researchers have researched either the view of educators or institution implementation, and little has been done on the direct experiences of students during AI-assisted learning. Also, despite the positive attitudes, which are reported by many researchers (e.g., Jamshed et al., 2025; Alqaed, 2024; Alharthi, 2024), relatively few studies have determined the relationship between awareness and frequency of use, as well as their perceived usefulness in the same cohort. Most of the research works use either qualitative or mixed approaches, which leads to low generalizability. The other weakness is the limited focus on a specific skill, e.g., writing or vocabulary, whereas the importance of integrated skill development, i.e., reading, listening, and speaking, has been less studied.

The ethical and cultural issues also need to be taken a closer look at. Research, including that of Aldawsari and Almohish (2024) and Al Fraidan (2024), highlights the issue of data privacy, but empirical investigation of how students view this risk is lacking. Similarly, although Saudi Arabia is focused on the digital transformation, the studies seldom dwell on how AI fits the level of preparedness of learners, the availability of infrastructure, or the issue of the Arabic-language interface. All these gaps require a data-grounded approach that defines the scope of the perceptions of students and their subtleties--exactly what the current study is about.

2.5. Conceptual Framework

The study takes an integrated conceptual approach, which involves the use of the Technology Acceptance Model (TAM) and CALL-based pedagogical views. The framework presupposes that the understanding of the AI-powered tools will determine the behaviour of the learners in their use, and it is this behaviour that will affect their perceptions and intention to recommend such technologies. Within this model:

- The perceived usefulness motivates the learners to perceive AI as a way of language skills and motivation enhancement.
- Perceived ease of use is what will determine the availability and ease of use of AI tools to a learner.

- The behavioural intention is a pointer to the intentions to utilise or recommend such tools.

Interaction, teamwork, and feedback link socio-constructivist concepts that provide students with meaning and understanding through the assistance of AI as a learning companion. Local factors of culture, institutional readiness, and awareness of morality are also applicable in Saudi EFL contexts because they affect this relationship.

The next set of interrelated dimensions allows conceptualising the framework: Awareness → Usage → Perceived Usefulness & Ease of Use → Perceptions → Intention to Recommend

This chain represents the recursive nature of the technology usage and the learner experience in the CALL environments. The perceptions about AI tools change as students interact with them, affecting long-term use and promotion. Positive experiences, on the other hand, build confidence and prompt broader adoption and make a learning innovation feedback loop.

The analysed sources concur that AI is one of the most effective technologies in English language learning that can be used to increase the accuracy, motivation, and autonomy. Although Saudi research indicates positive attitudes, it has also indicated ethical, technical, and contextual challenges. Nevertheless, not many large-scale quantitative studies are conducted, meaning that the actual experience of the students is not fully studied. This research bridges that gap, as it explores the perception of Saudi EFL learners, their use, and challenges, providing both theoretical knowledge and practical recommendations to the sustainable integration of AI in the language education process.

3. Methodology

3.1. Research Design

The research design employed a quantitative descriptive research design, which is a research design that is commonly used to summarise trends and attitudes in educational research without manipulating variables (Creswell & Creswell, 2018). It was used to investigate the perceptions of Saudi EFL learners about the use of AI-powered English learning platforms. This was an appropriate method of getting quantifiable information that captures awareness, attitudes, and experience of the participants without manipulation of the variables. Quantitative descriptive research makes objective statements about tendencies by means of quantitative indicators, i.e., by means and frequencies. This has been a common design in CALL and educational technology studies (e.g., Jamshed et al., 2024a; Alqaed, 2024), enabling comparisons between groups of learners and the context. It is also suitable for

the study, which is to establish trends according to the use and perceptions of AI among Saudi undergraduates.

3.2. Participants

The sample included 68 Saudi male undergraduate students who were taking English courses in government universities. They were all native Arabic speakers between the ages of 19-24 years with six or eight years of English studies. The convenience sampling technique was used due to accessibility and relevance to the scope of the study. The participants were a homogeneous group of EFL learners who were accustomed to the technology-based learning settings. The participants were informed about the aim of the study and guaranteed that their participation was voluntary and anonymous. Participation was informed, and a high level of confidentiality was ensured. No personal information was gathered, which guaranteed unbiased answers.

3.3. Instrument

The data were collected with the help of the structured online questionnaire developed with the help of Google Forms. The tool was created both in English and Arabic to make it clear to all participants and had four sections.

1. Demographics: Items on age, level of English proficiency, and awareness of AI-powered tools (e.g., ChatGPT, Duolingo AI, Grammarly).
2. Usage patterns: Questions on frequency of AI tool use, preferred platforms, and skills practised (reading, writing, vocabulary, pronunciation, etc.).
3. Perception scale: Six Likert-type statements measured attitudes toward AI-assisted learning (e.g., "AI tools make learning English enjoyable"). Responses ranged from 1 = *Strongly Disagree* to 5 = *Strongly Agree*.

In spite of the fact that the study conceptually was based on the Technology Acceptance Model (TAM), the six perception items were not drawn as complete subscales of TAM. The questionnaire did not specifically assess the perceived usefulness, perceived ease of use, attitude towards use, and behavioural intention. Rather, the perception scale presented a general attitudinal picture. In this way, TAM was implemented as a theoretical prism and not a statistically tested structural model.

4. Challenges and recommendations: Items identified difficulties (e.g., access, understanding, or bias) and asked about participants' willingness to recommend AI platforms.

The questionnaire was also validated by three EFL experts to determine the content validity and verify the clarity and relevance of all the items, as per the standard validation procedures for survey instruments (Elangovan & Sundaravel, 2021). There were a few revisions carried out with the intention of making the language simple and getting rid of ambiguity. The pilot test conducted on ten students did confirm that the questionnaire was simple to comprehend and took less than ten minutes to complete, a usual procedure in instrument refinement (Presser et al., 2004).

3.4. Data Collection Procedure

The data collection took place in October 2025, by an online survey, based on university email and WhatsApp groups. The link remained active for two weeks. Administration online enabled the students to answer at their own time, making it accessible and reducing the effects of the interviewers. The total number of respondents was 72; after filtering the data to identify complete questionnaires, 68 valid questionnaires were analysed. All 68 valid questionnaires contained complete responses, so no missing-data treatment (such as listwise deletion or imputation) was required. This population was especially appropriate to online distribution since the participants were already accustomed to the use of online platforms, which are prevalent in Saudi universities.

3.5. Data Analysis

SPSS, as well as Microsoft Excel, were used to analyse the survey data. The data were summarised using descriptive statistics, such as frequencies, means, and standard deviations, which align with the quantitative descriptive analytical procedures (Babbie, 2020). The items based on the Likert scale were analysed to determine the levels of agreement with the six statements of perception, with the higher the mean, the stronger the positive attitudes towards AI-assisted English learning. The thematic approach to open-ended responses was performed to identify the issues that can emerge frequently, including accessibility, excessive automation, data privacy, and motivation. Qualitative insights were used to complement quantitative findings in order to come up with a comprehensive understanding. Cronbach's alpha for the six-item perception scale was $\alpha = 0.75$, which represents acceptable internal consistency for a short attitudinal scale, although the reliability is modest due to the limited number of items (Tavakol & Dennick, 2011).

Inferential statistics (e.g., correlations, chi-square test, or mean-comparison test) were not used as the study was conducted in a purely descriptive quantitative research design. The goals of the research questions were to summarise awareness, usage patterns, and perceptions, and not to test predictive relationships or group differences. Hence, the use of descriptive

statistics was suitable in the study. Inferential analysis can be implemented in future studies to have a more rigorous approach to the statistical relationship between awareness, usage and perceptions. Since the survey lacked distinct TAM constructs, no TAM-based inferential test (e.g., structural relation among usefulness, ease of use and intention) was performed. Since the research used only descriptive statistics, there was no calculation of the effect sizes. Rather, practical significance was viewed in terms of the magnitude of mean scores and frequency pattern, which is consistent with descriptive quantitative research.

3.6. Ethical Considerations

The research has adhered to the internationally accepted ethical research standards, such as voluntary participation, informed consent, confidentiality and safe data handling (Ali et al., 2025). Respondents were free to participate voluntarily and drop out at any point without any penalty. The aim of the study, confidentiality measures and the scholarly use of their information were explained to the participants based on the current standards pertaining to conducting research that involves human subjects (The National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioural Research, 1978). The informed consent was given in the form of an acknowledgement checkbox. All the responses were stored in a secure and password-accessible file that was only accessed by the researcher. There were neither grades nor incentives provided to avoid coercion. The participants were subsequently thanked and debriefed, and only aggregated data was reported. The research was completely done as per international requirements in as far as anonymity, privacy, and protection of data are concerned.

The research design involved a quantitative descriptive study design with the help of a validated online questionnaire to investigate the perceptions of Saudi EFL students on AI-assisted English learning. Descriptive statistics and thematic analysis would provide a solid foundation for the subsequent results and discussion as they guarantee reliable, ethical, and replicable findings on learners' awareness, usage, and attitude.

4. Results

This section reports the quantitative findings from 68 Saudi undergraduate EFL learners regarding their awareness, usage, and perceptions of AI-powered English learning platforms. The findings are displayed to reflect the main patterns and response rates by all four research questions and in an objective manner based on descriptive statistics, tables, and figures.

4.1. Participant Demographics

The 68 respondents were all Saudi undergraduate men whose ages ranged from 19-24 years and were studying English courses at government universities. They were all native Arabic speakers who were either intermediate or upper-intermediate English speakers. The group of participants is homogenous, which is a typical Saudi demographic of EFL, which offers a constant linguistic background to assess their perceptions of AI-assisted learning in the English language.

Table 1: Participant Profile (N = 68)

Variable	Category	Frequency	Percentage
Gender	Male	68	100%
Age Range	19–24 years	68	100%
English Proficiency	Intermediate	42	61.8%
	Upper-Intermediate	26	38.2%
Native Language	Arabic	68	100%

The data show that the participants form a homogenous sample of digitally knowledgeable individuals who are fluent enough in English to be able to use AI tools and correctly answer the items of the used questionnaire.

4.2. Awareness and Frequency of AI Use

The majority of the respondents (83.8% of people knew about AI-powered English learning tools, whereas 16.2% of people did not know about them. Nevertheless, there was still low usage: 47.1% used it infrequently, 32.4% two to three times a week, and 10.3% once a week. Only 5.9% claimed to use AI tools daily, and 4.4% never used AI tools, which means that there is high awareness but low habitual use.

Awareness

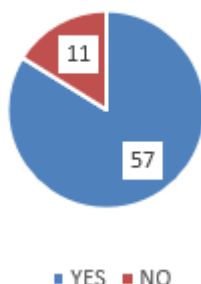


Figure 1. Awareness of AI-Powered English Learning Tools among Saudi EFL Learners

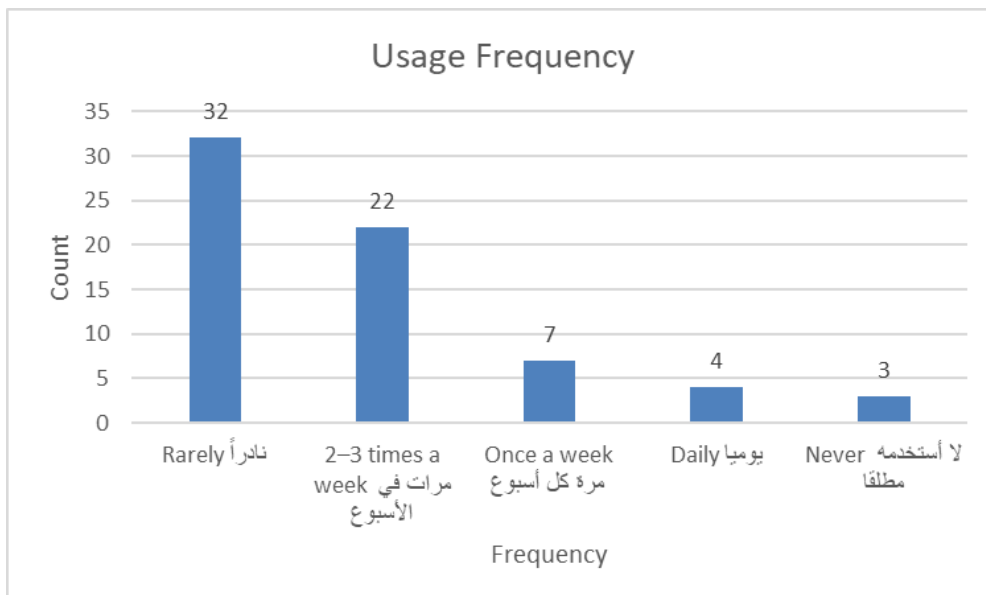


Figure 2. Frequency of AI Tool Use among Saudi EFL Learners

In general, the results indicate that the majority of Saudi EFL learners recognise the existence of AI technologies, but their usage is not very frequent and is not regular, but takes place sporadically.

4.3. Tools Used for English Learning

The learners noted a number of AI-based English learning tools. ChatGPT was the dominant one (53 users) with Duolingo AI (16) and Grammarly/writing assistants (8). Other tools—AI-powered apps like *Elsa Speak* and *Lingvist* (8), Poe (1), Camply (1), Istori (1), video games (1), foreign podcasts/clips (1), and private tutoring (1)—were rarely used. One participant stated using no AI tools.

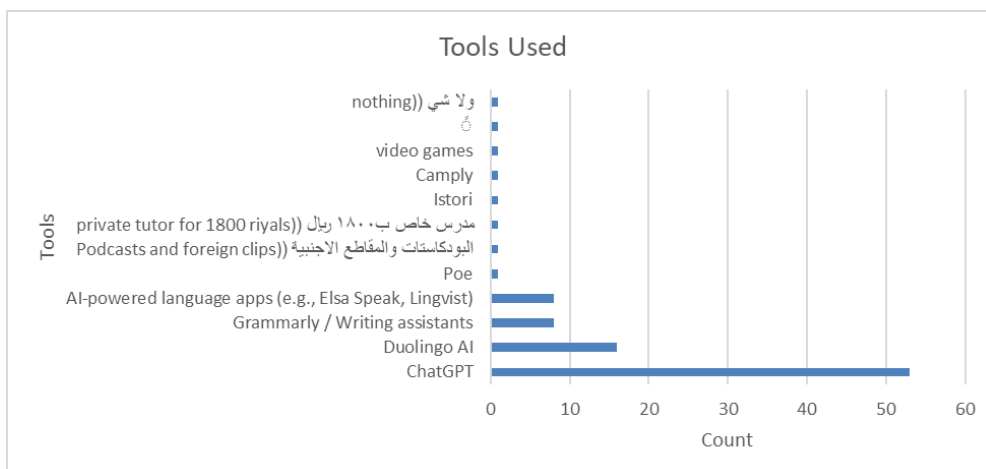


Figure 3: Most Frequently Used AI Tools by Saudi EFL Learners

Most platforms were free-access, indicating students' preference for low-cost, accessible resources. ChatGPT's dominance underscores its popularity for writing practice, translation, and general English assistance.

4.4. Skills Practised with AI Tools

Learners mainly used AI tools to improve reading (43), vocabulary (36), and writing (31) skills. As shown in Figure 3, fewer practised listening (30) and speaking/pronunciation (23).

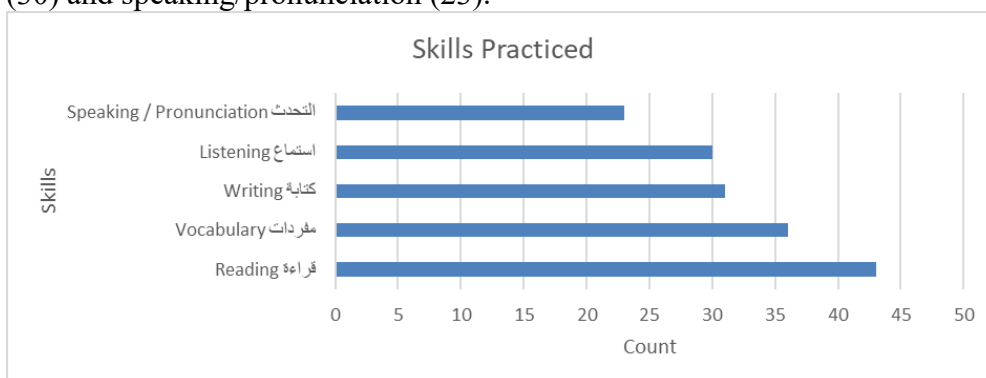


Figure 4: English Language Skills Practised Using AI Tools

Overall, Saudi EFL students favoured AI for receptive and written skills rather than oral communication.

4.5. Students' Perceptions of AI-Powered Learning Platforms

Students' perceptions were measured using six Likert-type statements rated on a five-point scale (1 = *Strongly Disagree*, 5 = *Strongly Agree*). The internal-consistency reliability for the scale produced a Cronbach's α of 0.75,

indicating acceptable reliability for the attitudinal items. Table 2 presents the descriptive statistics for each statement.

Table 2: Descriptive Statistics for Students' Perceptions of AI-Powered Learning (N = 68)

Item	Mean	SD
AI-powered platforms help improve my English language skills.	3.51	0.94
AI tools make learning English more enjoyable and engaging.	3.41	0.92
AI platforms provide immediate and useful feedback.	3.29	0.96
I feel confident using AI tools independently for English learning.	3.09	1.00
Using AI-powered platforms helps me learn at my own pace.	3.47	0.89
AI tools cannot replace human teachers, but can complement learning.	3.41	0.97

Altogether, the results show that Saudi EFL students have a moderately positive attitude towards AI-based learning systems. The mean values were all above the neutral of 3.0, which is an indication that people generally agree on the fact that AI is conducive to learning English. The rating was the greatest regarding the enhancement of skills ($M = 3.51$) and studying at their own pace ($M = 3.47$), which is a sign of the flexibility and efficiency of AI. The medium scores in enjoyment ($M = 3.41$) and feedback ($M = 3.29$) suggest that they are useful but have minimal influence. The mean ($M = 3.09$) is the lowest, which indicates certain uncertainty in the independent use, whereas the students perceived AI as an addition, but not a substitute, to teachers.

4.6. Challenges and Limitations in AI Use

Open-ended answers showed that there were a number of common problems when it comes to using AI-based tools in English learning. A significant number of students acknowledged that they had become dependent on AI feedback, and this lowered individual efforts and critical thinking. Some pointed to an inadequate Arabic interface and situational correctness, where there were misunderstandings in translations, and to cultural differences. Privacy of data made some unwilling to post information on the Internet, whereas a lack of training of the users made most of them unaware of enhanced features. Some also said they found that there were technical limitations, such as unreliable internet and subscription fees. Among the participants, one of them stated that AI makes them lazy since it provides answers too easily, and that there should be a balance between automation and personal autonomous learning and contemplation.

4.7. Likelihood to Recommend AI Platforms

When the respondent was asked whether he would recommend AI-powered learning platforms, 41.2% responded that he would be likely and 32.4% that he would be very likely to do so. Approximately 23.5% was

neutral, 2.9% unlikely, which means that the willingness to recommend AI tools to learn English was positive but hesitant.

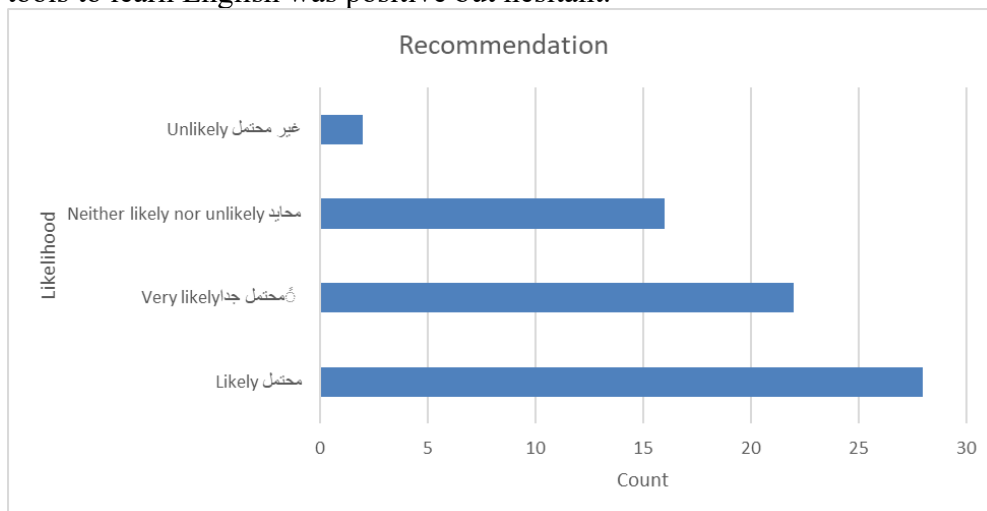


Figure 5: Students' Likelihood to Recommend AI Platforms

In general, the majority of learners were willing to encourage AI usage, but a minority of them were sceptical and referred to various issues, such as reliability, ethical concerns, or little personal experience.

4.8. Summary of Major Findings

The results show that Saudi EFL learners are very conscious of the language technologies that are AI-powered and inconsistent in their usage. The most popular services were ChatGPT, Duolingo, and Grammarly, which mainly assist in reading, vocabulary, and writing practice. Students had moderately positive attitudes, as they saw the benefits of AI in flexibility, activity, and efficiency of learning, but the level of confidence in its independent use was low. Overreliance, lack of Arabic functionality, lack of privacy, and lack of training were common challenges. In spite of these obstacles, the desire to recommend the use of AI tools was expressed by the majority of the participants, which is cautious optimism and an increasing inclination towards using AI in Saudi English language education.

5. Discussion

5.1. Overview of Findings

The research found that Saudi EFL students have a high level of awareness (83.8) of tools based on AI to learn English and use them irregularly, with almost half (47.1) having an infrequent level. The lack of awareness-practice suggests that learners are not yet accustomed to the fact that AI is a part of their study routines. This gap suggests that awareness does

not consistently turn into habitual use perhaps because of motivational factors, instructional factors, or infrastructural factors, which is also echoed in the difficulties identified by the participants. Jamshed et al. (2024a) and Alqaed (2024) also reported similar patterns: they identified an interest in AI and little integration into the classroom. ChatGPT conquered the usage, with Duolingo and Grammarly in the second place, with a preference for free, text-only tools that offer instant feedback to students. This trend indicates an early though imbalanced adoption but cannot give any conclusion as to the developmental or transitional stages due to cross-sectional design. Due to the descriptive nature of the analyses, it is necessary to apply the results as trend indicators and not as statistically tested relationships. Similarly, the effect sizes were not reported since no inferential tests were done; thus, the interpretation of practical significance was based on observed differences in means and response frequencies.

5.2. Perceptions and Attitudes toward AI (RQ1)

The perception scores ($M = 3.09-3.51$) of the students reflect moderate positive attitudes towards using AI-assisted learning of English. They found that AI contributes to better skills ($M = 3.51$) and self-paced study ($M = 3.47$), which are also in line with the results of Jamshed et al. (2025) and Alharthi (2024) that AI improves motivation and engagement. However, the confidence in independent use ($M = 3.09$) is lower, which means that the learners are in need of instruction, according to Aldawsari and Almohish (2024). Nevertheless, one should also state that internal consistency of the six-item perception scale was acceptable but modest ($\alpha = 0.75$), as it is characteristic of a short attitudinal scale that must be considered when using these perception scores.

These interpretations show that they are consistent with the concepts of TAM and not statistical testing since the research did not measure TAM constructs as independent subscales. Students perceive AI as an assistive tool and not a displacement of teachers. From a socio-constructivist view, AI can be used to support scaffolding through the provision of feedback and interaction, even though it still requires teacher mediation to provide context and cultural orientation.

5.3. Tools and Skills Usage Patterns (RQ2)

ChatGPT was the most common tool (78%), followed by Duolingo (24%) and Grammarly (12%), which is also propagated by Altamimi (2025) and Alotaibi et al. (2025). These inclinations underscore the availability, flexibility, and text-based AI tools comfortability in students. The skills most used were reading (63%), vocabulary (53%), and writing (46%), which is more of an emphasis on the receptive and written skills as opposed to oral

communication. The low activity in terms of speaking and listening implies structural and linguistic obstacles, especially when it comes to the absence of stable speech-enabled AI applications to serve Arabic users.

The application of AI by Saudi learners seems to be more functional and academic than communicative in comparison with the global studies (e.g., Alqaed 2024). Within the framework of Vision 2030, which encourages digital competency and innovation, the extension of AI applications beyond text-based learning to interactive and multimodal applications is one of the primary developmental objectives.

5.4. Challenges and Barriers (RQ3)

A number of problems were identified by the students that are comparable to the ones described by Aldawsari and Almohish (2024) and Al Fraidan (2024), such as ethical issues, privacy, and insufficient training. Most of them confessed that they overtrusted AI feedback and saw less need to engage in self-involvement and thought processes, reflecting Alqaed (2024) and Alqaed (2024) to a large extent. The other notable drawback was related to Arabic natural language processing (NLP) errors, where AI-based software inaccurately translated and interpreted the culture, and this was also reported by Alenezi (2025).

There were also technical challenges, like poor and unreliable internet access and subscriptions. All of these barriers are signs that AI acceptance is not only subject to personal attitudes but also to institutional backing. Formal workshops, code of ethics, and digital literacy training would increase user competence and responsible adoption.

5.5. Intention to Recommend AI Use (RQ4)

The willingness of the students to recommend AI tools is an indicator of having a positive behavioural intention, which is one of the components of TAM. The levels of willingness to promote technology were confirmed because a combined 73.6% said they were likely or very likely to recommend AI to English learning. This is consistent with Jamshed et al. (2025), who concluded that teachers were also in the pro-AI camp, although with reserved optimism. The minority that was neutral or hesitant moved under the reasons of reliability and ethics, implying the point that trust and transparency will be at the heart of the long-term adoption. Generally, the advocacy of AI by students shows the rising confidence under the influence of knowledge about its limitations.

These interpretations are to be considered with caution. Since descriptive cross-sectional data were employed in the study, the interconnections between the awareness, perceptions, and usage could not be viewed as causal and developmental. The descriptive trends are very

informative; however, they do not give evidence of temporal change, behavioural prediction and the TAM pathway testing.

5.6. Theoretical and Pedagogical Implications

It is worth mentioning that TAM was used conceptually in this study, and the model was not statistically tested because there were no independent subscales on the perceived usefulness, perceived ease of use, attitude, and behavioural intention. Thus, the analysis explains the results by the TAM themes instead of the empirical TAM testing.

These results are in line with the TAM themes, especially that perceived usefulness appears to be an influential theme, but TAM was not empirically tested in this study, so these patterns should be interpreted as conceptual rather than statistical confirmations. Students who have experienced the benefits of tangible learning also stated enhanced levels of satisfaction; this trend, however, is to be understood conceptually as opposed to being taken as a statistical validation of TAM pathways. In the meantime, the socio-constructivist theory describes the interactive quality of the AI-based learning: learners have access to the adaptive feedback provided by AI, but still need teachers to provide them with contextual clarification and motivation.

As a pedagogical principle, the incorporation of AI in blended learning is necessary. The role of AI in teaching should be seen by educators as a supplement to a conventional learning experience, where students are encouraged to be more critical of AI feedback and not become dependent on it. Responsible usage will also be developed when AI literacy and ethical consciousness are introduced to the university curriculum. Increasing the involvement and accuracy in EFL learning, the creation of localised AI systems supporting the Arabic context would positively influence EFL learning.

5.7. Connection to Vision 2030 and the Saudi Context

The results of the study are consistent with Saudi Vision 2030, which focuses on technological innovation and international competitiveness in the sphere of education. The findings indicate that Saudi students are ready to interact with AI, which is an indicator of being willing to undergo a digital transformation. Nonetheless, to meet the educational goals of Vision 2030, there are to be systematic actions: enhancing infrastructure, training educators, and encouraging equal opportunities to use AI tools.

Ministry of Education and Saudi universities can use these results to develop policies that would promote the use of AI, professional growth, and ethical conduct. Being among the first to adopt AI-based EFL education, Saudi

institutions have an opportunity to be at the forefront of regional progress and bridge the global advances in AI with local cultural and linguistic demands.

To conclude, Saudi EFL learners view AI as a useful and adaptable learning resource and selectively apply it because of insufficient training and technical challenges. The findings validate the usefulness and ease of use as the priority focus of TAM and the collaborative nature of AI as outlined in socio-constructivism. Notwithstanding, the high willingness of learners to embrace AI will contribute to the learning aspects of Vision 2030.

6. Conclusion and Implications

6.1. Summary of Main Findings

Another area that has been addressed in the article is the awareness, perception, and application of AI-based tools to learn English among Saudi EFL learners. Results showed that the difference in awareness and usage was high: awareness levels were at 83.8%, and few people (1 in 4) reported that they used AI frequently. The most common were ChatGPT, Duolingo, and Grammarly, which assist in reading, vocabulary, and writing. Students were slightly optimistic in their attitudes, with an appreciation of flexibility and feedback, and uncertainty about using it alone. Factors that hampered the adoption were overreliance, privacy concerns, limited Arabic functionality, and the absence of training, although the majority of the students were optimistic and ready to suggest that AI be integrated more broadly.

6.2. Pedagogical Implications

The results indicate that educators need to consider AI as an auxiliary support device, but not a substitute for human teaching. The importance of AI is that it supports the independence of the learners, customises feedback, and extends the practice outside the classroom. Teachers need to find a balance between online content and instructor feedback, so that AI can complement, as opposed to substitute, interaction with the teacher and human connection.

Besides, AI literacy and ethics ought to be part of English language learning. Being responsible can be taught by teachers in workshops and guided classroom exercises where students critically examine AI outputs. Leveraging tools such as ChatGPT, Duolingo, and Grammarly on reflective activities helps build creativity, critical thinking, and digital literacy, and sets the learner up to become an ethical and competent AI-assisted learner.

6.3. Policy and Institutional Recommendations

The Saudi universities are critical of encouraging the effectiveness of AI in education. Schools ought to invest in Arabic-friendly AI solutions to overcome the language barrier and enhance the precision of the context. Creating digital literacy and AI education facilities among students and faculty

members can improve hands-on skills, the value of ethics, and competence in the responsible use of AI. Considerate collaborative relationships among universities and technology developers would assist in the establishment of linguistically accommodating and pedagogically efficient tools. Lastly, universities ought to implement transparent ethical guidelines on privacy, plagiarism, and authorship that promote responsible innovation that is abreast of academic integrity and the digital transformation aspirations of the Saudi Vision 2030.

6.4. Limitations of the Study

Despite the valuable contribution of the study, it has a number of limitations. The undergraduate sample that consists of males alone is limited in generalizability, since female learners or postgraduate groups might have a different opinion on the same. The use of self-reported survey data presents a risk of bias in the responses, as the respondents may have over- or underreported their use of AI tools. Additionally, the cross-sectional design takes a picture of the attitudes and not a permanent change in behaviour. Future researchers are advised to take the longitudinal or mixed-method designs to develop more in-depth and time-dependent insights into the way in which perceptions change with experience. The other weakness is that the research used only descriptive statistics and this limited the possibility of studying statistical correlations between variables.

The other limitation is that the reliability of the six-item perception scale was only acceptable ($\alpha = 0.75$), and could be a consequence of low levels of consistency since the items are few. The use of longer and validated multi-item scales to establish stronger levels of internal reliability should be adopted in future research. Moreover, the four different TAM constructs were not operationalised through the perception scale, and hence did not provide the opportunity to statistically analyse TAM pathways. The validated TAM instruments should be used in the future so that the construct-level and structural analysis are possible. Inferential tests should be applied in future research in order to enhance the strength of generalisation and explanatory power. Lastly, effect sizes should also be computed in future studies so that the practical size of the relationships between variables can be made, thus allowing stronger claims.

6.5. Suggestions for Future Research

The limitations can be overcome by future studies that ought to focus on increasing the sample size to cover female learners and those belonging to various universities in Saudi Arabia. Instead, the application of mixed methods, including surveys and interviews or classroom observations, would yield more detailed and comprehensive data on the behaviour of learners and

the practices of teachers. Longitudinal research may be conducted to determine the effects of ongoing exposure to AI on motivation, self-regulation, and the development of proficiency. Also, it is possible to conduct further research on the influence of AI on particular EFL competencies, including pronunciation, listening comprehension, or collaborative writing, where there is minimal research on the use of interactive technologies. The cross-country comparison studies in the Gulf nations would help to contextualise the experiences of Saudi learners in the regional AI learning environment.

Concluding Statement

In conclusion, AI is a great opportunity and a challenge to Saudi EFL education. AI can be used in an effective, interactive, and personalised form of language learning when applied in a way that is thoughtful. But to be successfully used, it needs guidance, critical awareness, and institutional support. The findings suggest that Saudi students are willing to use AI technologies, but the success of their application will probably be determined by their provision with proper training and culturally specific tools.

In line with Vision 2030, these research findings highlight the growing significance of AI in developing a technologically enhanced, competitive education system on a global scale. A very careful implementation of AI by considering and adhering to ethics, pedagogy, and inclusivity can help Saudi universities serve the learners more effectively as they become more independent, creative and globally competent English speakers in the changing digital world.

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

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

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

Declaration for Human Participants: This study has been approved by Deanship of Graduate Studies and Scientific Research at Taif University, and the principles of the Helsinki Declaration were followed.

References:

1. Al Fraidan, A. (2024). Integrating AI-Powered Library Systems to Enhance Research and Learning in English Language Departments: A Case Study of Faculty and Student Perceptions. *Library of Progress-Library Science, Information Technology & Computer*, 44(3).
2. Aldawsari, M. M. M., & Almohish, N. R. I. (2024). Threats and Opportunities of Students' Use Of AI-Integrated Technology

- (ChatGPT) in Online Higher Education: Saudi Arabian Educational Technologists' Perspectives. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 25(3), 19-36.
3. Alenezi, A. (2025). AI Formative Assessment in Saudi Education: A Study across Universities. *Journal of Teaching and Learning*, 19(4), 284-299.
 4. Alharthi, S. M. (2024). *Beyond traditional language learning: EFL student views on ChatGPT in Saudi Arabia*. Arab World English Journal (AWEJ) Special Issue on CALL, 10, 15–35.
 5. Ali, S. E., Ndubuisi, O. G., Obiorah, C. A. R., Aku, U. T., Nesiam, O., Agbakhamen, C. O., & Okoro, O. P. (2025). Ethical standards in research: A professional imperative. *International Journal of Innovative Scientific & Engineering Technologies Research*, 13(1), 94–104.
 6. Alotaibi, H. M., Sonbul, S. S., & El-Dakhs, D. A. (2025). Factors influencing the acceptance and use of ChatGPT among English as a foreign language learners in Saudi Arabia. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1-13.
 7. Alqaed, M. A. (2024). AI IN ENGLISH LANGUAGE LEARNING: SAUDI LEARNERS' PERSPECTIVES AND USAGE. *Advanced Education*, 125-142.
 8. Altamimi, D. H. F. (2025). *Unlocking potential: Saudi EFL male students' perspectives on AI tools for enhancing English writing proficiency*. Arab World English Journal (AWEJ) Special Issue on Artificial Intelligence, 40–58.
 9. Babbie, E. R. (2020). *The practice of social research*. Cengage Au.
 10. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* /. SAGE.
 11. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. https://www.researchgate.net/publication/200085965_Perceived_Usefulness_Perceived_Ease_of_Use_and_User_Acceptance_of_Information_Technology
 12. Elangovan, N., & Sundaravel, E. (2021). *Method of preparing a document for survey instrument validation by experts*. *MethodsX*, 8, 101326.
 13. Jamshed, M., Alam, I., Al Sultan, S., & Banu, S. (2024b). Using Artificial Intelligence for English Language Learning: Saudi EFL Learners' Opinions, Attitudes and Challenges. *Journal of Education and e-learning Research*, 11(1), 135-141.
 14. Jamshed, M., Albedah, F., Hussain, N., & Banu, S. (2025). Assessing the Empowering Efficacy and Perceived Pedagogical Prospects of

- ChatGPT in the Saudi Arabian Context: A Mixed Method Study. *Journal of Language Teaching and Research*, 16(3), 1002-1012.
15. Jamshed, M., Almashy, A., Albedah, F., & Warda, W. U. (2024a). Assessing the Efficacy of Artificial Intelligence-Enabled EFL Learning and Teaching in Saudi Arabia: Perceptions, Perspectives, and Prospects. *Journal of Language Teaching and Research*, 15(6), 1931-1940.
 16. Lee, A. T., Ramasamy, R. K., & Subbarao, A. (2025, January). Understanding psychosocial barriers to healthcare technology adoption: A review of TAM technology acceptance model and unified theory of acceptance and use of technology and UTAUT frameworks. In *Healthcare* (Vol. 13, No. 3, p. 250). MDPI.
 17. National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research. (1978). *The Belmont report: Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research* (DHEW Publication No. (OS) 78-0014). U.S. Government Printing Office.
 18. Presser, S., Couper, M. P., Lessler, J. T., Martin, E., Martin, J., Rothgeb, J. M., & Singer, E. (2004). Methods for testing and evaluating survey questions. *Methods for testing and evaluating survey questionnaires*, 1-22.
 19. Shabani, K., Khatib, M., & Ebadi, S. (2010). Vygotsky's zone of proximal development: Instructional implications and teachers' professional development. *English language teaching*, 3(4), 237-248.
 20. Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). *Making sense of Cronbach's alpha*. International Journal of Medical Education, 2, 53–55.
 21. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

From Integration to Resilience: Rethinking Euro-Atlanticism in the Post-Ukraine European Order

Prof. Dr. Bekim Maksuti

University of Tetova, Law Faculty-Political Sciences, North Macedonia

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p25](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p25)

Submitted: 21 November 2025

Accepted: 16 December 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Maksuti, B. (2025). *From Integration to Resilience: Rethinking Euro-Atlanticism in the Post-Ukraine European Order*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 25.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p25>

Abstract

This article examines how the 2022 Russian invasion of Ukraine reshaped Euro-Atlantic security by accelerating a shift from institutional integration toward resilience-based strategic thinking. Using qualitative analysis of NATO and EU strategic documents, academic literature, and regional policy assessments, the paper evaluates how small states - particularly in the Western Balkans - adapt within this evolving order. The findings show that post-2022 Euro-Atlanticism increasingly depends on internal political cohesion, institutional integrity, and societal resilience, rather than on integration alone. The analysis highlights that the “resilience turn” has moved Euro-Atlantic cooperation from expansion toward consolidation, placing equal emphasis on the protection of democratic institutions, societal stability, and the ability to counter hybrid threats. For small states such as North Macedonia, this shift underscores that credibility within alliances derives not only from formal membership but from sustained reform capacity, predictability, and proactive regional engagement. The paper further demonstrates that the Western Balkans operate as a critical periphery where geopolitical competition, internal vulnerabilities, and Euro-Atlantic commitments intersect, making resilience a strategic necessity rather than a normative aspiration. The study concludes that the sustainability of the Euro-Atlantic system will rely on a deeper alignment between collective deterrence and domestic reform capacities among small member and partner states, as well as on their ability to translate alignment into functional stability and regional cooperation.

Keywords: Euro-Atlanticism, resilience, NATO, European Union, Western Balkans, Ukraine war

Introduction

The geopolitics of Europe has changed dramatically since the full-scale invasion of Ukraine by Russia in February 2022. What started as a regional war has become a key test of the Euro-Atlantic security order and of Europe's ability to serve as a unified strategic actor. The invasion revived fundamental debates around deterrence, sovereignty, and alliance politics that had faded since the Cold War's conclusion. For many European countries, especially smaller and more fragile ones, the war was not only a battle over territory but a test of political identity and strategic outlook. The Euro-Atlantic project - based on NATO's collective defense and the European Union's political integration - has long pledged stability via shared commitments and interdependence. Yet the shocks of recent years have laid bare the vulnerability of these mechanisms. The COVID-19 pandemic, the resurgence of great-power competition, and the war in Ukraine have all exposed weaknesses in Europe's security, energy, and governance systems. As a result, Euro-Atlantic cooperation has begun to shift its emphasis from integration, understood as institutional alignment, to resilience, conceived as the ability to withstand and recover from complex crises (Boin & Lodge, 2021; Hale et al., 2023).

This paper examines that paradigm shift. It contends that Euro-Atlanticism in the post-Ukraine order emerges from three interlinked processes: (1) consolidation of NATO as the central pillar of European security; (2) re-politicization of the European Union as a geopolitical actor; and (3) adaptation of small state actors who attempt to imbue membership or partnership with practical resilience. The Western Balkans, where North Macedonia, Albania, and Montenegro - while others remain outside - have joined NATO, provides a revealing regional lens.¹

The chapter unfolds in four parts. Literature selection was guided by relevance to Euro-Atlanticism, resilience theory, and small-state security, prioritizing peer-reviewed academic works, key policy documents from NATO and the EU (2020–2024), and recent regional assessments (2021–2024) to ensure contemporary analytical relevance. The first examines scholars' discussions of Euro-Atlanticism and resilience. The second is the

¹ This analysis is informed by the author's firsthand experience in senior national security roles, including Deputy minister of defense, National Committee member for Euro-Atlantic integration and Director of the Protection and Rescue Directorate of North Macedonia, providing a practitioner's perspective on the implementation gaps between Euro-Atlantic policy frameworks and on-the-ground resilience capabilities.

study of how NATO and the EU have redefined their strategic goals since 2022. The third is attentive to small states' position in this transition, as they struggle to navigate their mutual dependency and agency. The last section considers its broader significance for the Western Balkans and collective defense and solidarity to come in Europe.

This study adopts a qualitative analytical approach combining conceptual examination, policy analysis and case-based interpretation. The analysis relies on three main categories of sources: (1) official strategic documents of NATO and the European Union issued between 2020–2024, particularly the NATO Strategic Concept (2022) and the EU Strategic Compass (2022); (2) scholarly literature on Euro-Atlanticism, resilience, and small-state security; and (3) regional assessments and progress reports on the Western Balkans, including North Macedonia's annual EU progress documents. Literature selection was guided by relevance to Euro-Atlanticism, resilience theory, and small-state security, prioritizing peer-reviewed academic works, key policy documents from NATO and the EU (2020–2024), and recent regional assessments (2021–2024) to ensure contemporary analytical relevance.

The analytical framework is guided by resilience theory and small-state security studies, enabling the paper to evaluate how shifts in the Euro-Atlantic system affect both institutional structures and national capacities. The Western Balkans - and North Macedonia in particular - are used as illustrative cases due to their strategic relevance, NATO membership status, and ongoing EU accession process. These cases help demonstrate how small states navigate the balance between external security guarantees and internal political resilience in the post-Ukraine geopolitical environment. The Western Balkans, and North Macedonia in particular, provide a relevant case because they combine NATO membership, ongoing EU accession, and persistent governance challenges, making them an illustrative example of how small states navigate the resilience requirements of the post-Ukraine order.

Literature Review

The Euro-Atlanticism derived from the post-World War II era, which is the ideological and institutional underpinning for cooperation of North America and Western Europe (Deutsch et al., 1957; Sloan, 2016). It was based on a common commitment to the principles of liberal democracy, collective defense and economic interdependence. Within this context, NATO and the EU formed mutually supportive institutions: the former providing military security and the latter promoting political and economic cohesion. As Wallace (2005) and even Howorth (2014) have argued, Euro-Atlanticism is both a security community and a normative order - a network of states united by both strategic interests, but sharing internal values of governance and human rights.

In the post-Cold War times the Euro-Atlanticism literature developed in synchronization with both liberalization and expansion processes of NATO and EU. The early theorists Keohane (1984) and Moravcsik (1998) insisted that the stability of multilateral institutions lies in institutionalization of state interests in predictable norms and cooperative structures. Subsequent discussions, including Kupchan (2010) and Nye (2004) also examined how asymmetries of power and 'soft power' dynamics have an influence on the transatlantic partnership. This post-1990s literature focused on the transformative and exclusionary aspects of the process of Euro-Atlantic integration, which we have been discussing - in particular through the process of democratization among candidate states while, at the same time, being exclusionary in drawing a (sometimes even hostile) line between the West and the post-Soviet sphere.

The 2014 outbreak of the Ukraine crisis and the full-scale war in Ukraine in 2022 led to new research into whether a single, integrated Euro-Atlantic order could possibly prevail, even under renewed confrontation with Russia (Charap & Colton, 2018; Menon & Rumer, 2015). Analysts like Mearsheimer (2014) and Walt (2018) cautioned that NATO's eastward expansion would lead to spirals of insecurity, whereas others (e.g., Applebaum, 2020; Freedman, 2022) argue it to be a moral and strategic imperative. In this discussion, we've seen an interest move to resilience - a term that combines military preparedness with societal endurance. Boin & Lodge (2021) argue that resilience is a multidimensional concept, which supports the paper's claim that Euro-Atlantic security requires more than institutional alignment; it requires domestic political and societal capacities.

The 2022 Strategic Compass of the European Union explicitly identifies resilience as a foundational competency, as the capacity to anticipate, resist and recover from crises. Accordingly, NATO's Strategic Concept (2022) broadens the scope of its objectives to address hybrid threats, cyberattacks, and disinformation, challenges which, beyond conventional defense capabilities, force alliance cohesiveness. For small states, resilience is as old as civilization itself - survival tactics. Legacy literature from the likes of Vital (1971), Keohane (1969) and Thorhallsson (2012) posit that small powers make up for the lack of military strength by engaging in multilateral diplomacy and norm entrepreneurship. It has recently been reinforced in the literature by associating small-state security with membership in collective defense arrangements such as NATO and the EU (Ingebritsen, 2006; Bailes et al., 2016). These states depend on, though not the only, foreign guarantees and the quality of domestic governance and social cohesion to strengthen strategic credibility.

In the Western Balkans, academics such as Bieber (2018), Vangeli (2020), and Maksuti (2022) have explored the nexus of Euro-Atlantic

integration and state resilience. Their analyses indicate that though NATO and EU membership enhance institutional legitimacy, systemic governance flaws and political divisions persist in a long-term equilibrium. As Maksuti (2021) observes in *The Difficult Passage*, post-accession adaptation is often similar to pre-accession reform, particularly for states with weak institutions and competing regional influences. This body of scholarship emphasizes resilience not as a defensive but rather a transformative condition. It needs to transform formal alignment into functional capacity; Euro-Atlantic values should be more than something agreed upon or assumed; rather, they must be internalized. Here we see this literature coalescing around a crucial and illuminating point: the survival of the Euro-Atlantic order is less an expansion, and more a deepening of the democratic and institutional integration of its participants and partners.

Euro-Atlanticism and the Post-Ukraine Security Order

The war in Ukraine has reframed and reset the European security architecture and the strategic role for both NATO and the European Union. What had often been characterized as institutional inertia or “crisis fatigue” in the 2010s was suddenly replaced by a major wave of coordination, deterrence, and defense investment not seen before. The Euro-Atlantic community, once riven by rival national imperatives, gained a newfound sense of collective urgency. But this reunified spirit had come with the realization that integration alone could no longer be the answer to stability - resilience could only emerge as a paradigm for change.²

NATO’s Strategic Concept (2022) represents a decisive transition away from post–Cold War optimism toward a realist assessment of systemic competition. It lists Russia as the most direct and formidable threat to Allied security, but also describes China as a systemic challenger. For the first time, hybrid threats, cyberattacks and disinformation are given equal weight under traditional security threats. This expansion of the security agenda is a sign of a conceptual shift: defense goes beyond defending borders, and now also encompasses defense of democratic institutions and cohesiveness. The creation of the Resilience Committee of NATO highlights that the integration of security is now no longer an issue of protection and “wicked”, “invisible,” or ad hoc nature, but a necessity that places readiness and resilience as core elements within the Alliance activities (NATO, 2022).

² This “resilience turn” is operationalized through initiatives like the EU’s new Resilience and Crisis Management Toolbox and NATO’s establishment of a Resilience Committee. These are not merely rhetorical shifts but involve concrete budgeting, exercises, and peer-review mechanisms among member and partner states, as detailed in the European Commission’s 2023 Report on the Implementation of the Strategic Compass.

Running parallel to this, the European Union's Strategic Compass (2022) is the Union's most ambitious effort to describe its geopolitical role. It is an intention to progress from reacting to crisis to proactive strategic autonomy. The document emphasizes resilience, technological sovereignty and defense cooperation, issues long thought outside the European Union's sphere. As Howorth (2022) maintains, here the transition occurs to a more neutral role (i.e., one in a semipermeable sense) of the EU's Common Security and Defence Policy (CSDP) within the Euro-Atlantic political context. Revival of transatlantic relations after 2022 is in striking contrast to the skepticism that was the hallmark of the Trump era. The Biden administration's firm commitment to NATO brought back confidence in collective defence, while Europe's novel sanctions against Russia showed political and normative unity. It is argued, nonetheless, that the relationship is asymmetric: the U.S. still has a decisive role in providing the majority of military capacities and intelligence infrastructure and the EU is in contributing the economic, diplomatic, and development tools (Simón, 2023). Such interdependence demonstrates that Euro-Atlanticism is still a division of labor between hard and soft power, not a combination of strategic authority.

Conversely, the Ukraine war laid bare the vulnerabilities of Europe's energy and defense dependencies. Germany's reversal of a policy of strategic restraint for decades under the Zeitenwende initiative represents a continental reconfiguration. By rearmament and diversification, the new policy towards decarbonization of energy power sources may redefine European geopolitics: both between NATO and the EU, but also between NATO and Europe by resurrecting debate on the limits of their autonomy. The transformations come with opportunities and risks for smaller states. From one perspective the increased significance of NATO helps strengthen their security guarantees; from another, the decision-making power of powerbrokers may cause significant minority groups to lose their voice.

The task for the Euro-Atlantic system is therefore no more one of deterrence than of inclusivity and unity among a diverse membership – and this will be the true test of its credibility in years to come. In this transition in security, Euro-Atlanticism is having what one might call a “resilience turn”: moving from expansion to consolidation, integration to endurance. Such a turn acknowledges that ensuring democratic governance and societal stability is as important for deterrence as military capability.

Thus, the resilience of the Euro-Atlantic community is less a question of its borders than its internal coherence - its ability to work collectively under challenge without splintering along national or institutional lines.

Small States and Strategic Resilience in the Western Balkans

Small states find themselves in a paradoxical position within the new Euro-Atlantic security architecture. Often most susceptible to external shocks yet more reliant on multilateral frameworks for stability. Their ability to survive and their influence hinges less on material power than on strategic adaptability, diplomatic agility and institutional alignment. This has been very evident within the Western Balkans, where joining NATO and the EU has acted as security guarantees, and also as a means for domestic reform. The influence of small states, however, emerges from participation in institutions, and norm entrepreneurship rather than from their enforcement as emphasized by researchers such as Keohane (1969) and Thorhallsson (2018). In the Western Balkans, that has looked like a strategy of embedding national interests in Euro-Atlantic institutions that seeks to rely on collective legitimacy for power against an external one. This has enabled states such as North Macedonia, Montenegro, and Albania to increase their geopolitical significance by aligning with shared values and coordinating security policies.

The Ukraine conflict has confirmed this model in the past. It showed that security for small states cannot be divorced from the stability of the alliances to which they belong. North Macedonia's unwavering support for NATO and EU sanctions, its inclusion in collective defense ventures and its adherence to Ukraine's sovereignty have solidified the country's role as a credible actor in the Alliance. These indicators reflect tangible progress in aligning domestic resilience with alliance expectations. This is in stark contrast with the equivocal or non-aligned position of some regional neighbors and highlights for us again the idea that small-state credibility is a function of predictability and solidarity. Yet this dependence on collective paradigms is not without its problems.

As Ingebritsen (2006) points out, small states are caught between adaptation and autonomy, and the requirements of "formality of alliance" against one internal aspect of legitimacy. With the weight of regional history and identity politics, even more problematic for the Western Balkans to balance. Recent cases in North Macedonia, one of which relates to constitutional negotiations with respect to their Bulgarian minority, show how externality and internal political fragility intertwine as to test not only the resilience of reform but societal unity. In addition to security, resilience lends a valuable analytical perspective as well the concept of resilience.

In NATO and EU discourse, resilience goes beyond defense and includes economic steadiness, energy diversification, cyber security, political stability and democratic governance. In small states, resilience is necessary: it shifts vulnerability at an individual level to adaptive capacity. North Macedonia's persistent policies of governance reform, crisis management and regional coordination - particularly in the context of the Western Balkans

Quad and Berlin Process - suggest a growing recognition that resilience is a strategic asset rather than merely policy justification.³ For example, North Macedonia increased its defense spending to 1.57% of GDP in 2023, nearing the NATO guideline of 2%, and improved its EU integration score in the areas of judiciary and anti-corruption by 12% between 2022 and 2024, according to the European Commission's annual reports (European Commission, 2024; Ministry of Defence, 2023). These indicators reflect tangible progress in aligning domestic resilience with alliance expectations. Similarly, small states in the Balkans function as connective stabilizers. They are situated between larger powers and rival spheres of power and serve as buffers and bridges within the European periphery. By promoting cooperation and alignment with Euro-Atlantic values, they will promote horizontal expansion of security - where that collective defence is matched by political coherence and societal preparedness.

Finally, the experiences of North Macedonia and its neighbors in the region show that the place of small states in today's security order is not marginal, but constitutive. They participate actively, legitimize Euro-Atlanticism, and make it inclusive, but not only so, making its success the cornerstone for the sustainability of the European project. In a context of widespread competition and hybrid threats that cross borders, small states represent the principle that collective security is as much about solidarity and trust as strategic deterrence.

This study identifies three main developments shaping Euro-Atlanticism in the post-Ukraine context:

- NATO and the EU have shifted from an integration-based model toward a resilience-centered strategic paradigm, expanding security agendas to include hybrid threats, cyber defence, energy vulnerability, and societal cohesion.
- Small states gain influence when their domestic political credibility aligns with alliance expectations. North Macedonia, Albania, and Montenegro demonstrate that predictable alignment strengthens their strategic relevance, while domestic political fragmentation weakens resilience.
- The effectiveness of Euro-Atlantic security now depends on the internal capacities of member and partner states. Domestic governance quality, institutional trust, and crisis-management capabilities directly affect the stability of the wider Alliance.

³ For instance, North Macedonia's leadership in establishing the Western Balkans Quad (WBQ) with Albania, Serbia, and Montenegro in 2023 demonstrates this proactive shift. The WBQ focuses on practical security cooperation, such as joint responses to hybrid threats and critical infrastructure protection, creating a sub-regional layer of resilience that complements the broader Euro-Atlantic architecture.

These findings suggest that resilience - rather than enlargement, integration, or institutional expansion - is becoming the defining element of European security.

Conclusions

The findings of this study show that the post-Ukraine Euro-Atlantic order is defined less by institutional integration and more by internal political and societal resilience. For small states, credibility within NATO and the EU depends increasingly on democratic governance, institutional capacity, and strategic alignment. North Macedonia's evolution in its Euro-Atlantic roles serves as a microcosm of the broader metamorphosis of small countries in an era of renewed geopolitical uncertainty. What started as an attempt to achieve membership and prestige has transformed into a testing ground for resilience, credibility and strategic influence. NATO membership ensured formal accession in the trans-Atlantic security system; however, its success will depend on the preservation of stability, of democratic rule and of political will in moving national interests toward common values.

The war in Ukraine and the changing geopolitical dynamics have driven the Western Balkans back to the center stage of European calculation once again. In this sense, North Macedonia's adherence to Euro-Atlantic norms is more than something it proclaims; it constitutes an active demonstration of solidarity and dependability in an area where uncertainty so often prevails. Its participation in regional initiatives like Western Balkans Quad and Berlin Process is an example of this very deliberate process of turning alignment into proactive diplomacy – where vulnerability turns into influence.

The findings of this paper imply that the future of small states in European security will largely be determined by three connected forces. The ability to maintain reforms and institutional integrity at home, because credibility abroad depends on legitimacy within. Second, the capability to cope with hybrid challenges through coordination with allies and the development of resilience across governance, economy, and information domains. Third, a willingness to serve as constructive regional mediators and promote cooperation and stability as the public goods of the Euro-Atlantic system. To that end, this study expands our perspective on North Macedonia from a mere aligned success to a strategic case of adaptive small-state actions. Its experience reveals how limited power can be leveraged into meaningful agency through diplomacy, institutional participation, and value-based cooperation. This model has lessons for other Western Balkan countries facing similar challenges in balancing external expectations with internal pressure.

North Macedonia's Western journey remains a "difficult passage" - not because it is unsure where it is going, but because the challenge of

sustaining change is multifaceted.⁴ Its success won't be scored by either symbols of membership or milestones, but rather the extent to which the system can deepen its resilience as a democratic and the trust which citizens will put in it along the process. In this sense, this country's journey mirrors a bigger truth for the region: that the strength of Europe's periphery decides the endurance of its center.

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

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

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

References:

1. Archer, C., Bailes, A. J. K., & Wivel, A. (Eds.). (2014). *Small States and International Security: Europe and Beyond*. Routledge.
2. Baldwin, D. A. (2016). *Power and International Relations: A Conceptual Approach*. Princeton University Press.
3. Bechev, D. (2019). *Rival Power: Russia in Southeast Europe*. Yale University Press.
4. Bieber, F. (2023). "Authoritarianism and Geopolitical Competition in the Balkans after Ukraine." *Foreign Policy Analysis*, 19(1), 22–39.
5. Buzan, B., & Wæver, O. (2003). *Regions and Powers: The Structure of International Security*. Cambridge University Press.
6. European Commission. (2024). *North Macedonia 2024 Report*. Brussels: EU Enlargement Strategy.
7. European External Action Service (EEAS). (2023). *EU-Western Balkans Security Cooperation: Progress and Perspectives*. Brussels.
8. Fischer, J. (2015). *Europe's Choice: Unity or Irrelevance*. Project Syndicate.
9. Hill, C., & Smith, M. (Eds.). (2011). *International Relations and the European Union*. Oxford University Press.
10. Ingebritsen, C., Neumann, I. B., Gstöhl, S., & Beyer, J. (Eds.). (2006). *Small States in International Relations*. University of Washington Press.
11. Katzenstein, P. J. (Ed.). (1996). *The Culture of National Security: Norms and Identity in World Politics*. Columbia University Press.

⁴ This concept of a "difficult passage" builds upon the author's earlier work (Maksuti, 2021) which argued that the post-accession phase for Western Balkan states often presents challenges of a similar magnitude to the pre-accession reform process, particularly in consolidating democratic institutions against persistent hybrid threats and internal political fragmentation.

12. Keohane, R. O. (1984). *After Hegemony: Cooperation and Discord in the World Political Economy*. Princeton University Press.
13. Kmezić, M., & Bieber, F. (Eds.). (2020). *The Western Balkans in the World: Linkages and Relations with Non-Western Countries*. Routledge.
14. Makocki, M., & Nechev, Z. (2017). *Balkan Enlargement and the EU's Geopolitical Role*. European Union Institute for Security Studies (EUISS).
15. Ministry of Defence of North Macedonia. (2023). *Annual Defence Report*. Skopje.
16. NATO. (2023). *Strategic Concept 2022: For a Secure and Strong Alliance*. Brussels: NATO Public Diplomacy Division.
17. Nechev, Z., & Trauner, F. (2022). "North Macedonia's European Integration: Between Symbolism and Substance." *Journal of Contemporary European Studies*, 30(5), 745–761.
18. Nye, J. S. (2004). *Soft Power: The Means to Success in World Politics*. Public Affairs.
19. OECD. (2024). *Western Balkans Competitiveness Outlook 2024*. Paris: OECD Publishing.
20. Regional Cooperation Council (RCC). (2023). *Balkan Barometer 2023: Public Opinion Survey*. Sarajevo: RCC.
21. Risteska, M. (2021). "Democracy and Reform Fatigue in the Western Balkans." *Southeast European and Black Sea Studies*, 21(2), 305–320.
22. Tziampiris, A. (2015). "The New Eastern Question and the Balkans." *Mediterranean Quarterly*, 26(4), 67–84.
23. Vangeli, A. (2020). "Geopolitics of Small States in the Western Balkans." *Croatian International Relations Review*, 26(87), 45–62.
24. Waltz, K. N. (1979). *Theory of International Politics*. Addison-Wesley.
25. Wivel, A., Bailes, A. J. K., & Archer, C. (2019). *Small States and the New Security Environment*. Springer.

Identity Resilience and Professional Reconstruction Among Internally Displaced Youth in Burkina Faso's Central Region

Dakuyo Elie Corneille

Centre Universitaire de Kaya, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p36](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p36)

Submitted: 10 August 2025

Accepted: 29 November 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dakuyo, E.C. (2025). *Identity Resilience and Professional Reconstruction Among Internally Displaced Youth in Burkina Faso's Central Region*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 36. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p36>

Abstract

This qualitative study examines the processes of identity resilience and professional project reconstruction among internally displaced youth settled in the central region of Burkina Faso. In a context of a security crisis that has caused the displacement of more than 2 million people since 2016, this research focuses specifically on the adaptive mechanisms developed by young people aged 18 to 30 to reconstruct their professional identity after a major biographical rupture. The methodological approach is based on semi-structured interviews conducted with 25 internally displaced youth, analyzed using a thematic analysis approach inspired by grounded theory. The results reveal three central processes of identity reconstruction: narrative reappropriation of life trajectory, creative adaptation to new professional opportunities, and mobilization of community and family resources. The study highlights the importance of psychosocial protective factors in the development of identity resilience, particularly social support, access to professional training, and recognition of skills acquired through adversity. These results contribute to a better understanding of identity reconstruction processes in crisis contexts and offer perspectives for psychological support of displaced populations.

Keywords: Identity, resilience, professional, reconstruction, vocational

Introduction

Burkina Faso has been experiencing an unprecedented security and humanitarian crisis since 2016, which has profoundly disrupted the life trajectory of millions of people. Repeated attacks by armed terrorist groups have forced more than 2 million individuals to abandon their usual place of residence to seek refuge in areas considered safer (Action contre la Faim, 2021, p. 1). This situation of forced displacement particularly affects young people, who represent a significant proportion of internally displaced persons (IDPs) and face major challenges in identity and professional reconstruction (UNICEF Burkina Faso, 2025, p. 2).

The central region of Burkina Faso, with Ouagadougou as its capital, constitutes one of the main reception areas for these displaced populations. According to data from the Burkinabè government, this region hosts a significant portion of the 2.1 million displaced persons recorded in March 2023 (United Nations, 2021, p. 1). For displaced youth, this forced migration represents much more than a simple geographical change: it constitutes a major biographical rupture that calls into question their identity, life projects, and professional future prospects (Gnessi, 2024, p. 15).

Problem statement and theoretical issues

The question of identity reconstruction after trauma or major existential rupture constitutes a central field of investigation in clinical psychology and vocational psychology. The work of Dubar (1998, p. 102) on professional identity and insertion narratives has shown the importance of narrative processes in the construction and reconstruction of work identity. In the specific context of forced displacement, these processes take on a particular dimension, as they occur in a context of loss and discontinuity that requires specific adaptive mechanisms.

The concept of identity resilience, developed by Fougereyrollas and Dumont (2009, p. 67), offers a relevant theoretical framework for understanding these reconstruction processes. Identity resilience is defined as an individual's capacity to maintain or reconstruct identity coherence in the face of traumatic or destabilizing events. This capacity involves not only resistance to the negative effects of trauma, but also the creative transformation of adverse experience into a resource for personal and professional development.

In the field of vocational psychology, the work of Masdonati et al. (2017, p. 165) on consensual qualitative research has emphasized the importance of adopting appropriate methodological approaches to capture the complexity of identity construction processes. These approaches allow for accounting for the singularity of individual trajectories while identifying common patterns in identity reconstruction strategies.

Specific context of Burkina Faso

The Burkinabè context presents specificities that influence the identity reconstruction processes of displaced youth. On one hand, Burkinabè society is characterized by a strong tradition of hospitality and community solidarity, which can constitute an important protective factor for displaced populations (Internal Displacement Monitoring Centre, 2019, p. 45). On the other hand, pre-existing economic and social challenges, exacerbated by the security crisis, limit opportunities for professional and social integration of young people, whether displaced or not (Ouedraogo, 2023, p. 78).

Recent data indicate that 50% of displaced persons in Burkina Faso are children under 14 years old, which underlines the magnitude of challenges in terms of education and professional training (Humanitarian Action, 2024, p. 12). For displaced young adults, the situation is particularly complex as they find themselves at a critical age for constructing their professional identity and establishing their economic autonomy.

Research objectives

This study aims to understand the processes of identity resilience and professional project reconstruction among internally displaced youth settled in the central region of Burkina Faso. More specifically, it seeks to:

- Identify the psychological and social mechanisms underlying identity reconstruction among internally displaced youth
- Analyze the strategies developed by these young people to reconstruct their professional projects in a new context
- Examine the role of protective and vulnerability factors in identity resilience processes
- Understand the influence of the Burkinabè sociocultural context on these reconstruction processes

Scientific and social relevance

This research is situated in both fundamental and applied perspectives. On the fundamental level, it contributes to the advancement of knowledge on identity resilience processes in crisis contexts, a domain still little explored in the French-language literature in vocational psychology. On the applied level, it aims to provide elements of understanding useful for developing psychological support and professional integration programs adapted to the specific needs of internally displaced youth.

The qualitative approach adopted allows for capturing the complexity and singularity of lived experiences, while identifying patterns likely to inform intervention practices. This approach is part of the tradition of qualitative research in psychology, which privileges in-depth understanding of human phenomena rather than their quantification (Santiago-Delefosse, 2004, p. 135).

Method

Methodological approach

This research adopts a qualitative approach of interpretative phenomenological type, particularly suited to exploring subjective experiences and meaning-making processes (Drapeau, 2004, p. 8). The choice of this approach is justified by the complex and multidimensional nature of the phenomena studied, which require an in-depth understanding of the meanings attributed by participants to their experience of displacement and identity reconstruction.

The methodological approach is inspired by the principles of Consensual Qualitative Research (CQR) developed by Hill et al. (2005, p. 198), which emphasizes triangulation of perspectives and validation by consensus among researchers. This approach allows for reconciling the richness of qualitative analysis with scientific rigor requirements adapted to psychology research standards.

Participants

The sample consists of 25 internally displaced youth aged 18 to 30, settled in the central region of Burkina Faso for at least six months. Inclusion criteria included: (1) being aged 18 to 30 at the time of the study, (2) having been forced to leave their usual place of residence due to the security crisis, (3) residing in the central region for at least six months, (4) agreeing to participate voluntarily in the study, and (5) having sufficient French proficiency to participate in an interview.

The sampling strategy adopted combines initial convenience sampling and progressive theoretical sampling, in accordance with grounded theory principles (Glaser & Strauss, 1967, p. 45). Recruitment was carried out through non-governmental organizations working with displaced populations, professional training centers, and through the "snowball" technique allowing participants to recommend other people likely to participate in the study.

Sociodemographic characteristics

The sample includes 14 men and 11 women, with a mean age of 24.3 years (standard deviation = 3.7 years). The average duration of displacement is 18 months (range: 6 to 48 months). Regarding education level, 8 participants have a primary level, 12 have a secondary level, and 5 have a higher education level. Before displacement, 15 participants were engaged in agricultural activity, 6 were in informal trade, 3 were students, and 1 was a civil servant.

The regions of origin of participants are distributed as follows: 12 come from the Northern region, 8 from the Sahel region, 3 from the Eastern region, and 2 from the Centre-North region. This geographical diversity allows

for capturing variations in displacement experiences according to local contexts of origin.

Data collection procedure

Data collection took place between January and May 2024, through individual semi-structured interviews with an average duration of 90 minutes (range: 60 to 120 minutes). Interviews were conducted in a confidential setting, either in partner organization premises or in neutral community spaces, according to participant preferences.

Interview guide

The interview guide was developed based on a literature review on identity resilience and professional reconstruction, then validated by an expert committee composed of three researchers in vocational psychology. It includes four main axes:

1. **Life trajectory and displacement experience:** exploration of departure context, displacement circumstances, and adaptation to the new place of residence
2. **Identity and self-representations:** investigation of changes in self-perception, values, and life projects
3. **Professional reconstruction:** analysis of strategies developed to reconstruct a professional project, obstacles encountered, and resources mobilized
4. **Protective and vulnerability factors:** identification of elements that facilitate or hinder identity reconstruction processes.

Each axis includes main questions and follow-up prompts to deepen the themes addressed. The guide was designed flexibly to adapt to the rhythm and specificities of each participant, in accordance with semi-structured interview principles (Pin, 2023, p. 12).

Ethical considerations

This research received approval from the research ethics committee of the University of Ouagadougou. All participants gave informed consent after being informed of the study objectives, procedure, their rights, and confidentiality measures. Particular attention was paid to ethical aspects related to the vulnerability of displaced populations, particularly in terms of respect for dignity, non-exploitation, and reciprocity.

A psychological support protocol was established in collaboration with local clinical psychologists, allowing for referring participants to specialized support in case of psychological distress revealed during interviews. No

participant required this type of referral, but this precaution demonstrates the attention paid to the well-being of people involved in the research.

Data analysis procedure

Data analysis follows a thematic analysis approach inspired by the method of Braun and Clarke (2006, p. 82), adapted to the specificities of research in vocational psychology. This approach allows for identifying, analyzing, and reporting patterns (themes) present in the data, while preserving the richness and complexity of individual experiences.

Analysis steps

1. **Transcription and familiarization:** all interviews were fully transcribed and anonymized. Repeated reading of transcriptions allowed for thorough familiarization with the data.
2. **Initial coding:** line-by-line coding was performed to identify relevant meaning units. This step generated 247 initial codes reflecting the diversity of reported experiences.
3. **Theme searching:** codes were grouped into potential themes according to their conceptual coherence and recurrence in the data.
4. **Theme revision:** themes were refined and restructured to ensure their internal coherence and mutual distinction.
5. **Definition and naming:** each theme was clearly defined and named to reflect its essential content.
6. **Report writing:** results were written by integrating illustrative interview excerpts and establishing links with existing literature.

Quality criteria

Several measures were taken to ensure the quality and rigor of the analysis (Santiago-Delefosse & Bruchez, 2015, p. 415):

- **Analyst triangulation:** analysis was conducted by two independent researchers, with consensus sessions to resolve interpretation divergences
- **Participant validation:** a subsample of 8 participants was recontacted to validate the interpretation of results (member checking)
- **Audit trail:** all analysis steps were documented to ensure process traceability
- **Reflexivity:** researchers kept a reflexive journal to document their assumptions and reactions throughout the process

Theoretical saturation was reached after analyzing 22 interviews, with the last 3 interviews not bringing significant new elements. This saturation testifies to the sufficiency of the sample to meet the research objectives.

Results

Thematic analysis of the interviews identified three central processes in the identity and professional reconstruction of internally displaced youth: (1) narrative reappropriation of life trajectory, (2) creative adaptation to new opportunities, and (3) mobilization of community and family resources. These processes articulate in a dynamic and non-linear manner, with each participant developing a unique combination of adaptive strategies according to their personal and social context.

Theme 1: Narrative reappropriation of life trajectory Reconstruction of experience meaning

The first identified process concerns the capacity of displaced youth to reconstruct a narrative coherence of their life trajectory, integrating the traumatic experience of displacement into a broader life narrative. This narrative reappropriation constitutes a fundamental mechanism of identity resilience, allowing for transforming a suffered rupture into a significant stage of personal development.

Amadou, 26 years old, former farmer from the Northern region, illustrates this process:

"At first, I told myself that my life was over, that everything I had built was lost. But with time, I understood that this ordeal also taught me things. Now, I tell myself that I am someone who survived the war, who knew how to adapt. It's a strength I didn't know before."

This narrative reconstruction is often accompanied by a reevaluation of priorities and values. Participants develop an expanded temporal perspective that allows them to envision displacement no longer as an end, but as a transition toward new possibilities.

Integration of "survivor" identity

A particularly salient aspect of this narrative reappropriation concerns the integration of "survivor" or "resilient" identity into self-conception. This new identity facet becomes an important psychological resource for facing the challenges of professional reconstruction.

Fatimata, 23 years old, a former trader, expresses this transformation:

"Before, I saw myself just as a small village trader. Now, I know that I am capable of starting from scratch, of adapting to any situation. This self-confidence, I didn't have it before displacement."

This integration of adverse experience as a source of personal strength constitutes an important protective factor against risks of psychological decompensation and facilitates engagement in new professional projects.

Theme 2: Creative adaptation to new opportunities

Professional reconversion as an adaptation strategy

The second central process concerns the capacity of displaced youth to identify and seize new professional opportunities in their host environment. This adaptation is not limited to simple activity substitution, but often involves genuine reconversion that mobilizes transferable skills and develops new ones.

Ibrahim, 28 years old, a former herder who became a motorcycle mechanic, describes this transformation:

"When I arrived here, there was no possibility of herding like in the village. But I was always good with my hands, I already repaired agricultural equipment. I started observing the mechanics in the neighborhood, then I asked to learn. Now, I have my own activity."

This creative adaptation capacity relies on several factors: cognitive flexibility, openness to new learning, and the ability to identify transferable skills from one domain to another.

Innovation in subsistence strategies

Participants often develop innovative strategies to generate income, combining several activities or creating new economic niches. This diversification of income sources constitutes both an economic survival strategy and a means of identity reconstruction.

Aïcha, 25 years old, illustrates this creativity:

"I started by selling vegetables at the market, like I did in the village. Then I noticed that many displaced women didn't know where to buy certain products from their region. I created a small network to bring these products and resell them. Now, I train other women to do the same."

This innovation in subsistence strategies testifies to a remarkable capacity for agency, allowing displaced youth to move beyond victim status to become actors in their own reconstruction.

Acquisition of new skills

Adaptation to new opportunities is often accompanied by significant investment in acquiring new skills, whether technical, linguistic, or relational. This learning approach constitutes a key factor in professional identity reconstruction.

Moussa, 24 years old, former cultivator who became a phone credit seller, testifies:

"Here in the city, you have to know how to count quickly, talk with customers, use new technologies. At first, it was difficult, but I learned. Now, I feel more modern, more adapted to today's world."

This acquisition of new skills is not limited to their utilitarian dimension, but contributes to a deeper transformation of professional and social identity.

Theme 3: Mobilization of community and family resources **Role of social support in reconstruction**

The third central process concerns the active mobilization of social resources available in the host environment. This mobilization is not limited to passive reception of aid, but involves a proactive approach to building social networks and reciprocity.

Salif, 27 years old, explains the importance of these networks:

"When you arrive somewhere with nothing, it's relationships that count. I first looked for people from my region who were already there. They helped me understand how it works here, where to find work. Now, I'm the one helping new arrivals."

This dimension of reciprocity in helping relationships constitutes an important element in reconstructing self-esteem and personal dignity.

Adaptation to local sociocultural codes

Mobilizing community resources often requires adaptation to the sociocultural codes of the host environment. This adaptation represents a particular challenge for youth from rural areas who find themselves in urban settings.

Mariam, 22 years old, describes this adaptation:

"In the village, everyone knows each other, relationships are different. Here in the city, you have to learn the codes, how to dress, how to talk to people. It's like learning a new culture, even though we're in the same country."

This cultural adaptation constitutes a complex process that can be a source of stress but also personal enrichment and horizon broadening.

Intergenerational transmission and family responsibility

A particularly significant aspect concerns the role of displaced youth in intergenerational transmission and their responsibility toward their family. Many perceive themselves as "pioneers" charged with opening the way for other family members.

Ousmane, 29 years old, expresses this responsibility:

"I can't fail because my whole family is counting on me. I have to show that it's possible to make it here, so that my little brothers can also come to study or work. It's pressure, but it's also what gives me the strength to continue."

This dimension of family responsibility constitutes both a stress factor and an important source of motivation in identity reconstruction processes.

Transversal factors influencing reconstruction

Temporality and non-linear processes

Analysis reveals that identity and professional reconstruction does not follow a linear process, but is characterized by phases of advances and setbacks, doubts and confirmations. Temporality plays a crucial role, with the first months generally marked by immediate survival, while longer-term projects emerge progressively.

Gender and trajectory specificities

Results highlight significant differences according to gender in reconstruction strategies. Women tend to favor commercial activities and female networks, while men orient more toward technical and artisanal trades. These differences reflect both sociocultural constraints and specific opportunities available according to gender.

Education level and adaptation capacities

Initial education level significantly influences adaptation capacities and reconstruction strategies. Participants with higher education levels generally show greater flexibility in their reconversion strategies and better ability to navigate institutional systems.

These results reveal the complexity and richness of identity reconstruction processes among internally displaced youth, highlighting their remarkable capacity for resilience and creative adaptation in the face of adversity.

Discussion

This qualitative study provides original insight into the processes of identity resilience and professional reconstruction among internally displaced youth in Burkina Faso. The results reveal complex adaptive mechanisms that go far beyond a simple survival reaction to constitute genuine processes of identity transformation and personal development. This discussion examines these results in light of existing literature and explores their theoretical and practical implications.

Narrative reappropriation and identity reconstruction

The narrative reappropriation process identified in this study echoes the work of McAdams (2001, p. 115) on narrative identity and that of Dubar (1998, p. 102) on professional identity reconstruction. The capacity of displaced youth to integrate the traumatic experience of displacement into a coherent life narrative constitutes a fundamental mechanism of identity resilience, confirming the theoretical propositions of Cyrulnik (2001, p. 78) on resilience as a narrative process.

This narrative reappropriation presents specificities linked to the context of forced displacement. Unlike voluntary professional transitions studied by Masdonati and Rossier (2016, p. 280), displacement imposes a brutal rupture that requires more radical reconstruction mechanisms. Participants in this study develop what we propose to call a "resilient survivor identity," which transforms adverse experience into positive identity resource.

This identity transformation is in line with the work of Tedeschi and Calhoun (2004, p. 12) on post-traumatic growth, but presents specific characteristics linked to the Burkinabè sociocultural context. The cultural valorization of resistance in the face of adversity and traditional models of community resilience facilitate this positive integration of traumatic experience.

Creative adaptation and agency

The creative adaptation process observed among participants remarkably illustrates the concept of agency developed by Bandura (2006, p. 315) in his social cognitive theory. Displaced youth do not merely endure their situation, but develop proactive strategies that testify to a capacity for action on their environment and professional future.

This adaptive creativity presents similarities with the mechanisms of "identity bricolage" described by Lévi-Strauss (1962, p. 26) and taken up by Dubar (2000, p. 145) in the context of professional identity construction. Participants mobilize available resources in their new environment to construct new identity and professional configurations, demonstrating remarkable cognitive flexibility.

Innovation in subsistence strategies also reveals processes of necessity entrepreneurship that align with the analyses of Reynolds et al. (2005, p. 218) on entrepreneurship in constraint contexts. However, our results suggest that this entrepreneurship goes beyond simple economic necessity to become a vector of identity reconstruction and self-esteem development.

Social resource mobilization and social capital

The mobilization of community and family resources observed in this study confirms the importance of social capital in resilience processes, as shown by the work of Putnam (2000, p. 19) and Coleman (1988, p. S98). However, our results reveal specificities linked to the displacement context and Burkinabè culture.

The dimension of reciprocity in helping relationships constitutes a particularly significant element. Participants do not merely receive help but actively engage in mutual aid relationships that contribute to reconstructing their dignity and self-esteem. This reciprocity echoes the analyses of Mauss (1925, p. 147) on gift and counter-gift, but is actualized in the specific context of forced migration.

Adaptation to local sociocultural codes reveals processes of selective acculturation that align with Berry's (1997, p. 9) models on acculturation strategies. Participants develop intercultural competencies that allow them to navigate between their culture of origin and that of their host environment, creating hybrid identities particularly adapted to their situation.

Protective and vulnerability factors

Analysis of transversal factors reveals the importance of several variables in identity reconstruction processes. Education level appears as a major protective factor, confirming results from previous research on resilience (Masten, 2001, p. 235). However, our results nuance this

relationship by showing that formal education is not the only determinant of adaptation capacity.

Gender differences observed in reconstruction strategies reflect constraints and opportunities specific to traditional social roles. These results align with feminist analyses on resilience that emphasize the importance of taking gender specificities into account in the study of adaptive processes (Gilligan, 1982, p. 173).

The non-linear temporality of reconstruction processes constitutes an important result that challenges sequential models of adaptation to change. Our results rather suggest a cyclical model where phases of progression and regression alternate according to challenges encountered and available resources.

Theoretical implications

This study contributes to enriching theoretical models of identity resilience in crisis contexts. It proposes an integrative model that articulates three central processes: narrative reappropriation, creative adaptation, and social resource mobilization. This model goes beyond individualizing approaches to resilience to integrate social and cultural dimensions of adaptive processes.

The notion of "resilient survivor identity" that we propose enriches existing conceptualizations of professional identity by integrating the dimension of adverse experience transformed into resource. This conceptualization could be relevant for other populations confronted with major biographical ruptures.

The study also emphasizes the importance of developing culturally situated theoretical approaches to resilience. The mechanisms identified among Burkinabè youth are rooted in specific values and cultural practices that cannot be neglected in understanding adaptive processes.

Practical implications

The results of this study offer several avenues for developing support programs for internally displaced youth. First, the importance of narrative reappropriation suggests the interest of therapeutic approaches centered on life narrative reconstruction, such as narrative therapy developed by White and Epston (1990, p. 29).

Second, the adaptive creativity observed among participants argues for flexible professional training programs that valorize transferable skills and encourage innovation. These programs should go beyond simple technical skill transmission to include agency and self-confidence development.

Third, the importance of social resources suggests the interest of programs that facilitate social network creation and existing social capital

mobilization. These programs could include peer mentoring devices and intercommunity meeting spaces.

Limitations and research perspectives

This study presents several limitations that must be taken into account in interpreting results. First, the sample, although diversified, remains limited to the central region of Burkina Faso and does not allow for generalizing results to all displaced youth in the country or other contexts.

Second, the cross-sectional nature of the study does not allow for capturing the temporal evolution of reconstruction processes. Longitudinal studies would be necessary to better understand the dynamics of these processes over the long term.

Third, the qualitative approach, although adapted to the study objectives, does not allow for quantifying the relative importance of different identified factors. Mixed studies combining qualitative and quantitative approaches could enrich understanding of these phenomena.

Future research perspectives include extending this study to other regions and contexts, developing identity resilience measurement tools adapted to the Burkinabè context, and evaluating the effectiveness of interventions based on the results of this research.

Conclusion

This study reveals the remarkable capacity for resilience and adaptation of internally displaced youth in Burkina Faso. Far from being simple passive victims of the security crisis, these young people develop creative and proactive strategies for identity and professional reconstruction that testify to their agency and development potential.

The identified processes - narrative reappropriation, creative adaptation, and social resource mobilization - constitute fundamental mechanisms of identity resilience that could be relevant for other populations confronted with major biographical ruptures. This research thus contributes to a better understanding of identity reconstruction processes in crisis contexts and offers promising perspectives for psychological support and professional integration of displaced populations.

The qualitative approach adopted has allowed for capturing the complexity and richness of these processes, emphasizing the importance of research methods adapted to the study of complex human phenomena. This study argues for an approach to resilience that goes beyond individualizing models to integrate social, cultural, and contextual dimensions of adaptive processes.

Acknowledgments

This study was conducted in scrupulous compliance with the international ethical principles for research involving human subjects, as set forth in the Declaration of Helsinki. Ethical approval for this investigation was granted by the Center for Studies on Philosophies, Societies, and Knowledge (CEPHISS) of Joseph KI-ZERBO University. Scientific and ethical supervision was provided by the "Crises, Psychopathologies, and Psychotherapies of Trauma" (CRIPT) research team, led by Professor Sébastien YOUGBARÉ. All participants were fully informed of the objectives and nature of the investigation, the voluntary nature of their participation, the confidentiality of their responses, and their right to withdraw from the study at any time without prejudice. Written informed consent was collected from each participant before the start of the survey. All collected data were processed anonymously to ensure the protection of participants' personal information.

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

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

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

References:

1. Action contre la Faim. (2021). *Burkina Faso: More than 1 million people displaced by violence*. <https://www.actioncontrelafaim.org/a-la-une/plus-1-million-de-personnes-deplacees-par-les-violences/>
2. Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 307–337). Information Age Publishing.
3. Berry, J. W. (1997). Immigration, acculturation, and adaptation. *Applied Psychology*, 46(1), 5–34.
4. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
5. Coleman, J. S. (1988). Social capital in the creation of human capital. *American Journal of Sociology*, 94, S95–S120.
6. Cyrulnik, B. (2001). *Les vilains petits canards*. Odile Jacob.
7. Drapeau, M. (2004). Les critères de scientificité en recherche qualitative. *Pratiques psychologiques*, 10(1), 3–17.
8. Dubar, C. (1998). Identité professionnelle et récits d'insertion. Pour une approche socio-sémantique des constructions identitaires. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 27(1), 95–119. https://www.persee.fr/doc/binop_0249-6739_1998_num_27_1_1222

9. Dubar, C. (2000). *La socialisation: Construction des identités sociales et professionnelles*. Armand Colin.
10. Fougereyrollas, P., & Dumont, C. (2009). Construction identitaire et résilience en réadaptation. *Frontières*, 22(1-2), 65–71. <https://www.erudit.org/en/journals/fr/2009-v22-n1-2-fr3943/045023ar/abstract/>
11. Gilligan, C. (1982). *In a different voice: Psychological theory and women's development*. Harvard University Press.
12. Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine.
13. Gnessi, S. (2024). *Crise sécuritaire et vulnérabilité au Burkina Faso: Analyse de la situation et des besoins des enfants déplacés internes (EDI) en situation de rue à Ouagadougou*. https://djiboul.org/wp-content/uploads/2024/11/Tire-a-part_7.pdf
14. Hill, C. E., Knox, S., Thompson, B. J., Williams, E. N., Hess, S. A., & Ladany, N. (2005). Consensual qualitative research: An update. *Journal of Counseling Psychology*, 52(2), 196–205.
15. Humanitarian Action. (2024). *Contexte et impact de la crise - Burkina Faso Plan de réponse humanitaire 2024*. <https://humanitarianaction.info/plan/1179/document/burkina-faso-plan-de-reponse-humanitaire-2024/article/contexte-et-impact-de-la-crise>
16. Internal Displacement Monitoring Centre. (2019). *Les déplacements internes en Afrique*. <https://www.internal-displacement.org/sites/default/files/inline-files/2019-Africa-report-fr.pdf>
17. Lévi-Strauss, C. (1962). *La pensée sauvage*. Plon.
18. Masdonati, J., Froidevaux, A., & Rossier, J. (2017). Chapitre 7. La recherche qualitative consensuelle en psychologie du conseil et de l'orientation. In *Les méthodes qualitatives en psychologie et sciences humaines de l'éducation* (pp. 153–175). Dunod. https://shs.cairn.info/article/DUNOD_SANTI_2017_01_0153
19. Masdonati, J., & Rossier, J. (2016). Les transitions professionnelles: processus psychologiques et accompagnement. *L'Orientation scolaire et professionnelle*, 45(3), 273–285.
20. Masten, A. S. (2001). Ordinary magic: Resilience processes in development. *American Psychologist*, 56(3), 227–238.
21. Mauss, M. (1925). Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques. *L'Année sociologique*, 1, 30–186.
22. McAdams, D. P. (2001). The psychology of life stories. *Review of General Psychology*, 5(2), 100–122.

23. Nations Unies. (2021). *Sahel: deux millions de déplacés internes à cause des violences*. <https://news.un.org/fr/story/2021/01/1087462>
24. Ouedraogo, A. (2023). *Insécurité alimentaire et résilience au Burkina Faso: une analyse comparative des ménages de personnes déplacées internes (PDI) dans les centres d'accueil et les communautés hôtes*. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/16608>
25. Pin, C. (2023). *L'entretien semi-directif*. LIEPP Methods Brief/Fiches méthodologiques du LIEPP. <https://sciencespo.hal.science/hal-04087897/>
26. Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Simon & Schuster.
27. Reynolds, P., Bosma, N., Autio, E., Hunt, S., De Bono, N., Servais, I., Lopez-Garcia, P., & Chin, N. (2005). Global entrepreneurship monitor: Data collection design and implementation 1998-2003. *Small Business Economics*, 24(3), 205–231.
28. Santiago-Delefosse, M. (2004). Évaluer la qualité des publications: quelles spécificités pour la recherche qualitative? *Pratiques psychologiques*, 10(2), 131–143.
29. Santiago-Delefosse, M., & Bruchez, C. (2015). Les critères de qualité en recherche qualitative: enjeux et complexité. *Bulletin de psychologie*, 68(5), 409–421. <https://shs.cairn.info/revue-bulletin-de-psychologie-2015-5-page-409>
30. Tedeschi, R. G., & Calhoun, L. G. (2004). Posttraumatic growth: Conceptual foundations and empirical evidence. *Psychological Inquiry*, 15(1), 1–18.
31. UNICEF Burkina Faso. (2025). *Les adolescents et les jeunes déplacés internes embrassent des métiers d'avenir à Dori*. <https://www.unicef.org/burkinafaso/recits/les-adolescents-et-les-jeunes-d%C3%A9plac%C3%A9s-internes-embrassent-des-m%C3%A9tiers-d'avenir-%C3%A0-dori>
32. White, M., & Epston, D. (1990). *Narrative means to therapeutic ends*. Norton.

Signes de dépression chez les étudiants redoublants de l'Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe à Kinshasa : Enquête qualitative

Becker Sunga Sunga

Assistant d'enseignement à l'Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe et
Doctorant en Sciences Psychologiques à l'Université Pédagogique Nationale
(UPN), RD Congo

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p53](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p53)

Submitted: 02 December 2025

Accepted: 29 December 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Sunga Sunga, B. (2025). *Signes de dépression chez les étudiants redoublants de l'Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe à Kinshasa : Enquête qualitative*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 53. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p53>

Résumé

Cette étude avait pour finalité d'examiner de manière systématique les manifestations dépressives chez des étudiants confrontés à l'échec universitaire. Pour répondre à cet objectif, une démarche qualitative s'appuyant sur la méthode clinique a été mobilisée, permettant d'appréhender la singularité de chaque participant. L'échantillon, constitué selon une procédure non probabiliste de type occasionnel, comprenait cinq étudiants ayant tous redoublé leur première année de licence. La collecte des données s'est effectuée à l'aide de deux outils complémentaires : la technique du récit de vie, qui a permis d'explorer la dimension subjective et biographique des expériences étudiantes, et l'Échelle de Dépression de Beck – Version Adolescent, utilisée comme instrument psychométrique pour objectiver la présence et l'intensité des symptômes dépressifs. Le traitement des données a reposé sur l'étude de cas, favorisant une analyse clinique approfondie des trajectoires individuelles. Les résultats convergents issus des analyses narratives et des scores psychométriques indiquent que l'ensemble des participants présentent des manifestations de souffrance psychique s'exprimant sous forme de signes dépressifs. Cette symptomatologie apparaît intimement liée à l'expérience de l'échec académique, lequel constitue un événement potentiellement déstabilisant pour l'estime de soi, la motivation et

le sentiment de compétence. Au regard de ces observations, l'étude souligne l'importance de mettre en place, au sein des établissements universitaires, des dispositifs institutionnels de santé mentale et de soutien psychosocial. De tels services permettraient d'accompagner les étudiants en difficulté, de prévenir l'intensification des symptômes dépressifs et de promouvoir un environnement académique favorisant le bien-être et la réussite.

Mots clés : Dépression, étudiant, échec académique, étude qualitative, Kinshasa

Signs of Depression Among Repeat Students at the Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe in Kinshasa: Qualitative Survey

Becker Sunga Sunga

Teaching Assistant at the Higher Pedagogical Institute of Gombe and PhD student in Psychological Sciences at the National Pedagogical University (UPN), DR Congo

Abstract

The purpose of this study was to systematically examine depressive symptoms in students facing academic failure. To achieve this objective, a qualitative approach based on clinical methodology was used, allowing for an understanding of each participant's unique situation. The sample, which was selected using a non-probabilistic, opportunistic procedure, included five students who had all repeated their first year of undergraduate studies. Data was collected using two complementary tools: the life story technique, which explored the subjective and biographical dimensions of the students' experiences, and the Beck Depression Inventory – Adolescent Version, used as a psychometric instrument to objectively assess the presence and intensity of depressive symptoms. Data processing was based on the case study method, which allowed for an in-depth clinical analysis of individual trajectories. The convergent results from narrative analyses and psychometric scores indicate that all participants show signs of psychological distress in the form of depressive symptoms. These symptoms appear to be closely linked to the experience of academic failure, which can be potentially destabilizing for self-esteem, motivation, and feelings of competence. In light of these observations, the study highlights the importance of establishing institutional mental health and psychosocial support systems within universities. Such services would make it possible to support students in difficulty, prevent the intensification of

depressive symptoms, and promote an academic environment conducive to well-being and success.

Keywords: Depression, student, academic failure, qualitative study, Kinshasa

Introduction

Les expériences académiques de succès ou d'échec vécues par des étudiants constituent des marqueurs psychosociaux importants pouvant déterminer leur avenir et leur devenir. Dans ce cadre d'analyse, l'entrée à l'université est donc une période marquante pour tout étudiant désirant poursuivre ses études supérieures. Veron, Sauvade et Le Barbenchon (2018) soulignent que l'entrée dans l'enseignement supérieur représente une période de transition nécessitant de nombreuses adaptations des étudiants à leur nouvel environnement. Paré (2020) estime que des changements et des décisions multiples peuvent créer des stress importants et favoriser l'émergence de symptômes dépressifs chez les étudiants les plus vulnérables. Pour Boileau (1984), l'organisation du cursus scolaire et universitaire favorise en effet l'apparition de l'échec névrotique dans des conditions quasi « expérimentales » chez des adolescents ou de jeunes adultes aux choix et aux personnalités encore mal définis, ces conduites névrotiques se présentent avec un maximum d'ambiguïté en ce qui concerne leurs significations et objectifs inconscients, multiples et contradictoires.

En effet, le passage d'une promotion inférieure à une supérieure est conditionné par la réussite aux évaluations académiques. Cependant, plusieurs cas d'échec peuvent être enregistrés dans le cursus universitaire des étudiants. De ce fait, l'échec à tous les niveaux de l'enseignement est universel et concerne tous les pays du monde. Le Ministère de l'éducation du Gabon (1998, 2006) rapporte qu'au niveau de l'enseignement supérieur, l'échec est aussi considérable, notamment en première année d'études : entre 63 et 76 % des étudiants et étudiantes des facultés seraient concernés chaque année. Demba (2010) laisse remarquer en Afrique, en général, et en Afrique francophone, en particulier, la question de l'échec scolaire ne se pose pas comme question vive du temps de la colonisation. Ognaligui (1999) renseigne que durant cette période, la formation des jeunes était surtout fonction des besoins de l'administration coloniale. Les colonisateurs avaient essentiellement besoin des aides et des employés de bureau pour l'administration, de commis pour les maisons de commerce, etc. Ils procédaient ainsi au recrutement des jeunes et à leur formation ; une formation qui nécessitait la maîtrise des « outils intellectuels élémentaires de la culture occidentale, en particulier la langue et le calcul ; tout juste l'indispensable pour devenir un bon exécutant ».

Pons-Desoutter (2015) rapporte qu'en 2011-2012, une étude menée par la Direction de l'Évaluation de la Prospective et de la Performance sur le

devenir des nouveaux bacheliers inscrits en première année de licence (L1) classait l'UNC au dernier rang des universités relativement aux taux de réussite attendus. Les chiffres présentés par le service statistique du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche (DGESIP- DGRI- SIES) faisaient état de 18 % de poursuites en L2, soit le taux le plus bas de toutes les universités de France avec une valeur ajoutée de moins 23,6 %¹. Une autre étude menée en 2013 par le Bureau d'Aide à l'Insertion Professionnelle (BAIP) dans le cadre de la sécurisation des parcours révélait que seuls 20 % des néo-bacheliers inscrits en L1 en 2013 obtenaient plus de 15 crédits à l'issue du premier semestre (en première session).

Le Breton et Marcelli (2010) mentionnent que les effets néfastes du redoublement ne sont pas à négliger. Perte d'estime de soi, diminution du niveau d'ambition, repli sur soi, sont autant de risques qui guettent le redoublant qui se verra imposer la décision. Bobasch (1995) précise que dans une étude menée en France, les adolescents citent le redoublement comme l'évènement le plus redouté de leur vie, juste après de la disparition de l'un de leurs proches.

En effet, l'échec au niveau universitaire peut désorienter et bouleverser la vie des étudiants qui en sont victimes, cette situation peut occasionner la déprime, voire la dépression. Sur ce point, Sunga Sunga et al., (2024) relèvent que la plupart des apprenants se trouvent perdus après leur échec. Cela les plonge dans une souffrance psychique, se traduisant notamment par des troubles de sommeil, du découragement, de la diminution ou de l'augmentation de l'appétit, des tentatives de suicide ou des projets précis de suicide, de sentiment d'être sans valeur envers ses proches. En outre, certains élèves ayant échoué peuvent faire l'objet de stigmatisation et de discrimination. Ce qui peut renforcer, leur souffrance psychique. Demba (2010) fait observer quant à lui que la question de l'échec scolaire est centrale et comporte, là aussi, des répercussions importantes, particulièrement pour ceux et celles qui sont concernés au premier chef, soit les apprenants. Grondin (2015) note que des événements extérieurs à l'individu en l'occurrence l'échec scolaire, peuvent contribuer au développement d'une dépression. C'est dans ce cadre que Sunga Sunga et al., (2023) attestent que dans la situation d'échec ou de redoublement scolaire ou académique, les parents, les enseignants, bref l'environnement immédiat de l'élève ou de l'étudiant ont tendance à culpabiliser, à humilier ; ignorant que l'écolier ou l'étudiant en situation de redoublement scolaire traverse une période de stress, d'anxiété, déprime voire de dépression ; qui pourrait influencer toute sa scolarité voire toute sa vie.

Grondin (2015) renseigne que le taux de prévalence des troubles dépressifs atteint présentement des proportions alarmantes : presque une personne sur cinq sera affectée par la dépression au moins une fois dans sa vie, l'incidence annuelle étant d'environ 8 % en Amérique du Nord et en France.

Selon l'Organisation mondiale de la santé, la dépression affecte environ 121 millions d'individus à travers le monde et sera, en 2020, la première cause de souffrance chez la femme et la seconde chez l'homme (après les maladies cardiovasculaires).

D'après une étude conduite par Padovani et al., (2014) relève que les étudiants universitaires font partie d'une population sujette à développer des symptômes dépressifs, même s'ils sont bénins en raison des facteurs stressants rencontrés dans le cours de premier cycle (surcharges d'information, exigence, s'appliquant aux enseignants, nouvelles adaptations à l'obtention du diplôme, pénurie de temps pour les loisirs, facteurs stressants familiaux limitation des finances), ces facteurs peuvent déclencher des troubles mentaux. A ce sujet, Brandtner et Bardagi (2009) précisent aussi que la dépression est le trouble mental le plus courant chez les étudiants universitaires, cependant, il est nécessaire de mener une étude pour évaluer l'image clinique de cette population afin de proposer les interventions pour améliorer la santé mentale des étudiants.

De ce même point de vue, de Morais et al., (2010) mettent l'accent sur les principaux symptômes liés à la dépression dans le milieu universitaires, tels que la diminution de la capacité de raisonnement, la mémorisation, la motivation et l'intérêt de l'universitaire par rapport à l'étude.

Cependant, au sein des sites universitaires africains, les services de santé mentale et psychosociaux étant quasi inexistant, les étudiants en situation d'échec académique présentant les indices de dépression, ne sont ni diagnostiqués ni pris en charge. Comme le fait constater Silva et Da Costa (2012), il est nécessaire de considérer que quand ces symptômes sont identifiés tôt, il permet la prévention et le diagnostic des désordres mentaux, tels que la dépression de plus, plus tôt ils sont diagnostiqués et traités, plus la possibilité que la future carrière professionnelle de ces étudiants ne soit pas affectée.

Cette recherche vise à analyser les signes de dépression chez les étudiants en situation d'échec académique. Cette étude s'articule autour de la question centrale suivante : Quels sont les signes cliniques de la dépression observés chez les étudiants en situation d'échec académique ?

Mis à part, la partie introductive et la conclusion, ce présent travail se structure comme suit : les repères méthodologiques, les résultats de l'étude et la discussion des résultats.

Les lignes qui suivent retracent donc les points saillants de la recherche.

Repères méthodologiques

Participants à l'étude

La population de cette étude comprend tous les étudiants de l'Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe (ISP/G) ayant repris de promotion au cours de l'année 2023-2024. Un échantillon non probabiliste du type

accidentel de cinq (5) sujets a été extrait des étudiants de différents départements de cet institut, redoublants la première licence. Les participants ont été sectionnés suivants ces critères : être un étudiant régulièrement inscrit à l'ISP/G ; avoir repris de promotion et enfin accepter et être disponible à participer à l'étude et à partager son expérience.

En effet, la faible taille de cet échantillon, s'explique pour deux raisons majeures : l'orientation de l'enquête qualitative et clinique de l'étude. Paillé (2019) précise que l'enquête qualitative de « terrain » c'est la recherche qui implique un contact personnel avec les sujets de la recherche, principalement par des entretiens et par l'observation des pratiques dans les milieux mêmes où évoluent les acteurs. Pour Paillé et Mucchielli (2021), l'enquête est dite « qualitative » lorsque ses méthodes et ses instruments sont conçus, d'une part, pour recueillir des données qualitatives et, d'autre part, pour analyser ces données de manière qualitative.

Méthode et techniques

Considérant les étudiants redoublants comme des sujets en souffrance psychique suite à leur échec universitaire, l'étude a fait recours à la méthode clinique. Pedinielli (2016) fait remarquer que le terme « méthode clinique » regroupe un ensemble de techniques qui ont en commun de produire des informations concrètes sur la personne ou la situation posant un problème et/ou révélant une souffrance. Elle vise donc à créer une situation de rencontre, avec un degré faible de contrainte, en vue d'un recueil d'informations qu'elle souhaite le plus large et le moins artificiel possible en donnant au sujet des possibilités d'expression. Fernandez et Pedinielli (2006) précisent que cette méthode est avant tout destinée à répondre à des situations concrètes de sujets souffrants et elle doit se centrer sur le cas, c'est-à-dire l'individualité, mais sans pour autant s'y résumer. Pour ces auteurs, la méthode clinique comporte deux niveaux complémentaires : le premier correspond au recours à des techniques (tests, échelles, entretiens...) de recueil *in vivo* des informations (en les isolant le moins possible de la situation « naturelle » dans laquelle elles sont recueillies et en respectant le contexte) alors que le second niveau se définit par l'étude approfondie et exhaustive du cas.

Ainsi, pour matérialiser la méthode clinique, le récit de vie basé sur l'entretien semi-directif et l'échelle de Dépression de Beck version Adolescent ont été utilisés comme techniques de collecte de données.

Le récit de vie a permis de recueillir les informations de chaque étudiant par rapport à sa situation, de saisir l'histoire et le vécu des étudiants en situation d'échec, afin de constituer leur biographie. L'avantage que présente le récit de vie par rapport à d'autres approches, est de relier et d'associer des éléments de vie d'un individu.

L'échelle de Beck version Adolescent a servi à évaluer le niveau de dépression. Elle présente l'énorme avantage d'être simple à appliquer et à interpréter. Cette échelle, élaborée par Beck permet d'apprécier les symptômes de la dépression dans leur intensité et leur sévérité. C'est une échelle à passation individuelle ; utilisant comme matériel l'Inventaire de Dépression de Beck composé de 13 items.

L'étude de cas a été utilisée comme technique de traitement de données. Ce dernier est un examen approfondi des sujets, un à un. Lors de cet examen, le chercheur présente les faits du sujet dans l'acheminement chronologique permettant une analyse particulière de toutes ces informations. Pedinielli (2016) mentionne que la méthode clinique rapporte les faits observés à l'individu et s'organise autour de l'étude des cas.

Castro cité par Schauder (dir, 2012) souligne que les études de cas ont un rôle majeur dans le développement des pratiques psychologiques et dans la formation des psychologues. Car, en effet, elles agissent comme des puissants médiateurs entre la pratique de la psychologie clinique et les aspects théoriques de la discipline. Et à travers la présentation d'une étude de cas, le psychologue explique, comment, à sa manière, il / elle lie, sur le terrain de ses interventions, modèles conceptuels et modalités d'intervention.

Résultats de la recherche

Présentation des cas

Cette section porte sur l'examen des étudiants en situation de redoublement, constatés à l'ISP/G durant la période de notre recherche. Structuellement, il compte deux sections : le premier concerne la présentation des cas et la seconde analyse de manière globale tous ces différents cas présentés.

Nous présentons les cas de 5 étudiants ayant repris l'année. En raison d'éthique et de la déontologie liée à la profession, nous utilisons les initiales de noms pour nommer les sujets.

La présentation des cas d'études comprend les axes suivants :

- Eléments d'identification, renferme les aspects sociodémographiques du sujet ;
- Extrait de l'entretien duel, il s'agit des informations d'entretien ;
- Résultat à l'échelle de Beck, comprend le score à l'échelle ;
- Analyse partielle, est la lecture psychologique du cas.

L'étude de cas est donc une méthode qui fixe comme objectif de comprendre une personne et sa situation de façon singulière et holistique. A cet effet, elle nous permet de présenter et d'analyser des faits liés à l'histoire personnelle des sujets de manière structurée et dans un enchainement strict, ceci cas par cas.

Cas NL

Eléments d'identification

Agé de 19 ans, originaire du Kasai Central, il est troisième dans une fratrie de 6 enfants. Il est en première licence en informatique. Il a repris la même promotion. Tous ses deux parents sont en vie.

Extrait du récit biographique

A la première session, j'ai eu 8 échecs dont 5 graves et 3 légers. En deuxième session, j'ai fourni des efforts, je pensais éliminer ces cours mais malheureusement, à la délibération, les mêmes échecs sont revenus. Lorsque j'avais reçu mon résultat final, j'étais abattu et découragé. Je n'arrivais plus à manger et la nuit pendant plus de deux semaines, je faisais des insomnies. J'avais honte de monter à l'ISP, mes parents m'ont traité de négligeant.

Résultat à l'échelle de Beck

A l'échelle de dépression de Beck, il a obtenu un score de 7 points ce qui correspond à une dépression légère.

Analyse partielle

NL s'est présenté à notre entretien comme un étudiant désespéré. Après avoir obtenu ses résultats, croyant réussir, NL avait perdu tout son courage, l'appétit de manger. Les symptômes observés : découragement, manque d'appétit, insomnies sont des réactions face à l'échec. A l'échelle dépression de Beck, son score correspond à une dépression légère.

Cas SM

Eléments d'identification

Agé de 21 ans, originaire du Nord-Ubangi, née dans une famille fratrie de 4 enfants, il est le deuxième de la famille, il est étudiant au département de Géographie. Il a repris la première. Son père était décédé depuis qu'il a 10 ans et sa mère est en vie.

Extrait du récit biographique

C'était un mercredi, je n'oublierai jamais ce jour, j'étais venu avec beaucoup de courage, pensant que je devrais réussir et passer de promotion. A ma grande surprise, j'avais 47% avec 4 échecs graves. Je n'arrivais plus à marcher, comme si c'était la fin du monde, subitement j'ai versé des larmes, ma tristesse était tellement énorme que mes amis qui avaient réussi, se sont mis à me consoler. Arrivé à la maison, je ne savais pas quoi dire à ma maman, car elle se sacrifie seule pour mes études. Je n'avais plus d'appétit, j'ai même eu l'idée de me donner la mort en pensant à mon échec.

Résultat à l'échelle de Beck

L'échelle de dépression de Beck elle a obtenu un score de 9 points ce qui correspond à une dépression modérée.

Analyse partielle

Orphelin du père, l'échec a perturbé émotionnellement SM au point qu'il a développé les idées suicidaires, à l'échelle de dépression de Beck, il a manifesté une dépression d'intensité moyenne.

Cas R.M

Eléments d'identification

Aînée de sa fratrie composée de 3 enfants dont 2 filles et 1 garçon ; R.M est âgé de 21 ans. Originaire de la province du Kwilu, il fréquente l'église catholique depuis son enfance. Ses parents sont vivants. Elle est en première licence en Accueil et tourisme, elle a repris la même année.

Extrait du récit biographique

C'était mon amie, qui m'avait récupéré pour moi, le résultat, je ne croyais pas que c'est moi qui avait échoué. Dès que j'ai eu mes résultats, j'avais pensé introduire les recours. A la délibération des cours de la 2^{ème} session, aucune côte n'avait changé. J'étais vraiment triste, j'ai perdu le goût de la vie. Mes parents étaient vraiment énervés.

Résultat à l'échelle de Beck

L'échelle de dépression de Beck elle a obtenu un score de 10 points ce qui correspond à une dépression modérée.

Analyse Partielle

L'échec de **R.M** a été senti comme une incapacité, la réaction de ses parents ont amplifié les signes de dépression, ainsi elle a manifesté une dépression modérée à l'échelle de Beck.

Cas DL

Eléments d'identification

Agée de 23 ans, originaire du Kongo-Central, née dans une fratrie de 3 enfants dont deux garçons et une fille. Il est en première licence en Sciences Commerciales, elle a repris la même promotion. Les parents sont vivants.

Extrait du récit biographique

C'était une journée dure pour moi, j'ai senti beaucoup de douleur, les maux d'estomacs, j'ai été très triste et je n'arrivais plus à manger au moins pendant 2 semaines. Je me sentais abandonnée même par mes propres

camarades de l'auditoire. Je n'aime même plus en parler car ça me fait très mal. Malgré que c'est déjà passé, mais je ressens toujours cette profonde tristesse.

Résultat à l'échelle de Beck

A l'échelle de dépression de Beck, il a obtenu un score de 9 points ce qui correspond à une dépression modérée.

Analyse partielle

DL, déçue de son échec, a développé les signes de la dépression, tristesse, anorexie, isolement. Ainsi à l'échelle de dépression de Beck, elle a une dépression modérée.

Cas AV

Eléments d'identification

Agé de 25 ans, originaire du Nord-Kivu, 3^{ème} d'une fratrie de 6 enfants. Il est étudiant en informatique et il a repris l'année la première licence. Orphelin de deux parents.

Extrait du récit biographique

Je supporte seul mes études, en enseignant dans une école privée, depuis le premier graduat. Mon oncle qui avait pris en charge, n'avait pas assez de moyens pour me soutenir à l'université. Reprendre la première licence a été une expérience douloureuse, je ne parvenais plus à sortir, à m'échanger avec mes amis et même à dormir. C'était comme la fin du monde, je pensais aux sacrifices et au temps perdu.

Résultat à l'échelle de Beck

A l'échelle de Dépression de Beck, elle a obtenu un score de 14 points ce qui correspond à une dépression d'intensité moyenne à modérée.

Analyse partielle

AV s'est présenté à notre entretien, comme une personne démotivée par ses résultats, s'en prenant en charge, il a été très affecté. A l'échelle de dépression, il a présenté une dépression modérée.

Analyse globale

Après avoir présenté les différents cas des sujets contactés, nous allons maintenant procéder à une analyse globale de ces cas. Cette analyse globale se fait suivant les objectifs assignés à notre étude. Il s'agit de présenter le degré de dépression manifestée.

Notons par ailleurs que l'analyse globale de ces différents cas se fait suivant les deux aspects examinés dans cette étude :

- Les manifestations des signes de la dépression après l'échec ;
- Les principaux symptômes de dépression mesurés chez les étudiants ayant échoué.

Les manifestations des signes de la dépression après l'échec académique

La lecture attentive de ces différents cas relève que la situation d'échec académique favorise la manifestation des signes de la dépression chez les étudiants. Car l'échec est ressenti comme une frustration et sur le plan affectif, il s'exprime par la tristesse, la culpabilité, le dégoût, l'irritabilité, ...

Autrement dit dans l'échec et les réactions de l'environnement provoquent une perturbation émotionnelle chez les étudiants, ce bouleversement influe sur le comportement de l'étudiant. La dépression de l'adolescent se manifestent habituellement par une symptomatologie réduite ou atypique, comme un sentiment d'ennui persistant et insupportable, interrompu par des périodes de nervosité ; une dépendance ou un détachement exagérés à l'égard des parents ou des camarades ; une promiscuité sexuelle ; de la fatigue ; des préoccupations corporelles ou des symptômes physiques ; des troubles de l'appétit ou du sommeil ou des désordres psychosomatiques, des difficultés de concentration et des difficultés scolaires, (Glaser, 1967 ; Cytrin & McKnew, 1972 cités par Chabrol, 2001).

A titre exemplatif, évoquons le cas d'**AV**, se prenant en charge, bouleversé par son échec, il s'est senti démotivé et découragé.

Parlons aussi de **R.M** dont son échec a été perçu comme une incapacité, la réaction de ses parents ont amplifié les signes de dépression, ainsi elle a manifesté une dépression modérée à l'échelle de Beck.

Les principaux signes de dépression mesurés chez les étudiants ayant échoué

La lecture des différents cas présentés relève l'existence des divers signes de la dépression chez les étudiants ayant échoué. En effet, lorsqu'un étudiant échoue, il manifeste les signes de dépression souvent négligé par son entourage immédiat voire même par ses propres parents.

Illustrations le cas de **NL** avait perdu tout son courage, l'appétit de manger. Les symptômes observés : découragement, manque d'appétit, insomnies sont des réactions face à l'échec. A l'échelle dépression de Beck, son score correspond à une dépression légère.

A titre illustratif, de **SM**, Orphelin du père, l'échec a perturbé émotionnellement SM au point qu'il a développé les idées suicidaires, à l'échelle de dépression de Beck, il a manifesté une dépression d'intensité moyenne.

En effet, presque tous les cas de notre échantillon ont manifesté une dépression légère ou modérée.

En effet, la lecture attentive de ces différents cas relève que la situation d'échec en milieu universitaire favorise la manifestation des signes de la dépression chez les étudiants. Car l'échec est ressenti comme une frustration et sur le plan affectif et comportemental, il s'exprime par la baisse de l'humeur, la culpabilité, le dégoût, perte d'intérêt, ... Autrement dit dans l'échec et les réactions des parents provoquent une perturbation émotionnelle chez les étudiants, ce bouleversement influe sur le comportement de l'étudiant.

Discussion des résultats

Cette section discute les principales observations, en les mettant en perspective avec les autres recherches. En effet, les résultats de cette étude ont mis en lumière les signes de dépression chez les étudiants ayant redoublé de promotion.

En 2020, une étude quantitative sur 766 sujets, menée par Tee et al., a relevé que la prévalence des troubles dépressifs chez les étudiants était de 55,9%.

Les recherches de Tam, Lo et Pacheco (2019) ont montré, la dépression comme une pathologie particulièrement fréquente et en recrudescence chez les étudiants.

Des études québécoises réalisées dans deux Cégeps distincts identifient respectivement des taux de 12 % et 13 % d'étudiants présentant des symptômes dépressifs significatifs (Beauchamp et al., 2008 ; Marcotte et al., 2013).

Les résultats d'une recherche d'orientation clinique de Sunga Sunga et al., (2024) sur les élèves finalistes ayant échoué aux épreuves des Examens d'Etat, ont démontré que les scores obtenus par la quasi-totalité de ces finalistes de Kinshasa correspondent à une dépression à intensité modérée. En outre, il ressort des contenus des éléments d'entretiens cliniques que les participants ont des vécus dépressifs qui se traduisent par la baisse d'humeur, la diminution de l'appétit, le découragement, le manque d'intérêt, les troubles de sommeil et même les idées suicidaires.

Paré et Marcotte (2022) dans leur étude portant sur symptômes dépressifs et rendement au collégial : les buts personnels jouent-ils un rôle médiateur ? 252 collégiennes et 153 collégiens québécois ont été soumis à la deuxième version de l'Inventaire de dépression de Beck et une adaptation du Personal Project Analysis en relation avec la cote de rendement au collégial. Les analyses avec des modèles de régression multiples ont démontré une association indirecte entre la présence d'un niveau plus élevé de symptômes dépressifs et un rendement scolaire plus faible, expliquée par une perception moins positive des buts liés à l'école et à la carrière.

Les résultats issus de ces différents travaux corroborent avec les nôtres, en attestant de l'existence de signes chez les étudiants en échec académique.

Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons relever que les données recueillies par les entretiens et l'échelle de Beck version adolescent ont mis en évidence des signes de dépression chez les étudiants de première licence en situation d'échec académique.

Bien que s'agissant d'une étude qualitative d'orientation clinique avec un faible échantillon, les résultats de cette recherche rejoignent les autres recherches en démontrant l'existence des signes de dépression chez les étudiants en milieu universitaire.

Cette étude interpelle les autorités académiques de penser organiser les services de santé mentale et soutien psychosocial au sein des établissements universitaires non seulement pour accompagner les étudiants en situation d'échec académique mais tous les étudiants et les personnels qui présenteraient des problèmes d'ordre psychologique pouvant leur perturber.

Conflit d'intérêts : L'auteur n'a déclaré aucun conflit d'intérêts.

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

Déclaration de financement : L'auteur n'a obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Beauchamp, G., Martineau, M., Lapointe, R., Gagnon, A. & Bouchard, S. (2008). *Réussite scolaire, symptômes anxieux et dépressifs*. Gatineau, Québec : Cégep de l'Outaouais. Récupéré de http://cdc.qc.ca/parea/786733_beauchamp_outaouais_article_PAREA_2008.pdf.
2. Bobasch, M. (1995). *Le redoublement : Maladie honteuse ou seconde chance ?* Le Monde de l'Education. N°227, p. 40-52.
3. Boileau, H-D. (1984). *Les études et l'échec*. Paris : Payot.
4. Brandtner, M., & Bardagi, M. (2009). *Symptomatologie de la dépression et de l'anxiété chez les étudiants d'une université privée au Rio Grande do Sul*. Revista Interinstitucional de Psicologia, 2(2), p. 81-91.
5. Chabrol, H. (2001). *La dépression de l'adolescent*. Paris : Presses Universitaires de France.

6. Demba, J-J. (2010). *La face subjective de l'échec scolaire: récits d'élèves gabonais du secondaire*. Thèse de Doctorat à en Sciences de l'Education, Université Laval, Canda : Québec.
7. Fernandez, F. & Pedinielli, J-L. « La recherche en psychologie clinique », *Dans Recherche en soins infirmiers Recherche en soins infirmiers 2006/1 (N° 84)2006/1 (N° 84), p.41-51, Éditions Association de Recherche en Soins Infirmiers Association de Recherche en Soins Infirmiers*, ISSN 0297-2964, DOI 10.3917/rsi.084.0041.
8. Grondin, S. (2015). *La psychologie au quotidien 2*. Québec : Presses de l'Université Laval.
9. Le Breton, D. & Marcelli, D. (dir). (2010). *Dictionnaire de l'adolescence et de la jeunesse*. Paris : Presses Universitaires de France.
10. Marcotte, D., Villatte, A. & Potvin, A. (2013). *Les symptômes dépressifs lors de la transition secondaire-collégial*. Récupéré de https://dc7bba04-01c6-477c93aa229560771cac.filesusr.com/ugd/6a471c_cbadf836d6154f2c96a7075afef0b615.pdf.
11. Ministère de l'éducation du Gabon. (1998). *Compte rendu des Etats Généraux du Baccalauréat*. Libreville : Le Ministère.
12. Ministère de l'éducation du Gabon. (2006). *Rapport général du Conseil national de l'enseignement primaire et secondaire*. Libreville : Le Ministère.
13. Morais, L.M., Mascarenhas, S.A.N. & Ribeiro, J.L.P. (2010). Diagnostic du stress, de l'anxiété et de la dépression chez les étudiants universitaires : défis pour un service d'orientation et de promotion de la santé psychologique - étude auprès des étudiants de l'UFAM. *Amazônica*, 4(1), 55-76.
14. Ognaligui, H. (1999). *Attributions des enseignants gabonais à propos du rendement scolaire des élèves du primaire*. Mémoire de maîtrise en orientation, administration et évaluation en éducation non publié, Université Laval, Québec.
15. Padovani, R.C., Neufeld, C.B., Maltoni, J., Barbosa, L.N.F., de Souza, W.F., Cavalcanti, H.A.F. & Lameu, J.N. (2014). *Vulnérabilité et bien-être psychologique de l'étudiant universitaire*. *Revue Brésilienne de Thérapies Cognitives*, 10(1), p.2-10.
16. Paillé, P. & Mucchielli, A. (2021). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. 5ème édition. Paris : Armand Colin.
17. Paillé, P. (2019). Herméneutique. Dans C. Delory-Momberger (dir.), *Vocabulaire des histoires de vie et de la recherche biographique* (p.222-224). Toulouse : Erès.

18. Paré, M-L. & Marcotte, D. (2022). *Symptômes dépressifs et rendement au collégial : les buts personnels jouent-ils un rôle médiateur ?* Revue Canadienne de Counseling et de Psychothérapie, 56(2),188-209.
19. Paré, M-L. (2020). *La dépression chez les collégiens : apport des buts personnels en lien avec le rendement scolaire et l'effet d'une intervention cognitive-comportementale en contexte scolaire. Thèse de doctorat en psychologie.* Université du Québec à Montréal.
20. Pedinielli, J-L. (2016). *Introduction à la psychologie clinique.* 4ème édition, Paris : Armand Colin.
21. Pons-Desoutter, M. « Traiter l'échec des étudiants dans une université française du bout du monde : constats et propositions de ses acteurs », *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur* [En ligne], 31(2) | 2015, mis en ligne le 01 juillet 2015, consulté le 03 Juin 2025. URL : <http://journals.openedition.org/ripes/957>.
22. Schauder, S. (2012). *L'étude de cas en psychologie clinique : 4 approches théoriques.* Paris : Dunod.
23. Silva R.S. & Da Costa, L.A. (2012). *Prévalence des troubles mentaux courants chez les étudiants universitaires de la santé.* Encontro : Revue de psychologie, 15(23), p.105-112.
24. Sunga Sunga B., Azia Dimbu F., Pindi Mbumba, S. & Mujinga Tshimbombo M-B. (2024). « *Échec à l'Examen d'État et indices de dépression chez les finalistes à Kinshasa : analyse clinique* », Lakisa, N°7, p. 57-69.
25. Sunga Sunga B., Mujinga Tshimbombo M-B. & Bukaka Buntangu J. (2023). « *Analyse clinique de la dépression chez les écoliers adolescents en situation de redoublement scolaire* », Cahiers africains de recherche en éducation, N°16, p. 157-172.
26. Tam W., Lo, K., & Pacheco, J. (2019). *Prevalence of depressive symptoms among medical students: overview of systematic reviews.* Med Edu 2019;53(4) :345-54.
27. Tee, K., Anagonou L., Gansou GM., Kpozehouen A., Fiossi Kpadonou E, & Ezin Houngebe. Dépression chez les étudiants de la Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou. *The Journal of Medecine and Biomedical Sciences.* Health Sci. Dis: Vol 21 (1) January 2020 Available free at www.hsd-fmsb.org. p. 51-58.
28. Veron, L., Sauvade, F., & Le Barbenchon, E. (2018). *Risque suicidaire et dépression : diagnostic en porte-à-porte auprès d'étudiants français vivant en résidence.* Elsevier <https://www.elsevier.com/open-access/userlicense/1.0/>.

Lorsque le symbolique transcende les frontières terrestres entre le Cameroun et ses voisins : la contribution des mariages transfrontaliers à l'intégration sous-régionale en Afrique centrale

Yvan Nathanael Noubissi

Docteur PhD en science politique, université de Douala, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p68](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p68)

Submitted: 15 October 2025

Accepted: 05 December 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Noubissi, Y.N. (2025). *Lorsque le symbolique transcende les frontières terrestres entre le Cameroun et ses voisins : la contribution des mariages transfrontaliers à l'intégration sous-régionale en Afrique centrale*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 68.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p68>

Résumé

Située au carrefour de la socio-anthropologie et de la sociologie des relations internationales, la présente réflexion examine l'apport des mariages transfrontaliers dans la construction de l'intégration sous-régionale en Afrique centrale. Prenant corps au sein des espaces frontaliers nord et sud Cameroun, elle repose sur la conjecture principale que ces unions transfrontalières, comme symboles, participent à bien des égards à transcender les frontières terrestres entre le Cameroun et ses voisins. Pour le démontrer, un dispositif méthodologique articulé autour des entretiens et des observations a été opérationnalisé au sein de certaines localités frontalières du département de la vallée du Ntem dans le Sud-Cameroun et de celles du département du Mayo-Rey dans la région nord. Les données premières recueillies ont été complétées par celles dites secondaires. L'exploitation de ces dernières a principalement été éclairée à la lumière du transnationalisme comme grille théorique. De celles-ci, il en ressort qu'au-delà des spécificités liées aux pratiques matrimoniales chez les peuples frontaliers *mboum* et *ekang* qui structurent ces espaces, les mariages transfrontaliers ayant lieu à partir de ces espaces ont des incidences plurielles sur la dynamique d'intégration sous-régionale en Afrique centrale. Ils se révèlent à cet effet comme des instruments de renforcement, d'approfondissement des liens de solidarité et de fraternité entre les

populations frontalières locales et celles des pays voisins. La prise en compte des réalités sociologiques et socioanthropologiques qui traversent les pays qui composent la sous-région rendrait plus opérantes les actions des politiques. Car, au-delà d'intégrer les États, l'intégration régionale vise également à intégrer les hommes.

Mots clés : Intégration régionale – mariages transfrontaliers - frontières - Afrique centrale- continuités ethniques

When Symbolism Transcends the Land Borders Between Cameroon and its Neighbors: The Contribution of Cross-Border Marriages to Subregional Integration in Central Africa

Yvan Nathanael Noubissi

Docteur PhD en science politique, université de Douala, Cameroun

Abstract

Situated at the crossroads of socio-anthropology and the sociology of international relations, this reflection examines the contribution of cross-border marriages to the construction of sub-regional integration in Central Africa. Taking form within the border areas of northern and southern Cameroon, it is based on the main conjecture that these cross-border unions, as symbols, contribute in many ways to transcending the land borders between Cameroon and its neighbors. To demonstrate this, a methodological framework structured around interviews and observations has been implemented in certain border localities of the Ntem Valley department in southern Cameroon and those of the Mayo-Rey department in the northern region. The primary data collected has been supplemented by so-called secondary data. The exploitation of the latter has primarily been illuminated in the light of transnationalism as a theoretical approach. From this, it emerges that beyond the specificities related to marriage practices among the Mboum and Ekang border communities that structure these spaces, cross-border marriages taking place from these areas have multiple impacts on the dynamics of sub-regional integration in Central Africa. They thus prove to be instruments for strengthening and deepening bonds of solidarity and fraternity between local border populations and those of neighboring countries. Considering the sociological and socio-anthropological realities that cross the countries making up the sub-region would make the actions of policymakers more effective. For, beyond integrating states, regional integration also aims

to integrate people.

Keywords: Regional integration - cross-border marriages - borders - Central Africa - ethnic continuities

Introduction

Dans un monde marqué par une interdépendance qui se veut complexe, les États sont de plus en plus enclins, et parfois contraints, à s'ouvrir et à coopérer avec d'autres (Keohane, (R). (2002). Cette réalité tient du fait des multiples challenges auxquels ils sont généralement confrontés. En effet, la mosaïque de défis, notamment sécuritaires, économiques, politiques et culturels, les contraint à s'inscrire dans des coopérations bilatérales et/ou multilatérales (Badie (B) & Devin (G). (2007). Parlant de la multilatéralité comme instrument pour les États à relever la variété de défis face auxquels ils sont confrontés, l'intégration régionale se positionne comme la mieux usitée. Ernst Haas la définit comme un « *processus dans lequel les élites transfèrent leur loyauté et activité politique vers un nouveau centre, donc les institutions procèdent et revendiquent les compétences supérieures à celles des États-nations préexistants* » (Ernst, (H). (1997) Dans la même logique, pour Guy Mvelle, l'intégration régionale renvoie à « *un processus consistant à entrer dans un groupe d'États et de peuples pour adopter les mêmes comportements afin de réaliser les objectifs définis de commun accord et bénéficiant à tous* » (Mvelle, (G). (2014). Bien que ces clarifications conceptuelles aient la singularité commune d'insister sur la dimension « *bottom-up* » de l'intégration régionale, relevons que celle-ci revêt également une dimension « *top-down* ». C'est de la dialectique de ces deux principales dimensions qu'il faudra saisir ce concept opérationnalisé pour notre étude.

Rappelons que les premiers mouvements de rassemblement des États sous ce modèle prennent corps au lendemain des dégâts causés par la Seconde Guerre mondiale avec l'Union soviétique qui projetait d'étendre sa politique communiste au reste du monde (Weinberg & Gerhard (L). (2005). Dans le même sillage, l'Europe s'est également constituée en bloc dans le but d'endiguer et de neutraliser la montée du vent communiste (Judt, (T). (2005). Avec le temps, ce modèle s'est répandu dans le reste du globe pour des raisons plurielles. À ce titre, loin des batailles idéologiques qui ont précédé (Kontchou-Kouomegni, (A). (1977). La conférence d'Addis-Abeba de mai 1963 va marquer la création de l'OUA (Organisation de l'union africaine) qui plus tard, notamment en 2002, deviendra l'Union africaine. Laquelle union repose dans son fonctionnement sur les communautés économiques régionales (CER) réparties en fonction des espaces qui la composent. En Afrique centrale en général, au sein de la CEMAC en particulier, l'on observe que la réalité est bien loin des promesses. En effet, l'on remarque que les

résolutions prises par les États membres comme entre autres établir une union de plus en plus étroite entre les peuples des États membres pour raffermir leur solidarité géographique et humaine, promouvoir les marchés nationaux par élimination des entraves au commerce intercommunautaire, la coordination des programmes de développement, l'harmonisation des projets industriels, développer la solidarité des pays membres au profit des régions défavorisées sont loin d'être effectives sur le terrain. Bien que les raisons justifiant cet état de choses soient variées, il n'en demeure pas moins que les initiatives et politiques portées exclusivement par les États sont limitées dans leur opérationnalisation.

Les débats théoriques sur la question se structurent en deux principales tendances. La première ayant un fondement intergouvernementaliste, met un accent sur la construction de l'intégration régionale par les politiques. Selon cette approche, le processus d'intégration est d'abord le fruit d'une entente et d'une mutualisation d'efforts étatiques. L'État occupe d'après cette approche la priorité dans les négociations qui sont faites au niveau communautaire. Ainsi, que l'on soit dans son modèle originel tel que théorisé par Stanley Hoffman pour qui les autorités politiques restent les maîtres du processus d'intégration (Muelle (G). (2014) ou son modèle libéral tel que théorisé par Andrew Moravcsik qui, tout en reconnaissant l'apport des autorités politiques dans le processus de construction de l'intégration régionale, pense toutefois que ceux-ci seraient influencés par les besoins des acteurs sociétaux (Saurugger (S). (2013). Dans ce sillage, on note les travaux de Bela Balassa (1964), Hakim Ben Hammouda (2003), Yves Alexandre Chouala (2004), Côme Awoumou (2008), Serges Loungou (2010), Elvic Batchom (2012), Ntamack Ntamack Jean (2016), Philippe Hugon (2017), Dominique Bilongo (2023). Cependant, la seconde dite néorégionaliste met un accent particulier sur la construction de l'intégration régionale par de nouveaux acteurs, notamment ceux du bas. Le postulat principal étant que les États à eux seuls ne pourraient revendiquer le monopole du processus de construction de l'intégration régionale. Justement, elle suggère qu'en dehors de ceux-ci, d'autres acteurs, surtout les populations, y jouent également un rôle non négligeable. Nombre d'écrits abondent dans ce sens. Il s'agit entre autres de ceux de Karine Bennafla (2002), Javier Herrera (1998), Daniel Abwa (2011), Joseph-Marie Essomba (2011), Mathias Eric Owona Nguini (Owona Nguini (M-E), (2005), Samsom Ango Mengue (2011), Yvan Nathanael Noubissi (2024).

Toutefois, cette dichotomie entre intégration régionale par le haut et par le bas révèle chacune des lacunes car elles présentent et analysent partiellement le phénomène (Mbembe, (A). (2005). En effet, aborder la réalité sous l'unique registre de la dualité semble simpliste et essentialiste, parce que ne permettant pas de suffisamment saisir la complexité qui travaille l'objet

étudié. Cependant, s'inscrivant dans une perspective néorégionaliste, la présente recherche se propose d'examiner la contribution des mariages transfrontaliers entre le Cameroun et ses voisins dans le processus d'intégration régionale en Afrique centrale.

Pour Max Weber, le mariage comme forme d'association renvoie à : *« une relation sociale lorsque et tant que la disposition de l'activité sociale qui se fonde sur un compromis d'intérêts motivée rationnellement (en valeur ou en finalité) ou sur une coordination d'intérêts motivés de la même manière »* (Ferrol (G), (2009). Plus explicitement, le mariage est un compromis d'intérêts où ceux qui s'y engagent sont habités par différents objectifs qui peuvent, selon leurs rationalités, être parallèles ou perpendiculaires. L'on comprend que les raisons qui sous-tendent les mariages sont plurielles. Par ailleurs, le choix du concept de « mariages frontaliers » semble plus opérationnel que celui de « mariage mixte » car ce dernier est parfois assimilé à des « unions endo-mixes » (Maité (M), (2013) et/ou « mariage transnational » (Nicola (E), (2005). À cet effet, par mariages transfrontaliers, nous entendons des unions maritales s'opérant au sein des frontières Nord et Sud Cameroun entre ressortissants camerounais et ceux de pays voisins. À ce titre, la réflexion s'arcboute autour du questionnement central : comment les mariages transfrontaliers qui s'opèrent à partir des frontières nord et sud Cameroun participent-ils à la construction de l'intégration régionale sous le prisme horizontal en Afrique centrale ?

L'étude se fonde sur la conjecture principale que les mariages transfrontaliers, comme symboles, contribuent à relativiser les frontières terrestres entre le Cameroun et ses voisins. Par ailleurs cette recherche se vise pour objectif tout d'abord d'examiner la symbolique du mariage chez les peuples frontaliers qui travaillent ces différents espaces respectifs. Ensuite, examiner leurs incidences sur la construction de l'intégration régionale sous un prisme horizontal.

Outils et Methodes

A. Présentation de la zone d'étude

La présente réflexion prend globalement corps au sein de deux régions que sont le Nord et le Sud Cameroun. Plus explicitement, elle est menée dans le Nord au sein du département du Mayo-Rey et dans le Sud, au sein du département de la vallée du Ntem. Bien que les raisons qui justifient ces choix soient diverses, l'on en a principalement retenu deux. La première tient du fait de la proximité géographique immédiate avec les pays voisins que sont le Tchad et la RCA à partir de la région du Nord, du Gabon et de la Guinée équatoriale à partir de la région du Sud. Le second argument repose sur la transfrontalité des peuples qui structurent ces espaces respectifs. À ce titre, l'on remarque qu'ils sont tous sociologiquement composés de peuples

transfrontaliers aux us et coutumes relativement similaires, et dont les répercussions sur la construction de l'intégration sous-régionale sont variées. Dans la région du Nord-Cameroun, les données ont essentiellement été collectées au sein du département du Mayo-Rey, précisément dans l'arrondissement de Touboro. À ce titre, des données primaires ont ainsi été collectées au sein des localités telles que Mbaimoum (*Laggaye, Karang-Pandjama, Mbodo*), *Bogdibo (Laoundjongué, Mbalaïndé, Larakoussini)*. Le choix de ces villages s'est fondé non seulement sur leurs compositions socioethniques, mais également sur leurs proximités géographiques avec les pays voisins que sont le Tchad et la RCA. En effet, l'on observe que la continuité ethnique du peuple *mboum* s'établit comme un facteur fluidifiant des rapports avec les ressortissants des pays voisins à plusieurs égards.

Dans la région du Sud-Cameroun, les informations ont précisément été recueillies au sein du département de la vallée du Ntem, spécifiquement au sein des localités telles que *d'Abang-Minkoo, Kyé-Ossi, Adjou'ou, Menguikum et Ebengon*. Au-delà des raisons évoquées précédemment, ces localités ont la singularité d'être frontalières au Gabon et à la Guinée équatoriale. Aussi, l'on observe une forte densité de la pesanteur des liens ethniques transfrontaliers du peuple Ekang (*Fang-Ntoumou*) dans la mosaïque d'interactions ayant lieu à partir de là, avec les ressortissants des pays voisins que sont le Gabon et la Guinée équatoriale.

B. Méthodes de collecte de données

Pour la réalisation de cette étude, nous avons effectué des descentes au sein des espaces respectifs pour un total de 45 jours, dont 25 jours dans le Nord et 20 jours dans le Sud. D'abord, nous avons, durant l'année 2023, mené des descentes au mois de mai au sein du département du Mayo-Rey dans la région du Nord Cameroun. Ensuite nous avons effectué une autre descente au sein du département de la vallée du Ntem dans la région du Sud au mois de novembre. De manière opérationnelle, nous avons mobilisé des observations non participantes, des entretiens semi-directifs et des questionnaires articulés autour de différentes thématiques. Ceux-ci ont principalement été adressés à différentes catégories d'acteurs, notamment les populations locales, les autorités locales administratives, religieuses et traditionnelles. Au sein du département du Mayo-Rey, comme principaux obstacles, il nous a semblé assez complexe de pouvoir répertorier les traces écrites des mariages entre populations locales et ressortissants des pays voisins. Cela reposait sur la centralité et la prépondérance du mariage traditionnel sur celui dit civil. Pour contourner cet obstacle, nous nous sommes prioritairement appuyés sur les propos recueillis auprès de certaines familles et autorités traditionnelles que sont les chefs de villages appelés « *djaro* » en langue fulfulbè. Par ailleurs certaines populations ont parfois fait preuve de réticence pour peur de

représailles des *dogaris*, considérés comme les représentants du Lamido (Malam (S). (2019). Aussi, le poids de la langue locale nous a paru un obstacle à franchir car y étant totalement étrangers. Pour ce faire, nous nous sommes principalement appuyés sur les services d'un interprète local, question de faciliter nos échanges avec les enquêtés. Dans le même ordre d'idées, le même procédé fut mobilisé lors de la collecte d'informations au sein du département de la vallée du Ntem. Associés aux données primaires collectées, et dans le but de densifier le matériau à exploiter, nous avons également mobilisé des données secondaires issues des travaux scientifiques (articles, mémoires, ouvrages, etc.).

C. Cadre théorique d'analyse de données

L'analyse des données collectées repose sur le transnationalisme comme grille théorique. Ce choix tient du fait de l'approche et de l'échelle de l'objet mis en examen. Concrètement, le choix s'est porté sur le transnationalisme au détriment de l'intergouvernementalisme (libéral et pur) ou encore du fonctionnalisme et du néofonctionnalisme, compte tenu de la centralité qu'ils accordent à l'État dans la construction de l'intégration régionale, minorant ainsi le rôle d'autres acteurs (non étatiques).

Le transnationalisme s'articule essentiellement autour de l'idée que l'État n'est plus le seul acteur pouvant se mouvoir sur la scène internationale. Son monopole est désormais challengé par de nouveaux acteurs « acteurs non étatiques ». Ce postulat relativise la pertinence du traité de Westphalie signé en 1648 qui érigeait les États comme uniques entités habilitées à se mouvoir sur la scène internationale. Cette grille théorique s'inscrit dans une approche non stato-centrée des relations internationales, relativisant ainsi la centralité de l'État sur la scène internationale. Nombre d'écrits abondent dans ce sens. C'est l'œuvre entre autres d'auteurs tels que John Burton à travers son modèle de la toile d'araignée ; James Rosenau dans « *Turbulence world World Politics* », sous-titré « *A theory of change and continuity* », met en évidence l'idée d'un bouleversement qui favorise la bifurcation entre un monde interétatique et un monde « multicentré » ou monde de réseaux, composé des « sovereignty-free actors » (Roche (J). (2008). Dans le même sillage, Bertrand Badie et Marie-Claude Smouts, dans « *Le retournement du monde* », font le constat de la perte d'hégémonie de l'acteur étatique sur la scène internationale comme étant la conséquence de la diversification des acteurs et de la multiplicité de leurs stratégies, ainsi que de leurs multiples allégeances (Badie (B) & Smouts (M). (1992).

Opérationnalisée pour notre étude, cette grille théorique nous permet de lire les mariages transfrontaliers qui s'opèrent au sein de ces espaces comme des instruments de l'intégration sous-régionale en Afrique centrale, pris à une certaine échelle. Les populations transfrontalières à travers ces

unions réussissent à redéfinir le sens des frontières terrestres en ce sens qu'elles participent à leur relativisation. En effet, les liens symboliques générés par ces mariages transfrontaliers s'emploient à créer des tissus d'interconnexions capables de simplifier les barrières terrestres entre populations qui structurent ces espaces, et à favoriser sous le prisme horizontal la dynamique d'intégration.

Tableau 1 : Synthèse d'outils et méthodes mobilisés

REGION (S)	Nord	Sud
DEPARTEMENT	Mayo-Rey	Vallée du Ntem
Localités (villages)	Touboro ; Mbaimoum ; Laggaye, Mbodo, Bogdibo Laoundjongué, Larakoussini	Abang-minkoo, Kyé-ossi, Adjou'ou, Menguikum et Ebengon.
Acteurs interrogés	Populations locales, chefs de villages « <i>djaro</i> », dogari, sous-préfet, maire ; secrétaire général de la dynamique culturelle Mboum (antenne de Touboro) ;	Populations locales, Chefs 3 ^{ème} degré ; maire, sous-préfet ;
Principaux Obstacles	Langue locale (fulfulbè); Rareté de traces écrites des unions mixtes entre populations locales et ressortissants des pays voisins ; insécurité	Langue locale (fang-ntumu); accessibilité à certaines localités;
Stratégie de contournement d'obstacles	Service d'un guide terrain et interprète en langue locale; mobilisation de sources orales, appui des forces de sécurité	Service d'un guide de terrain et interprète en langue locale
Méthodes de collectes	Observations (non participante); Guide d'entretiens (semi-directifs) ; questionnaires ; exploitation de données secondaires	Observations (non participante), Guide d'entretiens (semi-directifs); questionnaires; exploitation de données secondaires
Cadre théorique d'analyse	Transnationalisme	
Durée du séjour (jours)	25	20

Source : Auteur

Resultats

Cette articulation se structure en deux principales articulations. La première se propose tout d'abord d'examiner les pratiques matrimoniales chez les peuples transfrontaliers *Mboum* et *Ekang*. La seconde quant à elle interroge au concret l'impact symbolique des mariages transfrontaliers dans le processus d'intégration sous-régionale en Afrique centrale.

Des pratiques matrimoniales variées chez les peuples frontaliers Mboum et Ekang

Les peuples frontaliers *mboum* et *Ekang* qui structurent les espaces du Nord et du Sud Cameroun sont tous traversés par une mosaïque de pratiques en matière de matrimonialité. Cela tient du principe de la diversité dans les montages et usages du mariage chez ces derniers. En effet, bien que la symbolique attachée à cet acte soit d'unir, dans sa structuration et son opérationnalisation, on note quelques différences qui renseignent à suffisance sur les spécificités en termes de pratiques matrimoniales chez ces derniers.

Le mariage « Aluk » dans la culture fang bété

Les Fang-Beti appartiennent au grand ensemble Ekang. Ils sont des entités infra de la macrostructure que constitue le peuple « *ekang* ». Ces derniers sont structurés en sous-ensembles et sous-groupes encore appelés « *Ayong* », dont les plus étendus sont entre autres les Mvaé, Mékê, Ntumu, Betsi, Beti, Nzaman, Bulu, Okak, Eton, Ewondo, Etenga, les Mvele qui se subdivisent encore en leur sein en clans tels que les Yemedzit, Yemvan, Yendzok, Yekombo, Yemfek, Yemveng, Essandon, Essasock, Essantoda, Ndong, Efak, Enoa, Essabock, Agonavèign, Nkodjeign, Fuda Mbala, Atangana Mbala et autres (Ndougsa (V), (2018).

Parler du mariage dans la culture fang-béti est une nécessité dans la mesure où cela sous-tendrait l'idée d'une spécificité de celui-ci. Pour comprendre le sens du mariage au sein de ce groupe tribal, il convient de mettre en lumière ses multiples formes (a) ainsi que ses différentes phases de déroulement (b).

A. Les formes d'unions matrimoniales dans la culture fang-béti

Le mariage dans la culture fang-béti est régi par un ensemble de principes, règles et normes qui ont pour ambition de réguler, d'encadrer et de coordonner la relation. Tout d'abord, l'une des règles fondamentales de tout mariage reste la prohibition de l'inceste, l'exogamie clanique. Ajoutons à cela celle de prendre pour épouse ou pour époux un homme ou une femme de son propre clan, dans le clan de sa mère. Dans le même ordre d'idée, l'interdiction d'épouser les filles des sœurs de la lignée, ceci jusqu'à une certaine descendance (Pierre (A) & Binet (J), 1958). Cependant, pour ce qui est du mariage, il peut prendre plusieurs formes. Ainsi, Pierre-Alexandre et Jacques Binet, se prononçant à ce sujet, convoquent Bertaut qui atteste sur la base de ses travaux que le mariage chez les Fang-Béti peut prendre sept formes. Ces formes peuvent être rangées en deux classes : la première est composée de la forme généralement connue sous l'appellation « *Mfan aluk* » et la seconde englobant des formes d'unions diverses et relativement beaucoup plus controversées.

D'abord, pour ce qui est de la première forme de mariage reconnue dans la culture fang-béti, nous avons le *mfan Aluk*. Ce nom vient de la traduction littérale française de vrai mariage ou encore de mariage correct. En effet, ce qui fait de ce type d'union une réelle union vient du fait que cette dernière remplisse les critères et les étapes reconnues et consacrées pour la célébration d'un mariage. Dans ce type de mariage, les conjoints et particulièrement le mari remplissent sa part du contrat qui est le paiement de la « *Nsuba* » à la famille de sa future compagne. Il importe tout de même de relever qu'il pouvait arriver que l'on dote une fillette impubère ou encore un fœtus, ou un enfant non encore conçu, qui devait rejoindre sa belle-famille presque après le sevrage, et être élevé par sa belle-mère ou, selon les circonstances, la première épouse de son mari qu'elle devait considérer non pas comme sa coépouse mais comme sa belle-mère « *nlyi* ». Le plus souvent dans ces conditions, le mariage était généralement consommé après la deuxième menstruation de la jeune fille. Bien que cette pratique soit officiellement interdite à ce jour, il faut souligner qu'elle a tout de même longtemps prévalu dans le temps et même, certaines familles à ce jour la pratiquent encore, ceci dans le silence total. En effet, cette pratique renvoie à une sorte de mariage forcé, en ce sens que la transaction se ferait sans le consentement de l'épouse, fut-elle encore un fœtus ou une fillette. Toutefois, et loin de vouloir épiloguer dessus, il convient de dire qu'à côté de cette forme d'union matrimoniale la culture fang-béti connaît d'autres formes.

Ensuite, pour ce qui est de la seconde classe de formes de mariages dans la culture fang-béti, ceux-ci sont pour la plupart des unions controversées. Elles le sont pour plusieurs raisons. La première étant le fait que dans certains cas, la famille de la fille n'ait rien reçu en échange de leur fille. Les raisons qui expliquent le caractère controversé des autres formes d'unions dans la culture fang-béti, c'est le non-versement de la « *Nsuba* » ou mieux la dot de la part du mari à sa belle-famille. On assiste dans ce cas de figure à un concubinage ou mieux à de l'« *ebon* » et parfois à de l'adultère, encore appelé « *mejian* ». Cependant, pour ce qui est des formes controversées d'unions chez les Fang-Béti entre autres, on connaît l'« *abom* » qui est une forme de mariage par enlèvement de la fille. Toutefois la situation est souvent régularisée par le paiement ultérieur de la dot. Ainsi, la famille de l'époux, quelque temps après, revient auprès de la famille de sa compagne pour régulariser la situation en s'acquittant de la dot. Il arrive justement des cas où celle-ci lui a déjà fait des enfants. Et généralement dans ce type de situation, la femme lui a déjà fait des enfants. Très fréquemment cela a des répercussions sur le coût de la dot exigée par la belle-famille. À la suite de l'« *abom* », nous avons la mise en gage pour la dette. Dans ce cas de figure, la femme est donnée comme gage pour une dette. Si la dette n'est pas payée, la femme est prise en contrepartie en vue d'éponger la dette.

Comme autre forme de mariage, nous avons l'« *éjian* ». Celle-ci consiste à remplacer une fiancée morte avant les noces ou une épouse décédée sans avoir laissé de postérité. En effet, dans des situations pareilles, la famille de la femme décédée est souvent obligée, d'après la culture, de pratiquer l'« *éjian* ». Habituellement c'est une sœur puinée de la morte qui est donnée en remplacement pour compenser la perte brusque. Le « *tan abim* » est le prix du cadavre, tient également d'une forme d'union chez les Fang bété qui consiste en une dation en guise de paiement d'une fille pour prix du sang après un homicide commis. Enfin nous avons l'échange de filles entre deux clans en vue de sceller une alliance. Ces alliances, pour des raisons multiples, participent très fréquemment au renforcement des liens entre clans. Toutefois il convient de souligner que cet échange de femmes ou prêt de femmes, encore appelé « *mvia* », relevait symboliquement d'une forme de prostitution hospitalière. En effet, c'était de jeunes filles qui étaient généralement choisies en vue de prendre soin des étrangers venus dans le canton pour des raisons diverses. L'on retient que chez les Fang bété, deux grandes classes de mariages sont reconnues. Comme présenté, il en ressort que nous avons justement d'un côté le *mfan aluk* qui se traduit littéralement en langue française comme le vrai mariage ou le mariage correct. Et la seconde qui est fondamentalement composée des mariages ou formes de mariages controversées. Pour ce qui est de la première classe de mariage ou mariage correct, notons qu'il obéit à un certain ordonnancement qui lui confère toute sa spécificité, sa beauté et son sens. En effet le mariage chez les fang obéit à un ordre, à des étapes qui non seulement participent de sa particularité, mais contribuent à son rayonnement culturel. Le tableau ci-dessous synthétise ces différentes formes de mariages ainsi que leurs modes d'expressions

Tableau 2 : Formes et modes d'expressions du mariage chez les fang-bété

Forme d'unions	Modes d'expressions
« <i>Mfang aluk</i> »	Dans ce type de mariage, le mari remplit sa part du contrat qui est le paiement de la « <i>Nsuba</i> » à la famille de sa future compagne.
« <i>L'abom</i> »	Mariage par enlèvement de la fille.
« <i>L'ejian</i> »	Consiste à remplacer une fiancée morte avant les noces ou d'une épouse décédée sans avoir laissée de postérité.

Source : Auteur, sur la base de l'exploitation de données primaires et secondaires.

B. Les différentes étapes du mariage chez fang bété

Le « *mfan aluk* » ou encore le vrai mariage obéit à un ordre, et même à un ordonnancement des choses. En effet, c'est le respect de l'ordre et du cheminement des choses qui fait de l'*aluk* ou mariage un *mfan aluk*. Justement c'est lorsque la procédure et les règles prescrites et établies par la tradition que le mariage chez les Fang est alors considéré comme juste ou correctement fait.

Ainsi, le non-respect de ces normes et règles expose l'Union à d'autres qualificatifs et éventuellement d'autres appréciations et appellations controversées. L'on comprend donc que le respect des canons régis par la tradition s'érige comme le canal par lequel toute union entre fils et filles fang qui se veulent honorables, acceptables et positivement appréciables doit nécessairement passer. Le mariage « *mfan aluk* » chez les Fang-Béti se décline donc en plusieurs moments qui peuvent être rangés en différentes phases ou étapes. À ce sujet, Radcliffe-Brown et Forde relèvent que :

« Pour comprendre le mariage africain, il faut penser qu'il n'est pas un évènement ou une stipulation, mais plutôt un processus. Le premier stade est normalement constitué de fiançailles, bien que celles-ci puissent être précédées d'une période de cour ou, dans certains cas et dans certaines régions, par enlèvement. Les fiançailles représentent l'accord passé entre les deux familles. Le mariage peut procéder par étapes... » (Radcliffe-Brown, (A-R) & Forde (D), (1951).

Justement, de ces propos se dégage que le mariage en Afrique se décline en plusieurs phases. Chez les Fang-Béti, l'on observe que ces différentes étapes peuvent être rangées en quatre (4) grandes phases :

D'abord, la première phase consiste à la rencontre des futurs mariés. Celle-ci, selon les circonstances, peut être fortuite ou arrangée. Justement le choix de la compagne peut être, selon les circonstances, personnel ou celui du parent. Le choix personnel laisse entrevoir l'idée que les deux jeunes amoureux auraient au préalable décidé de fonder leurs vies ensemble. Dans ce cas d'espèce, ils portent généralement le projet auprès de leurs familles respectives en vue d'un accompagnement. Au contraire, s'il s'agit d'un choix du parent qui, pour des raisons multiples, notamment le besoin de rapprochement entre les deux familles, les qualités morales et physiques de l'un ou de l'autre, le crédit social de la famille de la future ou du futur conjoint (Assoumou, (A). (1998). Et précisément, dans ce cas de figure, ce sont les intérêts le plus souvent utilitaristes et même capitalistes des parents qui prennent le dessus sur la volonté manifeste et parfois latente des intéressés. En effet, les desseins des futurs conjoints sont dans des configurations pareilles évacués et même occasionnellement relativisés au détriment de ceux des parents.

Ensuite, vient l'étape des présentations des conjoints. Celle-ci survient uniquement lorsque les deux futurs conjoints ont déjà au préalable fait connaissance. C'est une étape qui se structure généralement en deux moments. Le premier qui consiste en la présentation de la future épouse aux parents du futur époux. Le plus souvent c'est l'homme (futur époux) qui a la charge d'informer ses parents sur son projet de mariage. Le plus souvent, c'est lors de la présentation de la future épouse aux parents de l'homme que ceux-ci,

après avoir passé quelques jours avec elle, pourront avoir un avis sur les qualités et valeurs morales de celle-ci. En effet, c'est justement pendant un court séjour que les parents de l'homme prendront le temps de se faire une idée et au final se prononceront auprès de leurs enfants sur l'accord ou non à cette union. Par ailleurs la présentation de l'homme, encore appelée « *à lere gnou* » aux parents de sa future épouse consiste en fait en une visite de courtoisie. Visite de courtoisie qui est selon les règles de l'art apprêtée et préparée par la jeune fille et ses parents. Plus explicitement, avant l'arrivée du futur beau-fils, les parents ainsi que certains membres de la famille restreinte se réunissent et au cours de la petite assise, chacun selon ses moyens essaye de donner quelque chose pour la réception du futur beau-fils (Ndougsa (v), (2018). Durant cette première visite officielle de courtoisie, l'homme peut être accompagné par l'un de ses proches. Ladite visite peut donc pour l'occasion revêtir deux objectifs. Le premier consiste pour l'homme à se présenter solennellement devant sa future belle-famille. Et le second objectif étant celui de s'enquérir des modalités ou conditionnalités en lien avec la dot à verser. C'est très souvent après s'être consultés en famille et après avoir éventuellement mené des enquêtes au sujet du prétendant de leur fille que, si le rapport est bon, ceux-ci peuvent fixer une date pour le retrait de la liste de la dot.

Après cette phase vient la demande en mariage, encore appelée « *Edzèè* » ou « *nsili aluk* ». Relevons qu'à une certaine époque, le retrait de liste était fait le jour de la demande en mariage. Par contre de nos jours, cette phase a lieu bien avant la demande en mariage. Lors du retrait de la liste de la dot, le prétendant se présente très souvent accompagné de ses parents et amis proches. En effet, cette rencontre a lieu dans la triste intimité car elle regroupe les parents de la future épouse, ses oncles, ses tantes, neveux et nièces ainsi que les hôtes. Ce moment a généralement lieu dans l'après-midi, plus précisément en soirée. Le porte-parole de la famille de la future épouse prend habituellement la parole et demande aux étrangers la raison de l'objet de leur présence dans son domicile. Après que le représentant de la famille de l'homme a répondu, la femme à épouser est interrogée par les siens sur la question. C'est après que celle-ci ait donné son accord que la liste est évidemment remise à la famille du prétendant.

Par la suite, vient l'étape du mariage proprement dit. Il a lieu lors du versement de la dot demandée. C'est une cérémonie qui connaît plusieurs scènes parfois improvisées, notamment *la visite à aller rendre à la belle-mère, la scène du voleur ou encore celle de la mixture offerte à la ronde à la famille du fiancé*. Toutefois, pour ce qui est du versement de la dot « *Mevek* » au concret, il importe de mentionner qu'après la prise de parole du porte-parole de la famille de la future épouse, celui-ci invite par la suite son homologue d'en face, à savoir le porte-parole ou encore le représentant de la famille du

futur époux, afin qu'ils aillent vérifier ensemble la liste à la main, si tout ce qui a été demandé a effectivement été apporté. Après cette vérification, deux éventualités peuvent se présenter : soit la dot est totale, soit elle ne l'est pas. Dans la mesure où la famille de la femme serait satisfaite, le porte-parole de la femme invite la famille de l'homme à souffler un moment. Durant ce moment le vin et à manger sont sortis. La consécration des liens du mariage proprement dit a lieu après la réception. Durant celle-ci, il est demandé à l'homme de venir chercher sa compagne afin qu'ils puissent désormais s'asseoir ensemble. Après cela vient l'étape de la bénédiction nuptiale et le rite de fertilité du couple. Enfin vient la phase de l'accompagnement de la mariée dans sa belle-famille, encore appelée « *elede ngon* » ou « *yalè* ». Cette cérémonie dure en principe quatre jours. Toutefois, relevons que seuls le père et la mère n'ont pas le droit d'accompagner leur fille dans sa nouvelle demeure (foyer) (Aubame, (J-M), (2002). Cependant, il importe également de souligner le fait que le mariage en général et chez les Fang en particulier ne fait pas sortir la femme de son clan pour la rattacher à celui de son mari. Au contraire, elle ne se trouve liée à celui de son mari que par l'entremise de ses enfants, au cas où elle en aurait. Ainsi, ces enfants, y compris leurs frères « *bobenyan* », deviendront les cousins « *bobekal* » en ligne maternelle.

Le mariage chez les « mbum »

Avant d'aborder la question spécifique du mariage chez les « *mboum* », précisons qu'ils sont structurés en clans. Les travaux de Froelich (1959) nous en révèlent sept lignages, à savoir les Ngaou-Ha (parfois on écrit Ngan-Ha), les Mbam, les Ouari, les Digou, les Boussa, les M'béré (de l'est et du Sud-Est), les Mana (au nord de Tignère et dans la subdivision de Poli). Les travaux d'Olivier Boumane (2022) nous en révèlent d'autres sous-clans, entre autres les Gongué, les Karang, les Kuoh, les Mane, les Mbùsa, les Nzàkà Mbày, les Pana, les Sàpu, les Sara à Mbum, les Taari/Taali, les Wi Mbum. Cependant, nos enquêtes de terrain nous en ont révélé trois grands clans, notamment « mang Mboum », « mang Mbéré » et les « mang Ndéré ».

Parler du mariage chez les Mbum dans un espace configuré et caractérisé par une hétérogénéité ethnico-tribale (Abe (C). (2019) se fonde sur plusieurs raisons. D'abord parce que ce peuple est considéré comme autochtone au sein de cet espace au détriment des autres. La seconde raison vient du fait de sa nature transnationale (Laoula (E). (2022). En effet, le fait qu'il soit également présent de part et d'autre des frontières tchadiennes et centrafricaines mérite une certaine primeur. Par ailleurs, s'intéresser au sens, à l'appréhension du mariage dans la culture mbum, sous-tend par ailleurs l'idée d'une part de spécificité qu'on lui reconnaîtrait. Ainsi, parler du mariage chez ce peuple consiste aussi à mettre en lumière ses spécificités aussi bien sur la forme en termes de structuration, parlant des différentes étapes du

mariage, que dans le fond en termes de sens ou signification du mariage.

D'abord pour ce qui est des étapes du mariage, chez les Mbum le choix des partenaires peut se faire de deux manières. Soit par les conjoints ou jeunes aspirants au mariage ou alors par les parents. Soulignons que, peu importe, ce sont les parents qui ont le dernier mot. En effet l'avis des parents a un poids considérable dans le choix final du conjoint ou de la partenaire. Malgré la mondialisation, l'avis des parents demeure important dans le choix du partenaire. Ce sont les parents du garçon qui enclenchent le processus de mariage. Ceux-ci s'appuient généralement sur les critères tels que le travail, la retenue, le respect, l'honnêteté, l'art culinaire, sur la lignée familiale. C'est après ces enquêtes préalables que les membres de la famille de l'homme se présentent dans la famille de la fille.

Lors de la première assise, rien n'est souvent exigé. Après avoir reçu les membres de la famille de l'homme, celle de la future épouse mène également les mêmes enquêtes sur leur futur beau-fils. Si les enquêtes ne révèlent rien de mauvais, le garçon peut être autorisé à rendre régulièrement visite à sa prétendante. À cette étape, il est formellement interdit aux futurs époux d'avoir des relations intimes avant que le mariage ne soit scellé devant les gardiens de la tradition. Justement, dans la tradition mbum la notion de mariage est profondément liée à l'argent du sacrifice. En effet, l'une des particularités du mariage dans cette culture se situe précisément au niveau de l'importance qu'elle accorde à l'argent du sacrifice.

Encore appelé « *lari mbol* », l'argent du sacrifice représente l'argent que les parents du jeune garçon versent à la famille de la jeune fille pour acheter les coqs en vue de les offrir en sacrifice, avant que la fille ne quitte ses parents. Les entretiens avec les patriarches et garants de la culture révèlent que l'argent qui est versé vise à purifier la fille de toute forme de péché commis par celle-ci durant sa croissance. En d'autres termes, les coqs offerts en sacrifice selon la tradition permettent à la nature d'effacer tout son passé ainsi que ses erreurs commises vis-à-vis de ses parents avant son engagement dans une nouvelle vie, mieux encore dans sa nouvelle aventure amoureuse pour l'éternité. L'autre vertu de cet argent serait le fait qu'il aurait la capacité de garantir ou de maintenir la paix, la stabilité dans la concession que laisse la fille. Enfin ce sacrifice vise également à accorder les bénédictions au futur couple. Cependant il convient de préciser que le « *lari* » ou argent peut être payé de deux manières. Soit en nature, soit en espèces. L'argent du sacrifice et sa gestion reviennent exclusivement aux enfants des tantes de la fille. Ainsi, durant le rite, ceux-ci égorgent les poulets dans la concession de leur oncle, où le sang des bêtes devra être versé dans toute la concession. Précisons au passage qu'au cas où la fille serait jumelle, la famille de l'homme devra payer le double du « *lari mbol* ».

L'argent du sacrifice ne doit pas être confondu avec la dot. En effet, la dot, encore appelée « *lari wuy* » en langue mbum est en principe un montant symbolique versé par la famille de l'homme à celle de la femme en vue de la prendre en mariage. La tradition révèle à cet effet qu'elle se doit d'être essentiellement symbolique. À une certaine époque, il s'agissait uniquement de morceaux de barres, en fonction du montant qui était exigé par la famille de la fille. Dans la majeure partie des cas, le « *lari wuy* » versé revient automatiquement aux frères du père de la fille et jamais au père géniteur. Le but étant entre autres d'assurer et de garantir l'harmonie au sein de la famille et surtout d'éviter la stérilité chez la jeune fille. La dot chez les « *mboum* » peut être donnée avant ou après le mariage. Tout en rappelant qu'on ne dote pas la femme alors qu'elle est enceinte.

Enfin, précisons que comme dans les autres cultures, le mariage chez les « *mboum* » se structure en plusieurs étapes telles que présentées précédemment, à savoir : la phase de pré-fiançailles, celle des fiançailles et enfin celle du mariage. Toutefois, l'élément qui se dégage comme nouveauté ou originalité n'est autre que l'argent du sacrifice ou encore le *lari mbol*, à ne pas confondre avec « *lari wuy* » entendu comme la dot, tel que clarifié auparavant. Aussi, le mariage traditionnel dans les sociétés africaines n'exclut pas le mariage civil, mieux encore dans certaines sociétés l'on remarque que le mariage civil ainsi que le mariage religieux ont plus de considération que le mariage coutumier (Antoine (P). (2002). Néanmoins, soulignons que toutes ces formes seraient au final complémentaires. Inscrits dans une perspective internationale ou transnationale, les mariages transfrontaliers au sein de cet espace transfrontalier ont la particularité d'avoir une incidence à la fois lointaine (lecture prospective) et immédiate. En effet les mariages ou unions mixtes au sein de cet espace participent à plusieurs égards à la construction de l'intégration régionale.

L'impact plurielle des mariages transfrontaliers sur la dynamique d'intégration sous-régionale

Les incidences de ces mariages au sein des espaces frontaliers sont variées. En effet, au-delà du simple fait d'unir deux individus appartenant à différents espaces étatiques, ces mariages mixtes ont des répercussions considérables, bien que symboliques, dans la construction du processus d'intégration régionale. Ils sont, à ce titre, non seulement des instruments de renforcement et d'approfondissement des liens de solidarité avec les populations gabonaises et équato-guinéennes à partir de la région du Sud (a), mais également des outils symboliques de relativisation des frontières terrestres et de renforcement des liens sociaux avec le Tchad et la RCA à partir du Nord (b).

A. Renforcement des liens de solidarité et de fraternité avec les populations frontalières gabonaises et Equato-guinéennes à partir du SUD

D'abord à partir du triangle Cameroun-Gabon-Guinée équatoriale lorsqu'un Camerounais vivant à Kyé-Ossi se marie, soit à une Gabonaise, ou encore à une Équato-Guinéenne, ou vice versa, et lorsque ceux-ci sont tous à la base fang-Beti, cela contribue à un renforcement de liens. En effet, cela participe à une sorte de consolidation et de densification des liens entre clans. Lu et analysé dans une perspective intégrative, il se dégage que ces unions favorisent et fluidifient la mobilité des individus au sein de ces espaces. L'on observe que les liens créés par le mariage leur permettent, pour des raisons qui varient le plus souvent, de se jouer des frontières territoriales mais également de renforcer les liens qui les unissent. Ils n'hésitent pas pour l'occasion à mobiliser la langue traditionnelle comme instrument de reconnaissance. Un agent frontalier affirme à ce sujet : *« Il est difficile pour moi d'empêcher les riverains d'aller voir les leurs à cause de défauts de pièces d'identité car ils appartiennent aux mêmes familles »*. (Entretien avec un agent frontalier à la frontière Cameroun-Gabon par Kyé-Ossi, le 18 novembre, de 10 h à 10 h 45). Ces éléments d'interconnexion créés par le mariage privilégient à bien des égards une sorte de flou dans le contrôle aux frontières. Situation pouvant parfois engendrer des activités illicites. Par ailleurs, l'on observe que cette mobilité rend de ce fait caduc toute étatisation de frontière, en raison du degré d'interdépendance qui donne du sens et un contenu à leurs dynamiques solidaristes. Dans la même logique, les enfants issus de ces unions ont très souvent la capacité et la possibilité de se mouvoir pleinement au sein de ses différents espaces. À cet effet, le cas d'un employé d'hôtel basé à Kye-Ossi nous a particulièrement marqué. L'interrogeant sur sa nationalité, il nous répondit ainsi :

« Ma mère est gabonaise et mon père, lui, est Équato-guinéen. Je suis ici à Kyé-Ossi pour le boulot depuis un bon moment. J'ai décidé d'établir domicile ici avec ma famille. Je me sens déjà chez moi ! D'autant que nous sommes tous Fang ! Pour dire que concernant ma nationalité, je me sens à la fois gabonais, camerounais et équato-guinéen. Il me suffit de traverser l'une des deux frontières et je suis chez moi. Ma mère est de Bitam à quelques kilomètres d'ici et mon père d'Ébébiyin juste pas loin d'ici ! ». (Entretien avec un employé d'hôtel (Saratel) de Kyé-Ossi, le 14 novembre 2023, de 13 h 15 à 14 h 05)

Dans le même sillage, lors de notre échange avec un chef traditionnel de 3^e degré de l'arrondissement Kyé-Ossi, celui-ci nous révèle que :

« Dernièrement, lorsque mon dernier fils revenait du Gabon, il a rencontré quelques difficultés à la frontière de Meyo-Kyé, on lui demandait ses pièces, sauf que sur celles qu'il avait présentées était mentionné qu'il était gabonais, pourtant il prétendait rentrer chez lui au Cameroun. Le fait est que moi qui vous parle, je suis camerounais, mais ma femme est gabonaise. » (Entretien avec Messa Essono Emmanuel/chef 3^e degré Akomvang/arrondissement de Kye-Ossi, le 23 novembre 2023, de 15 h 15 à 16 h.)

Il se dégage clairement de ces différents propos que ces mariages non seulement renforcent les liens entre peuples et populations de ces espaces transfrontaliers. Dans la mesure où ceux-ci ont désormais de la peine à s'identifier à une nationalité uniquement mais se voient plutôt comme le fruit de mélanges ou d'un syncrétisme de nationalités. Cette situation a justement la particularité de faire émerger une nouvelle forme d'individus, dans la mesure où on a dorénavant des personnes qui, du fait de leurs double ou triple origines nationales, du fait par exemple d'une union matrimoniale, et par souci de ne vouloir perdre aucune de leurs origines, décident de s'identifier à l'espace global regroupant leurs différents États. Les unions font de ce fait émerger une nouvelle forme de citoyenneté dans l'imaginaire des populations de ces espaces. Ainsi, cela participe non seulement à la construction de la dynamique d'intégration sous-régionale, mais génère également un sentiment d'unité, qui est en même temps un principe à la fondation de tout processus d'intégration. En effet cela révèle aussi d'un sentiment d'appartenance à un même ensemble (Mahouachi (L), (2008). Il se trouve donc que ces alliances matrimoniales au sein de cet espace transfrontalier constituent un nouveau facteur à partir duquel l'intégration régionale se construit. Le tableau ci-dessous en est un illustratif.

Tableau 3 : Mariages transfrontaliers célébrés au sein de la commune de kyé-ossi

Années	2017	2018	2019	2021	2022	2023	Total
Nombre de mariages	5	4	3	6	3	4	25
Nationalités des couples	CMR/GB (2)	CMR/GB (2)	CMR/GB (2)	CMR/GB (2)		CMR/GB (2)	10
	CMR/GE (3)	CMR/GE (2)	CMR/GE (1)	CMR/GE (4)	CMR/GE (3)	CMR/GE (2)	15

Source : Auteur, sur la base des données collectées auprès des services du bureau national d'Etat civil de la commune de Kyé-Ossi, le 23 novembre 2023

Légende

CMR/GB = union entre un(e) Camerounais(e) et un (e) gabonais(e)

CMR /GE = union entre un(e) Camerounais(e) et un(e) Equato-Guinéen(e)

On observe justement à travers la fréquence et la densité des mariages mixtes que ces mariages au sein de cet espace participent à une sorte de renforcement et d'approfondissement de liens entre frontaliers. Le tableau nous fait remarquer que de 2017 à 2023 l'on a enregistré plus d'unions entre

Camerounais(e) et Equato-guinéen(e)s soit 15 au total, contrairement aux unions entre camerounais(e) et gabonais(e) dont le total est de 10 sur le même intervalle. L'absence de données sur l'année 2020 tient du fait de la pandémie sanitaire mondiale (corona virus).

B. *Relativisation des frontières terrestres, renforcement des liens sociaux avec les populations frontalières Tchadiennes et centrafricaines peuples à partir du Nord*

D'abord, pour ce qui est du franchissement des frontières comme retombée issue de ces unions, l'on remarque que du fait du mariage entre familles ou peuples frontaliers, ceux-ci sont de ce fait amenés de façon régulière à s'assister dans le malheur comme dans le bonheur. C'est ce qui ressort de notre échange avec un agent frontalier qui nous révèle que :

« Les week-ends, le contrôle des populations qui traversent la frontière est un peu complexe car pour une raison ou pour une autre, ils ne se déplacent d'aucuns pour aller assister leurs familles et pour d'autres pour vendre leurs produits. Mais généralement c'est pour les deuils » (entretien avec un agent frontalier exerçant à la frontière Cameroun-Tchad par Toubouro (Bogdibo), 16 mai 2023, 11 h-11 h 45).

Le plus souvent pendant ces moments, ces peuples, du fait de ce mobile, se permettent très souvent de franchir les postes de contrôle sans toutefois se soumettre de manière stricte au contrôle de pièces (Moussa & Sinang (J). 2015). Très fréquemment les agents placés aux frontières se contentent de fouiller les véhicules afin d'éviter le passage d'armes ou autres produits interdits. À titre illustratif, l'on observe justement que dans la localité de Mbaimbom particulièrement, et de manière spécifique par la frontière avec la République centrafricaine par le pont Mbéré, les populations de ces espaces du fait de l'appartenance aux mêmes familles traversent régulièrement la frontière sans fournir toutes leurs pièces (Ndjidda (A). 2019). C'est ce qui ressort d'un entretien avec un agent frontalier qui nous fait savoir que :

« Nous ici à Mbaimbom ne pouvons refuser l'accès aux populations voisines, surtout les jours de marchés. En effet les Mboum d'ici sont apparentés avec ceux qui sont de l'autre côté, plus précisément à Mbéré RCA. Généralement on leur ouvre la chaîne le matin pour qu'ils aillent écouler leurs produits et parfois se ravitailler, sachant que le soir ils retourneront chez eux. Vous verrez par exemple que le matin ils passent en grand nombre et le soir c'est pareil. À notre niveau, nous sommes tolérants, sachant qu'ils appartiennent pratiquement aux mêmes familles » entretien avec un inspecteur de police principal en service au commissariat spécial de Mbaimbom,

le 17 mai 2022 de 12 h à 13 h).

Même son de cloche du côté de Bogdibo où les populations, du fait d'appartenir à une même famille, ne voient pas très souvent la nécessité qu'il y a à fournir toute la paperasse exigée aux postes frontaliers (Domo (J). (2013). Cependant, inscrites dans une perspective internationaliste ou transnationaliste, l'on peut en déduire que les unions matrimoniales transfrontalières favorisent, engendrent et rendent possibles une sorte de reconfigurations de mobilités frontalières, avec entre autres pour impact, la relativisation des frontières établies par les États. Ainsi, l'un des principes vitaux, sinon cardinaux, à l'intégration régionale, qu'est celui de la libre circulation des personnes et des biens se trouve de façon symbolique possibilisé par l'entremise de ces unions. Ainsi, ces mariages se trouvent donc être des canaux, vecteurs et même des instruments qui viabilisent l'intégration à partir de ces espaces. À côté de cette fonction, l'on note également que ces unions dynamisent le renforcement de liens sociaux entre peuples frontaliers. Ensuite, en ce qui concerne le renforcement de liens sociaux, cela se fonde sur le principe selon lequel en Afrique, ce ne sont pas uniquement des individus qui se marient mais des familles. Ainsi, l'on observe que ces unions entre frontaliers ont plus souvent pour effet immédiat, et ceci à une échelle méso, une homogénéisation ou un mélange de familles (Saibou (I). (2012). Celles-ci ne s'identifient plus exclusivement à leurs pays respectifs mais à leurs familles. En effet, les individus se sentent pour l'occasion plus enclins au lien familial, social au détriment du lien national. Les mariages transfrontaliers se dégagent à travers cette facette comme un instrument d'approfondissement et même de consolidation des liens entre peuples frontaliers. En effet, il naît à travers ces unions une sorte d'homogénéisation de liens fondée sur le caractère unitaire du mariage. Cette homogénéisation caractérisée par l'approfondissement et la consolidation des liens contribue à une relativisation des frontières symboliques entre les deux. En effet, du fait de la rencontre entre cultures, des valeurs et façons de faire et d'agir. On assiste dès lors à une homogénéisation, qui participe inéluctablement au processus d'intégration régionale.

Discussion

Les espaces frontaliers, notamment Nord et Sud Cameroun, ont la particularité d'être des portes d'entrées et de sorties qui mettent en interaction les populations locales avec celles des pays voisins (Noubissi (Y). (2025). En effet, bien que les raisons qui expliquent cet état de chose soient plurielles, surtout économico-commerciales, politico-sécuritaires et culturelles, on observe que ces milieux sont des espaces de fortes connexions multiformes et protéiformes (Akono (F). (2024).

Toutefois, l'on observe qu'au sein de ces espaces s'opèrent des unions

maritales qui mettent en relation les populations locales camerounaises avec celles des pays voisins, notamment le Tchad et la RCA par le département du Mayo-Rey dans le Nord, le Gabon et la Guinée-Équatoriale par le département de la vallée du Ntem dans la région Sud. Bien que les raisons qui les sous-tendent soient variées, ces mariages aux frontières nord et sud camerounaises ont une kyrielle d'incidences dans le processus d'intégration régionale vue sous le prisme horizontal. En effet, dans une approche transnationaliste qui ne fait pas de l'État le principal acteur dans la construction de l'intégration régionale, telle que défendue par les intergouvernementalistes, mais qui considère le rôle stratégique de nouveaux acteurs au côté de l'État dans la dynamique d'intégration régionale (Bach, (D). (2009) ces mariages y jouent un rôle considérable. Ils se révèlent à plusieurs égards comme des instruments symboliques de relativisation des frontières terrestres établies entre les États qui composent la sous-région. Les interconnexions créées par le truchement de ces mariages aux frontières participent à influencer, à une certaine échelle, le processus d'intégration sous-régionale dans son versant horizontal. Les populations frontalières, à travers ces pratiques régulières, s'établissent comme des acteurs stratégiques au côté des États dans la dynamique d'intégration sous-régionale. À titre illustratif, que l'on se situe dans les localités de Touboro ; Mbaimboum ; Laggaye, Mbodo, Bogdibo, Laoundjongué, Larakoussini dans le département du Mayo-Rey au nord du Cameroun, ou au sein des localités de Abang-Minkoo, Kyé-Ossi, Adjou'ou, Menguikum et Ebengon, l'on observe que ces mariages ont des incidences plurielles sur la dynamique intégrative sous-régionale. Ces unions mixtes favorisent à cet effet le renforcement et l'approfondissement des liens de solidarité et de fraternité avec les populations frontalières des voisins. Dans la même veine, ils contribuent non seulement à transcender les frontières terrestres et au renforcement des liens sociaux, mais créent également un imaginaire collectif commun chez ces derniers.

Par analogie avec l'état de l'art sur la question, et à l'analyse des résultats obtenus, il se révèle que les mariages mixtes qui s'opèrent au sein des espaces frontaliers Nord et Sud Cameroun contribuent à une certaine échelle à la construction de l'intégration sous-régionale en Afrique centrale. En effet, ce postulat est conforté par l'idée que les politiques pensées et portées exclusivement par les États sont à elles seules parfois insuffisantes et inopérantes. La prise en compte d'autres acteurs, notamment les populations frontalières et/ou transfrontalières, inverserait la tendance. En effet, apprécié par le bas, l'on observe que les populations transfrontalières comme acteurs transnationaux sont au centre d'une mosaïque d'activités qui, selon les configurations, participent à la construction et/ou à la déconstruction de l'intégration sous-régionale en Afrique centrale (Noubissi (Y). (2019). Dans ce sillage, les travaux d'Abet Mongbet (2022) examinent les mobilités

transfrontalières en lien avec l'intégration sous-régionale en zone CEMAC tout en faisant une emphase sur le cas des commerçants de la localité de Kyé-Ossi. Dans la même logique, les réflexions de Tsala Moise (2016), Ghislain Marceau Banga (2020), de Michel Bertin Medjo (2021) ont en commun le fait qu'ils questionnent le rôle stratégique des peuples frontaliers dans la variété d'activités qui les mettent en connexion avec les pays voisins. À ce titre, ils confirment l'idée de leur centralité au côté des États, dans la construction de l'intégration régionale. Dans la même veine mais à partir d'une autre sphère, cette réflexion sur les mariages frontaliers en lien avec la dynamique d'intégration sous-régionale à partir de peuples frontaliers vient encore renforcer l'idée de la nécessité d'une meilleure prise en compte de ces derniers dans ce processus. Les mariages transfrontaliers au sein de ces espaces ne se constituent plus simplement comme des expressions de l'intégration sous-régionale, mais en deviennent également des instruments.

Conclusion

Cette réflexion a examiné la contribution des mariages aux frontières Nord et Sud Cameroun dans le processus d'intégration sous-régionale en Afrique centrale. Ils sont des lieux de fortes transactions et d'interactions humaines protéiformes. L'on assiste généralement à des unions entre populations locales et ressortissants des pays voisins dont les retombées participent de la dynamique d'intégration sous-régionale.

Pour le démontrer, un dispositif méthodologique composé d'entretiens, de questionnaires et d'observations a été opérationnalisé au sein de certaines localités frontalières du département de la vallée du Ntem dans le Sud Cameroun et de celles du département du Mayo-Rey dans la région nord. Les obstacles rencontrés sur le terrain ont été contournés par des stratégies liées aux modalités d'usages. A ce titre, les forces de l'ordre, des guides de terrain ainsi que des traducteurs de langues locales ont été sollicités. Le but était non seulement de briser la barrière entre les enquêteurs et les enquêtés, mais également de faciliter l'accès à certains coins parfois retirés et insécurisés. Les données issues de ces opérations de collectes ont été interprétées sous le prisme du transnationalisme comme grille théorique. Toutefois, la centralité des peuples frontaliers au sein de ces espaces respectifs a nécessité comme préalable, un examen des pratiques matrimoniales chez ces derniers. En effet la triple territorialité des peuples *Ekgang* dans le Sud (Cameroun-Gabon-Guinée Equatoriale) et *Mboum* dans la région du Nord (Cameroun-Tchad-RCA) commandait que l'on interroge d'abord la pratique des mariages au sein de ces peuples respectifs.

Ensuite, il s'est révélé que les mariages frontaliers qui s'opèrent au sein des espaces ont des impacts pluriels sur la dynamique d'intégration sous-

régionale en Afrique centrale. Ils s'établissent comme des instruments de relativisation des frontières terrestres et de renforcement des liens sociaux avec les populations frontalières tchadiennes et centrafricaines à partir du Nord. Tandis qu'à partir du triangle Cameroun-Gabon-Guinée équatoriale, ils se révèlent être des leviers de consolidation et d'approfondissement des liens de solidarité et de fraternité avec les populations frontalières gabonaises et équato-guinéennes.

Au demeurant, il se trouve que les mariages transfrontaliers participent de l'expression de la centralité des populations dans la dynamique d'intégration sous-régionale en Afrique centrale. Aussi, cela conforte l'idée de la relativité de la suprématie de l'État dans les relations internationales telle que défendue par les réalistes (Battistella, (D). (2006). Car, à travers les activités des acteurs transnationaux que sont les populations transfrontalières, l'on arrive à une reconsidération de ce postulat. La prise en compte de réalités sociologiques et socioanthropologiques qui traversent les espaces frontaliers qui composent les pays de la sous-région fluidifierait les actions des politiques communautaires. Fort à propos, Luc Sindjoun affirme : « *Les relations internationales africaines sont marquées par une interdépendance entre les acteurs nationaux et transnationaux* » (Sindjoun, (L). (2002). Par ailleurs, ces mariages tiennent du fait qu'au-delà d'intégrer les États, l'intégration régionale vise également à intégrer les hommes.

Conflit d'intérêts : L'auteur n'a déclaré aucun conflit d'intérêts.

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

Déclaration de financement : L'auteur n'a obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Keohane, R., (2002). *Pouvoir et gouvernement dans un monde partiellement globalisé*, Londres : Routledge,
2. Badie, B., & Devin, G., (2007). *Le multilatéralisme : nouvelles formes de l'action internationale*, la Découverte, Paris
3. Ernst, H., cité par Lequesne, C., (1996). « La commission européenne entre autonomie et dépendance », revue française de science politique, vol.46, n°3, p.292
4. Mvelle, G., (2014). *Intégration et coopération en Afrique*, l'harmattan, Paris, p.10
5. Weinberg & Gerhard, L., (2005). *A World at Arms – A Global History of World War II*, Cambridge University Press, P.1178

6. Judt, T., (2005). *Postwar : A History of Europe since 1945*, Penguin Books, New York
7. Kontchou-kouomegni, A., (1977). *Le Système diplomatique africain bilan et tendance de la première décennie*, Paris pédonne, 1977, p.55
8. Saurugger (S). (2013). *Théorie et concepts de l'intégration européenne*, Paris, Science po presses.
9. Balassa, B., (1964). Théorie of economic intégration, in revue économique, volume 15, n°1, 1964. P.145-146
10. Hammouda, H., (2003). *L'intégration régionale en Afrique centrale : bilan et perspectives*, Paris, Karthala, 2003, p.303
11. Choualat, Y., (2004). « La crise diplomatique de Mars 2004 entre le Cameroun et la Guinée Equatoriale : fondements, enjeux et perspectives » in polis, revue camerounaise de science politique, vol.12, numéro spécial 2004-2005
12. Awoumou, C., (2008). *Le couple Cameroun-Gabon au sein de la CEMAC*, Paris, l'harmattan, p.435
13. Loungou, S., (2010). « La libre circulation des personnes au sein de l'espace CEMAC : entre mythe et réalités » in *belgeo*, mars 2010, mis en ligne le 04 décembre 2012, consulté le 10 décembre 2020, p.119
14. Batchom, E., (2012). « La rupture du consensus de fort-Lamy et le changement du rapport de force dans l'espace CEMAC », in revue études internationales, vol XLIII, n° 2, juin 2012, PP.147-167
15. Ntamack Ntamack, J., (2016). Les régionalismes africains : essai d'analyse des logiques d'intégration régionale à travers les expériences de la CEMAC, de la CEEAC et de la CEDEAO, Thèse de Doctorat PhD en science politique, université de Douala
16. Hugon, P., (2017). « Régionalisme et régionalisation : limites de jure et réussites contrastées » in *revue intervention économique*, mars
17. Bilongo, D., (2023). *La dialectique Etat/intégration régionale en Afrique centrale Cemar : une analyse à partir du Cameroun*. Thèse de Doctorat PhD en science politique, Université de Yaoundé II
18. Bennafla, K., (2002). *Le commerce frontalier en Afrique Centrale*, Paris, Karthala, p.353
19. Herrera, J., (1998). « Du fédéral et des Koweïtiens : la fraude de l'essence nigériane au Cameroun » in Johny Egg, Javier Herrera, *échanges transfrontaliers et intégration régionale en Afrique subsaharienne*, Saint-Etienne, éditions de l'aube, P.181
20. Abwa, D., (2011). Dynamiques d'intégration régionale en Afrique centrale, Presse universitaire Yaoundé, Tom1, Novembre, p.465
21. Essomba, J-M., (2011). « Le passé composé de l'intégration régionale en Afrique Centrale » in Abwa D., *dynamiques d'intégration régionale en Afrique centrale*, Presse universitaire Yaoundé, Tom1, Novembre,

- p.465
22. Owona Nguini, M-E, & Deli Sainzoumi. D., (2005). « À qui profite les flux transfrontaliers entre Ndjamena et Kousseri : échanges, territoires et dialectique du licite et l'illicite » in *revue enjeux* n° 29, novembre, pp.16-19
 23. Ango Mengue, S., (2011). « Relations frontalières entre les peuples du Cameroun et les autres pays de l'Afrique centrale : le cas de l'Est » in Abwa D., *dynamiques d'intégration régionale en Afrique centrale*, Presse universitaire Yaoundé, Tom1, Novembre 2011, p.465
 24. Noubissi, Y., (2024). « Les festivals culturels traditionnels *Ekan* et *Mboum* : entre valorisation culturel et instrument d'intégration régionale en Afrique centrale » in *revue internationale de Droit et de science politique*, Vol. 4, septembre
 25. Mbembe, A., (2005). « A la lisière du monde : frontières, territorialité et souveraineté, en Afrique » in Benoit (dr), Frédéric (G), *le territoire est mort vive les territoires !* IRD éditions, Paris, 2005, P.51
 26. Ferrol, G., (2009). *Dictionnaire de sociologie*, Paris, Armand colin, p.12
 27. Maité, M., (2013). « L'amour et ses frontières : régulations étatiques et migrations de mariage (Belgique, France, suisse et Italie) » in *migrations sociétés*, 06, n° 150, P.41-60
 28. Nicola, E., (2005). « Cross-border marriages : gender and mobility in transnational Asia, Philadelphia : university of Pennsylvania Press, 2005, 220.P ; phillipe & claudine, « mixités amoureuse, des conjugalités aux multiples facettes », projet, n°292, Mai, PP.12-19
 29. Malam, S., (2019). « Les chefs traditionnels du Nord-Cameroun et la gouvernance locale » in Idrissou Alioum et Alawadi Zelao (dr), *le Cameroun septentrional contemporain. Figures, sociétés et enjeux de développement*, 2^{ème} ed, Yaoundé, les éditions Danimber et Larimber, 2019. PP. 323-352
 30. Roche, J. (2007). *Théorie des relations internationales*, Montchrestien, Paris,
 31. Badie, B. & Smouts, M. (1992). *Le retournement du monde : sociologie de la scène internationale*, Paris, presses de science pô et Dalloz, 3^{ème} ed, P.248
 32. Ndougsa V., (2018). *Les peuples Beti du Cameroun : origines, ethnies et traditions*, paris, l'harmattan, P.38
 33. Pierre, A., & Binet, J., (1958). *Le groupe dit Phaouin*, Paris, presses universitaires de France, P.51
 34. Radcliffe-Brown, A-R., & Forde, D., (1951). *Systèmes familiaux et matrimoniaux en Afrique*, Paris, Presse universitaire de France, P.61
 35. Assoumou, A., (1998). *Le mariage à la dot chez les fang du Gabon*,

- thèse Doctorat en sociologie, université Laval Québec, 1998, P. 217
36. Ndougsa, V., (2018). Op.cit.,
 37. Aubame, J-M., (2002). *Les Beti du Gabon et d'ailleurs : croyances, us et coutumes*, Tom2, Paris, l'harmattan, P.194
 38. Froelich, J., (1959). *Notes sur les Mboum du Nord-Cameroun*. In : *journal de la société des Africanistes*, tome 29, fascicule1. P.91-117
 39. Boumane, O., (2022). *Les mbum à la croisée des chemins : l'essence Mbum*, tom1, dinimber larimber, Yaoundé, p.74
 40. Abe, C., (2019). « Conflit, violence et gestion/ régulation de la transition politique en milieu rural au Cameroun : les autorités traditionnelles à l'épreuve des élites politiques dans le lamidat de Rey Bouba » in Idrissou Alioum et Alawadi Zelao (dr), *le Cameroun septentrional contemporain. Figures, sociétés et enjeux de développement*, 2^{ème} ed, Yaoundé, les éditions Danimber et Larimber, 2019. PP.515-545
 41. Laoula, E., (2022). *Mon combat pour la culture Mboum*, Paris, Les impliqués, 2022, P.29
 42. Antoine, P., (2002). « *L'approche biographique de la nuptialité : application à l'Afrique* », dans G. Caselli, J. Vallin et G. Wunsch (dir.), *Démographie : analyse et synthèses*, vol. 2 : Les déterminants de la fécondité, Paris, INED, p. 51-74.
 43. Entretien avec un agent frontalier à la frontière Cameroun-Gabon par Kyé-ossi, le 18 Novembre 2023, de 10H – 10H45
 44. Entretien avec un employé d'hôtel (Saratel) de kyé-ossi, le 14 novembre 2023, de 13H15 à 14H05
 45. Entretien avec Messa Essono Emmanuel/ chef 3^{ème} degré Akombang/ arrondissement de kye-Ossi, le 23 novembre 2023, de 15H15 à 16H.
 46. Entretien avec un agent frontalier exerçant à la frontière Cameroun-Tchad par Toubouro (Bogdibo), 16 Mai 2023, 11H- 11H45
 47. Mahouachi, L., (2008). « *La citoyenneté européenne : un catalyseur du pluralisme des identités en Europe ou comment relancer la participation citoyenne au projet politique européen* », mémoire de master, institut européen de l'université de Genève, Mars, P.17
 48. Moussa & Sinang, J., (2015). « Migrations et peuplement du Sud-Est Cameroun : une contribution à la problématique de l'intégration sous-régionale en Afrique centrale » in Norodom kiari, J-B., *De l'intégration régionale en Afrique centrale (1960-2010)*, Paris, l'harmattan, PP.146-179
 49. Ndjidda, A., (2019). « Diplomatie locale tchado-Camerounaise : une coopération bilatérale par le bas » in Idrissou, A., et Alawadi Z., *le Cameroun septentrional contemporain : figures, sociétés et enjeux de développement*, 2^{ème} ed, Yaoundé, les éditions Dinimber et Larimber,

PP.179-212

50. Entretien avec un inspecteur de police principal en service au commissariat special de mbaimboum, le 17 Mai 2022 de 12H-13h)
51. Domo, J., (2013). *Les relations entre frontaliers Cameroun-Tchad*, Paris, l'Harmattan, 2013, P.78-81
52. Saibou, I., (2012). *Ethnicité, frontières et stabilité aux confins du Cameroun*, du Nigéria et du Tchad. Paris, L'Harmattan, P.151
53. Noubissi, Y., (2025). « Liens ethniques transfrontaliers et activités illicites : une étude de leur interrelation aux frontières nord et Sud Cameroun » in *European scientific Journal, ESJ*, 21 (8), P.149
54. Akono, F., (2024). *Immigration clandestine en zone transfrontalière Cameroun-Gabon-Guinée Equatoriale. Une analyse à partir des facteurs socio-anthropologiques et économiques du phénomène en zone CEMAC*, éditions Universitaires Européennes, P.168
55. Bach, D., (2009). « Régionalisme, régionalisation et globalisation » in : Mamoudou Gazibo et Céline Thiriot (dir), *l'Afrique en science politique*, Paris : Karthala,
56. Noubissi, Y., (2019). *Les dynamiques socioculturelles dans la construction de l'intégration régionale en Afrique centrale : le cas de l'espace CEMAC*, mémoire de master en science politique, université de Yaoundé II,
57. Mongbet, A., (2022). *Mobilités, dynamiques frontalières et intégration sous-régionale en zone CEMAC : le cas des commerçants de Kyé-ossi*, Thèse de Doctorat PhD en géographie, Université de Poitiers,
58. Tsala, M., (2016). *Les peuples frontières et la dynamique d'intégration régionale en Afrique centrale : cas des fang de la zone frontalière Cameroun-Gabon-Guinée équatoriale*. Mémoire master en science politique, université de Yaoundé 2,
59. Medjo medjo, M., (2021). *L'influence de l'ethnicité sur le commerce frontalier : le cas de la ville de Kyé-ossi au sud Cameroun*, Thèse de Doctorat en sociologie, université Stellenbosch,
60. Battistella, D., (2006). *Théories des relations internationales*, sciences Pô, 2ème édition revue et augmentée, Paris, P. 359
61. Sindjoun, L., (2002). *Sociologies des relations internationales Africaines*, Paris, Karthala, P.

Impacts environnementaux et socio-économiques de l'évolution morphodynamique du littoral de la ville de Rufisque (Sénégal)

Ibra Faye

El Hadji Balla Dieye

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Département de Géographie, Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ), Sénégal

Mamadou Thior

Enseignant-chercheur, Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar, Sénégal

Tidiane Sane

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Département de Géographie, Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ), Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p95](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p95)

Submitted: 18 August 2025

Accepted: 03 December 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Faye, I., Dieye, El Hadji. B., Thior, M. & Sane, T. (2025). *Impacts environnementaux et socio-économiques de l'évolution morphodynamique du littoral de la ville de Rufisque (Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 95. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p95>

Résumé

Le littoral sénégalais est fortement marqué par le phénomène d'érosion côtière, avec un taux moyen de recul du trait de côte estimé à environ 1 m/an. À Rufisque, la dynamique morpho sédimentaire des plages, résultant d'interactions complexes entre les processus naturels et les pressions anthropiques, engendre des impacts notables sur l'environnement et sur les activités socio-économiques locales. La présente étude analyse les effets environnementaux et socio-économiques liés à l'érosion côtière sur le littoral de Rufisque. Elle s'appuie sur une combinaison de données de terrain et d'informations géospatiales issues de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Les observations in situ ont permis de documenter les effets directs des transformations côtières sur les écosystèmes et les usages littoraux, tandis que les traitements d'images satellites Landsat (30m) ont servi à cartographier les changements spatio-temporels et à

quantifier les taux de mobilité du trait de côte (1979-2024). Les analyses révèlent une érosion littorale marquée, avec un taux moyen de recul de 0,39 m/an dans les secteurs de Rufisque et Thiawlène sur 45 ans. Ce processus s'accompagne d'une dégradation accrue de l'environnement côtier et de perturbations socio-économiques affectant les infrastructures et les activités humaines à Rufisque.

Mots clés : Evolution morphodynamique, érosion, impacts environnementaux, socio-économiques, Télédétection, trait de côte, Rufisque

Environmental and Socio-Economic Impacts of the Morphodynamic Evolution of the Coastline of the City of Rufisque (Senegal)

Ibra Faye

El Hadji Balla Dieye

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Département de Géographie, Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ), Sénégal

Mamadou Thior

Enseignant-chercheur, Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar, Sénégal

Tidiane Sane

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Département de Géographie, Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ), Sénégal

Abstract

Coastal erosion is a major geomorphological issue along the Senegalese coastline, where the shoreline retreats at an average rate of approximately 1 m/year. In Rufisque, the morpho-sedimentary dynamics of the beaches, shaped by complex interactions between natural processes and increasing anthropogenic pressures, generate significant environmental and socio-economic impacts. This study examines the environmental and socio-economic consequences of coastal erosion along the Rufisque shoreline. The analysis draws on a combination of field observations and geospatial data derived from remote sensing and Geographic Information Systems (GIS). In situ observations were used to document the direct effects of coastal transformations on ecosystems and shoreline uses, whereas the processing of Landsat satellite imagery (30 m) enabled the spatial and temporal mapping of coastal changes and the quantification of shoreline mobility rates (1979-2024). The results reveal pronounced coastal erosion, with an average shoreline

retreat of 0.39 m/year across the Rufisque and Thiawllène sectors over the past 45 years. This sustained process is accompanied by increasing environmental degradation and socio-economic disruptions, affecting infrastructures and human activities throughout the city of Rufisque.

Keywords: Morphodynamic evolution, erosion, environmental impacts, socio-economic impacts, Remote Sensing, shoreline, Rufisque

Introduction

Les littoraux constituent des espaces de transition particulièrement dynamiques, où s'entrecroisent les influences marines, atmosphériques et continentales. Ces zones, en perpétuelle transformation, subissent des modifications morphologiques importantes sous l'effet combiné des processus naturels et des pressions anthropiques. En effet, la morphodynamique désigne l'étude conjointe des formes et des processus qui façonnent le littoral, notamment les interactions entre les mouvements sédimentaires, les conditions hydrodynamiques et l'évolution des reliefs côtiers (Anthony, 1998 ; Bird, 2008 ; Weissenberger *et al.*, 2016). Autrement dit, elle analyse la manière dont les flux d'énergie (vagues, courants, marées, vents etc.) structurent les paysages côtiers en interaction avec les actions humaines.

Au Sénégal, le littoral s'étend sur environ 700 km, du nord au sud, et constitue un espace à forte densité humaine et économique (Diop *et al.*, 1995 ; Niang-Diop, 1995, Thior, 2020). Ce linéaire côtier est aujourd'hui marqué par une érosion généralisée liée à la montée du niveau marin, à la variabilité climatique et à l'occupation croissante des zones basses (Sadio *et al.*, 2017 ; Ndiaye *et al.*, 2021). Dans la presqu'île du Cap-Vert, où se situe le département de Rufisque, ces transformations sont particulièrement intenses en raison de la concentration des infrastructures portuaires et industrielles, de la pression urbaine et de la fragilité géomorphologique du littoral (Sarr, 1998 ; Diop *et al.*, 2013). La morphodynamique du littoral de Rufisque se manifeste principalement par des processus d'érosion et de sédimentation irrégulière, entraînant une régression du trait de côte et une perte progressive de surface terrestre. Ces dynamiques affectent non seulement les équilibres physiques du littoral, mais également les activités économiques telles que la pêche, le commerce et le tourisme, qui constituent les piliers de la vie locale (Diaw, 1997 ; Kane, 2015). Dans un contexte de changement climatique caractérisé par l'élévation du niveau marin et l'intensification des aléas hydrodynamiques, la vulnérabilité des infrastructures et des populations s'accroît.

Cette étude s'inscrit dans cette tension croissante entre la dynamique morphologique du littoral et la pression anthropique exercée sur un espace côtier à la fois vital et vulnérable. En effet, la dégradation progressive du front

de mer de Rufisque témoigne d'une érosion littorale qui menace les habitats, les activités économiques et la stabilité environnementale de la zone. Ce constat soulève une interrogation centrale : dans quelle mesure les transformations morphodynamiques du littoral de Rufisque influencent-elles l'équilibre environnemental et socio-économique de la ville ? L'hypothèse principale de ce travail postule que les mutations morphodynamiques observées à Rufisque résultent de l'action combinée des forçages naturels et des interventions humaines, et qu'elles engendrent des impacts environnementaux et socio-économiques majeurs, compromettant la durabilité des écosystèmes et des moyens de subsistance littoraux. A cet effet, l'objectif principal de cette recherche consiste à analyser les impacts environnementaux et socio-économiques liés à l'évolution morphodynamique du littoral de Rufisque. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- ✓ caractériser les dynamiques d'érosion et de sédimentation à différentes échelles temporelles ;
- ✓ évaluer les effets de ces transformations sur les infrastructures, les activités économiques et les écosystèmes côtiers ;
- ✓ apprécier le niveau de vulnérabilité de la ville de Rufisque face aux risques côtiers.

Cet article est structuré en quatre parties principales : la première présente le cadre théorique et conceptuel de la morphodynamique côtière ; la deuxième expose les données et la démarche méthodologique ; la troisième détaille les résultats de l'analyse spatio-temporelle et des enquêtes de terrain ; enfin, la quatrième discute des implications environnementales et socio-économiques des transformations observées, en vue de proposer des orientations pour une gestion durable du littoral de Rufisque.

La zone d'étude

Situation géographique de la zone étudiée

La presqu'île du Cap-Vert, située à l'extrémité occidentale du Sénégal et de l'Afrique de l'Ouest, s'étend approximativement entre la longitude 17°30' Ouest et la latitude 15° Nord (Diop-Niang, 1995). Elle constitue un espace géographiquement et stratégiquement majeur, exposé aux influences de l'océan Atlantique. Cette péninsule se caractérise par une géologie variée, composée principalement de formations sédimentaires côtières récentes et de roches volcaniques anciennes, qui conditionnent la morphodynamique du littoral (Sarr, 1998 ; Ndiaye *et al.*, 2021). Le département de Rufisque, intégré à cette presqu'île, s'étend sur environ 42 km² et se situe à 25 km à l'est de Dakar, la capitale du Sénégal (figure 1). Sa position géographique et son exposition au régime océanique favorisent la présence d'une flore guinéenne adaptée à un climat côtier, caractérisé par des températures modérées en

janvier et février et une pluviométrie saisonnière concentrée entre juillet et octobre (Diallo, 2009).

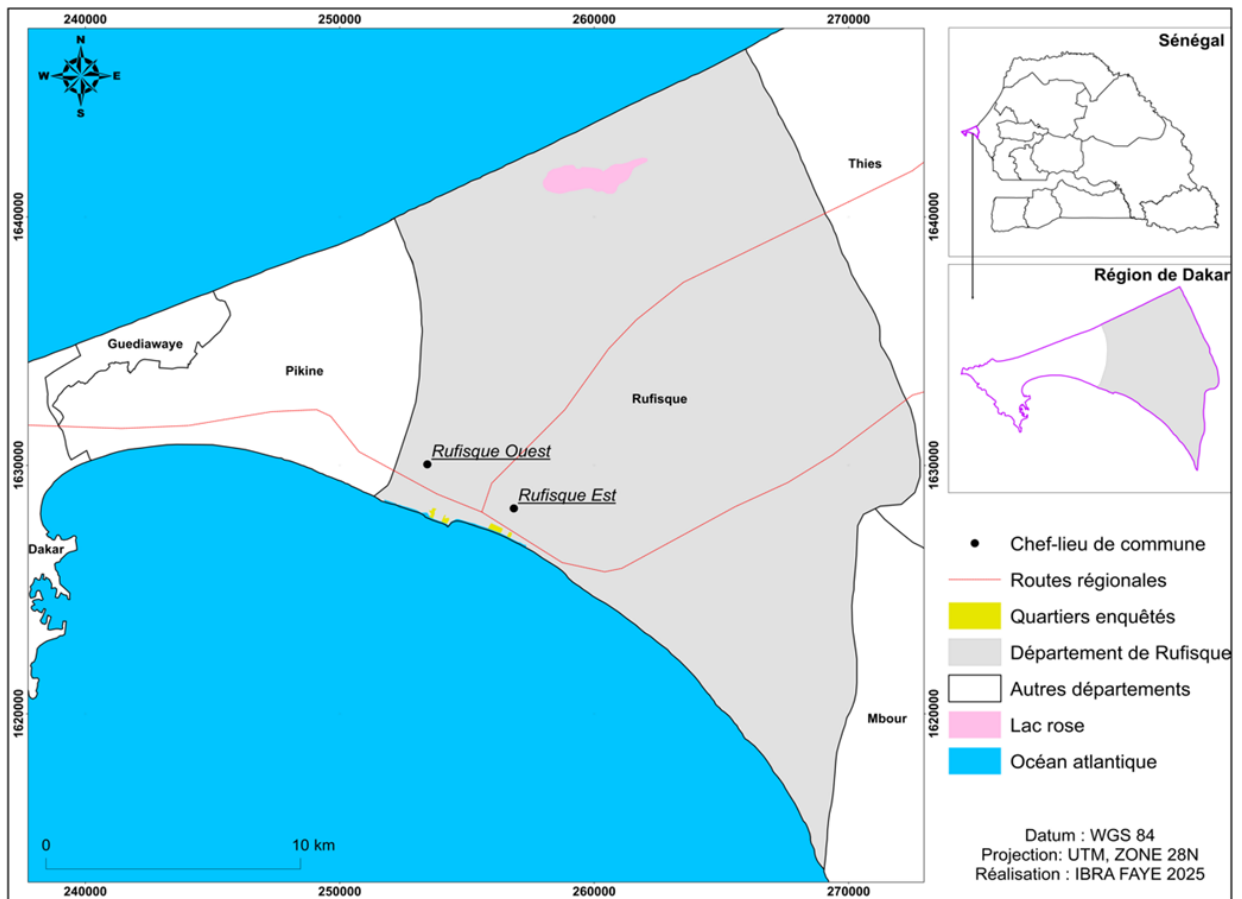


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Le littoral de Rufisque, objet de cette étude, est fortement influencé par les processus hydrodynamiques et sédimentaires, notamment l'action des vagues, des courants littoraux et des marées, qui combinés aux pressions anthropiques, façonnent continuellement le trait de côte. Cette zone présente également une forte densité d'infrastructures urbaines, portuaires et industrielles, ce qui accentue sa vulnérabilité aux phénomènes d'érosion et aux risques côtiers (Diop *et al.*, 2013). Ainsi, Rufisque constitue un site représentatif de l'interaction entre dynamiques naturelles et pressions humaines sur le littoral sénégalais, offrant un cadre idéal pour l'analyse des impacts morphodynamiques sur l'environnement et les activités socio-économiques locales.

Méthodologie

Dans cette étude, l'approche méthodologique combine la cartographie géospatiale, les enquêtes de terrain et l'évaluation des impacts environnementaux et socio-économiques. Cette combinaison permet de documenter à la fois les dynamiques morphodynamiques du littoral, leurs effets sur les écosystèmes et les activités humaines. La première étape consiste à analyser les images satellites Landsat et à produire des cartes spatio-temporelles du littoral, afin de quantifier les taux d'évolution du trait de côte et de visualiser les zones soumises à l'érosion, à la sédimentation ou la stabilité. Ces données cartographiques sont ensuite complétées par des enquêtes de terrain, incluant des observations directes et des entretiens avec les acteurs locaux, pour valider les informations issues de la télédétection et pour documenter les impacts concrets sur les infrastructures, les écosystèmes et les activités socio-économiques. Cette approche favorise ainsi une compréhension globale des interactions entre processus naturels et pressions anthropiques, et fournit une base robuste pour évaluer la vulnérabilité du littoral de Rufisque face aux risques côtiers.

Données et traitement cartographique

Données

Pour analyser l'évolution morphodynamique du littoral de Rufisque, des images satellites Landsat ont été exploitées sur la période 1979-2024 ainsi que des fichiers shapefiles (limites administratives, réseau hydrographique etc.) obtenues dans les structures nationales comme l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT) et la Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques (DTGC). L'analyse diachronique a été réalisée par tranches de 10 ans ou plus, afin d'évaluer finement les changements spatiaux et temporels du trait de côte. Les capteurs suivants ont participé à la capture des images :

- Landsat MSS (*Multispectral Scanner*) pour 1979, avec une résolution spatiale de 60 m ;
- Landsat TM (*Thematic Mapper*) pour 1989, 1999 et 2009, avec une résolution de 30 m ;
- Landsat OLI (*Operational Land Imager*) pour 2024, avec une résolution de 30 m et une meilleure sensibilité radiométrique, permettant de détecter les variations du trait de côte (tableau 1).

Ces images ont été sélectionnées en période exempte de nuages et de marées extrêmes (saison sèche), afin de réduire les biais liés aux conditions atmosphériques et hydrodynamiques.

Tableau 1 : Caractéristiques des données cartographiques

Données	Séries	Numéro de scène	Capteurs	Résolution spatiale	Date de prise de vue	Sources
<i>Images Landsat</i>	L3	path221_row050	MSS	60m	18/11/1979	Earth explorer
	L5	path205_row050	TM	30m	11/12/1989	
					11/12/1999	
					04/12/2009	
	L9		OLI_TIRS		10/01/2024	

Le choix de cette période (1979-2024) est justifié par l'indisponibilité de certaines données aux échelles temporelles souhaitées. Quant à celui des dates, il se justifie tout d'abord par le fait que l'année 1979 appartient à la période de la grande sécheresse des années 1970. En plus, les années 1970-80 sont très illustratives de l'avancée de la mer dans la zone d'étude selon Koulibaly et al. (2021). En effet, la sécheresse des années 1970-80, aurait entraîné une forte réduction des apports sédimentaires des systèmes fluviaux côtiers avec des conséquences sur les zones littorales (Diop, 1995). Ainsi, l'année 2024 correspond à la période où l'étude est réalisée, notamment avec la mise en place et l'amélioration des dispositifs de protection (digues) dans certaines parties du littoral étudié (Rufisque).

Prétraitement des images Landsat

Les images Landsat ont été soumises à un prétraitement rigoureux comprenant :

- ✓ La correction radiométrique et atmosphérique pour normaliser les valeurs de réflectance et faciliter les comparaisons diachroniques (Lu et al., 2004) ;
- ✓ Le géoréférencement des images sur le système de coordonnées WGS84, UTM zone 28N afin d'assurer la cohérence spatiale entre les différentes années ;
- ✓ Le découpage (*subsetting*) de la zone d'étude pour se concentrer sur le littoral de Rufisque.

Traitement cartographique du trait de côte

L'analyse diachronique de la dynamique littorale de Rufisque a été conduite à partir de l'outil *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), développée par le U.S. Geological Survey (USGS), qui permet de calculer l'évolution du littoral ou des limites côtières au fil du temps. Cet outil constitue une approche robuste et scientifiquement éprouvée pour la quantification des déplacements du trait de côte à différentes échelles temporelles (Thieler et al., 2009). Le DSAS offre une méthode automatisée pour établir les transects de mesure, effectue les calculs de taux et fournit les incertitudes associées à ces

taux. L'utilisateur utilise un Système d'Information Géographique pour préparer au préalable les données destinées au DSAS. Dans cette logique, nous avons d'abord extrait les Traits de Côte (TDC) à partir des images satellitaires. Les entités linéaires (TDC) représentant la limite entre le milieu marin et le milieu terrestre ont été digitalisées de manière homogène pour chaque période d'observation, conformément aux recommandations méthodologiques de Boak et Turner (2005). Ces traits ont ensuite été intégrés dans l'environnement DSAS pour la génération de transects perpendiculaires à la côte, espacés de manière régulière (10m), permettant la mesure systématique des déplacements. L'évaluation quantitative des dynamiques côtières a reposé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR), indicateur fondé sur la distance linéaire entre deux positions successives du trait de côte divisée par l'intervalle temporel correspondant de 10 ans (m/an). Cette métrique, couramment mobilisée dans les travaux d'évolution côtière (Crowell et al., 1997), a permis de distinguer les segments soumis à un processus d'érosion (valeurs négatives) de ceux en accrétion (valeurs positives). L'interprétation des résultats a été renforcée par une validation spatiale et thématique sur le terrain, réalisée sur des transects représentatifs des différents types de dynamiques observées (érosion, stabilité, sédimentation). Ces observations in situ ont permis de confirmer la fiabilité des indices calculés et d'apprécier les impacts environnementaux et socio-économiques associés aux variations du trait de côte, notamment sur les activités halieutiques et les infrastructures côtières (Dolan et al., 1991).

Traitement et analyse des données d'enquêtes

Pour mieux se documenter sur les impacts environnementaux et socio-économiques de l'évolution morphodynamique du littoral de Rufisque, une enquête combinant données quantitatives et qualitatives a été menée dans les communes de Rufisque Est et Rufisque Ouest, choisies pour leur proximité avec le littoral et leur exposition aux phénomènes d'érosion. La collecte des données quantitatives a été réalisée à l'aide d'un questionnaire structuré, administré auprès des ménages afin de recueillir des informations sur :

- l'ampleur des impacts liés à l'érosion côtière sur les infrastructures et les habitations ;
- les pertes ou modifications des activités économiques (pêche, commerce etc.) ;
- les stratégies d'adaptation ou de protection déjà mises en œuvre par les populations ou l'Etat.

Quatre quartiers ont été retenus pour l'enquête : Thiawllène Digue et Merina I dans Rufisque Est, Diokoul Kaw et Diokoul Wague dans Rufisque Ouest (tableau 2). La sélection s'appuie sur la technique d'échantillonnage au jugé, qui consiste à choisir les unités les plus pertinentes pour répondre aux

objectifs de l'étude, ici les zones les plus vulnérables face à l'érosion littorale (Diatta, 2013 ; Barry, 2017). Cette approche a été soutenue par une phase d'observation préliminaire permettant d'identifier les quartiers exposés et représentatifs. Pour assurer une représentativité proportionnelle des ménages, la technique d'échantillonnage par quota a été appliquée : un échantillon de 252 ménages a été interrogé, soit 25 % de la population totale des quatre quartiers (1 008 ménages) selon les données de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie en 2023. Cette méthode garantit que la structure de l'échantillon reflète celle de la population mère selon des critères définis, tels que la localisation dans le quartier et la proximité du littoral (Ndam et al., 2019). L'utilisation de la technique de quota permet de combiner efficacité opérationnelle et représentativité statistique dans un contexte de terrain où un tirage aléatoire complet est difficile à mettre en œuvre.

Tableau 2 : Nombre de ménages enquêtés dans les communes de Rufisque (Est et Ouest)

Communes	Quartiers retenus	Nombre de ménages	Nombre de ménages Interrogés	Pourcentages
Rufisque EST	Thiawllène digue	77	19	7,6
	Mérina I	329	82	32,6
Rufisque OUEST	Diokoul Kaw	370	93	36,7
	Diokoul wague	232	58	23,0
TOTAL		1008	252	100

Source des données : ANSD, 2023

En revanche, des entretiens semi-directifs ont été conduits avec des acteurs clés comme les chefs de quartiers (4), pêcheurs (94), agents communaux (7) afin de compléter les données quantitatives et d'identifier des informations qualitatives sur les perceptions, les pratiques et les adaptations des communautés face aux risques côtiers.

Résultats

Les résultats présentés dans cette section traduisent les principaux enseignements issus de l'analyse morphodynamique du littoral de Rufisque. Ils sont le fruit du croisement entre les traitements cartographiques des images Landsat, les mesures du trait de côte effectuées à l'aide de l'outil DSAS et les travaux de terrain. L'objectif est de mettre en évidence l'évolution spatio-temporelle du littoral sur plusieurs décennies, d'identifier les tendances dominantes (érosion, accrétion ou stabilité) et d'en évaluer les impacts environnementaux et socio-économiques.

Analyse de l'évolution du trait de côte

À partir des images satellitaires Landsat (1979, 1989, 1999, 2009 et 2024), les différentes positions du trait de côte ont été extraites et comparées grâce à l'outil Digital Shoreline Analysis System (DSAS). Cette approche a permis de quantifier les déplacements du linéaire côtier au moyen des indicateurs tels que le *End Point Rate* (EPR), traduisant les vitesses moyennes d'évolution entre deux dates.

Analyse morphodynamique du littoral de Rufisque entre 1979 et 1989

L'analyse diachronique du littoral de Rufisque entre 1979 et 1989 met en évidence une dynamique côtière contrastée, marquée par une alternance de secteurs en érosion active et de zones en accrétion localisée (figure 2). Sur l'ensemble du linéaire étudié, la tendance générale demeure érosive, avec une vitesse moyenne d'érosion estimée à -3,33 m/an dans les secteurs de Diokoul et de Thiawlene, soit un recul cumulé d'environ 26,64 m sur la décennie. Ces zones, exposées directement à la houle dominante et à un déficit sédimentaire chronique, traduisent une vulnérabilité morphodynamique élevée (Dacosta et al., 2020 ; Sy et al., 2021).

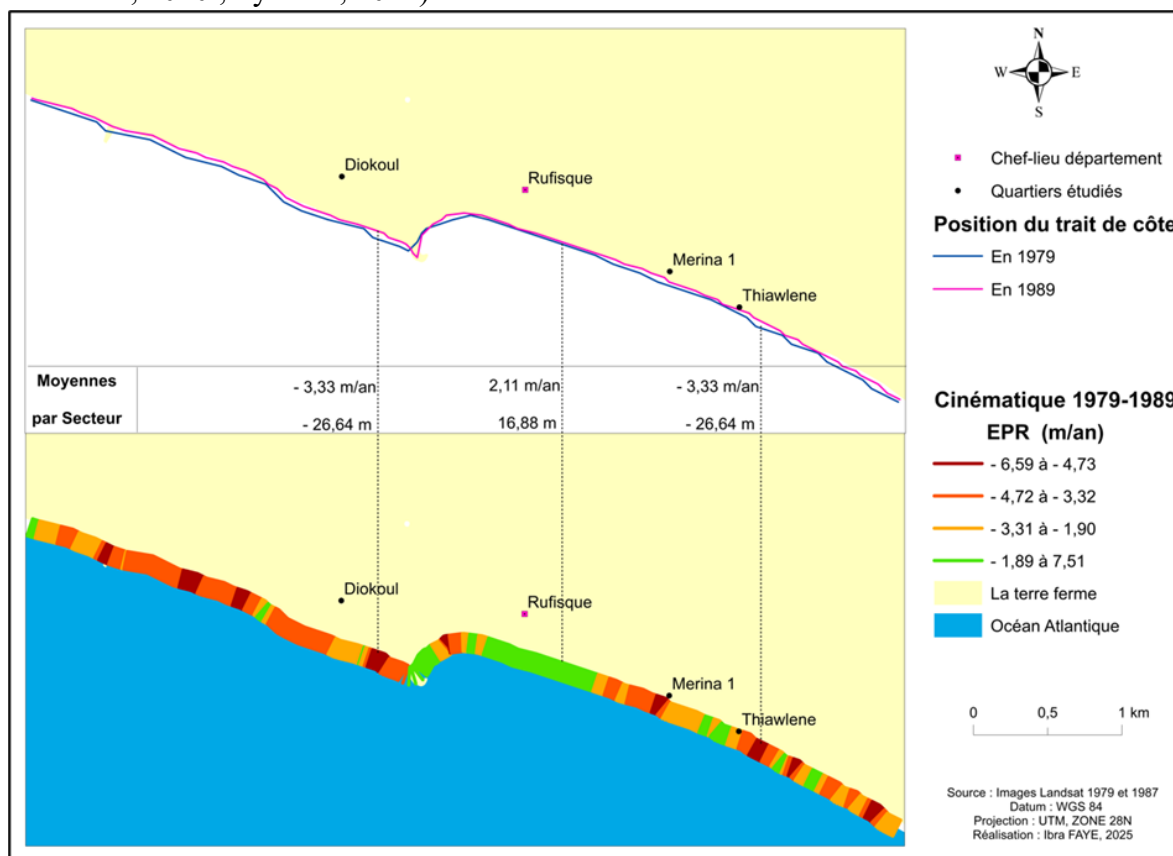


Figure 2 : Evolution spatio-temporelle du trait de côte sur la période 1979-1989

À l'inverse, la portion centrale du littoral, correspondant au secteur urbain de Rufisque, présente une tendance légèrement accrétée, avec un taux moyen positif de 2,11 m/an (soit environ 16,88 m sur la période). Cette stabilisation relative s'expliquerait par la présence d'ouvrages portuaires et de structures artificielles favorisant la rétention sédimentaire, mais aussi par la configuration morphologique de la baie qui atténue localement l'énergie des vagues (Sadio et al., 2017 ; Ndour et al., 2023). La répartition spatiale des vitesses d'évolution (EPR) confirme cette hétérogénéité : la classe de forte érosion (-6,59 à -4,73 m/an) domine à l'ouest de Diokoul et à Thiawllène, tandis que les indices d'accrétion (-1,89 à 7,51 m/an) se concentrent autour du centre urbain (Rufisque). Cette configuration illustre le déséquilibre sédimentaire du système côtier de Rufisque, où les dynamiques naturelles sont accentuées par les pressions anthropiques (urbanisation, extractions de sable, artificialisation des berges) (Udo & Hinkel, 2021). Ces tendances traduisent à la fois l'influence des forçages hydrodynamiques régionaux et la faiblesse de la résilience géomorphologique face aux activités humaines croissantes.

Analyse morphodynamique du littoral de Rufisque entre 1989 et 1999

Entre 1989 et 1999, l'évolution du littoral de Rufisque traduit une poursuite des dynamiques régressives lors de la décennie précédente, mais avec une intensité légèrement atténuée (figure 3). Les résultats de l'analyse diachronique, montrent une érosion moyenne de -2,08 m/an dans les secteurs de Diokoul et de Thiawllène, soit un recul cumulé d'environ 31,2 m sur la période. En revanche, la zone centrale de Rufisque demeure relativement stable, avec un taux de variation quasi nul (0,10 m/an, soit 1,5 m). Les secteurs occidentaux et orientaux présentent des classes d'érosion comprises entre -2,72 et -1,76 m/an, correspondant aux zones les plus exposées à la houle atlantique et à la dérive littorale dominante.

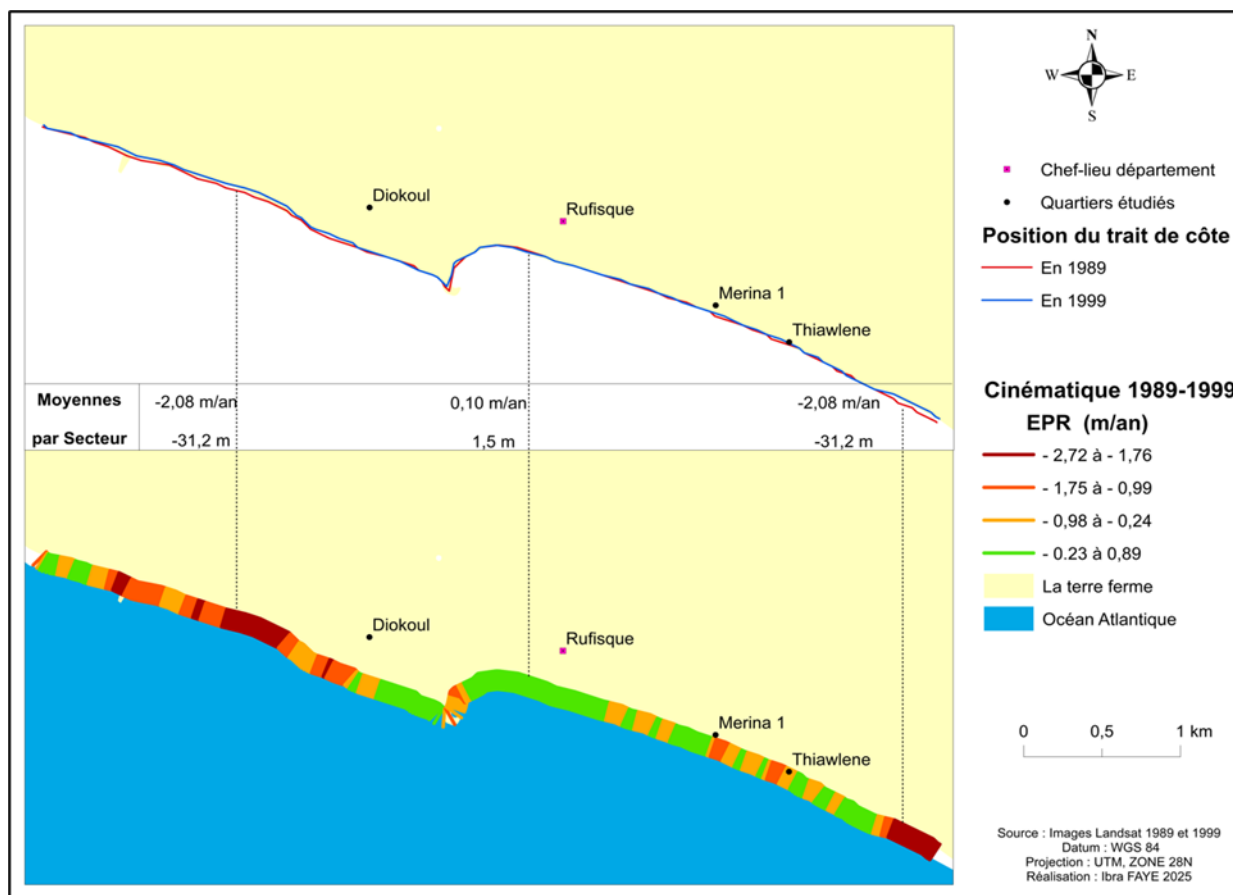


Figure 3 : Evolution spatio-temporelle du trait de côte sur la période 1989-1999

Ces dynamiques régressives s'expliquent principalement par un déficit sédimentaire chronique, accentué par la réduction des apports fluviaux, l'urbanisation croissante du front de mer et les extractions de sable observées durant cette période (Sy et al., 2021). La stabilité apparente de la baie centrale de Rufisque pourrait résulter d'un effet de piégeage sédimentaire local, lié à la morphologie en demi-cuvette du rivage et à la présence d'ouvrages portuaires et de digues qui limitent localement la dérive littorale (Ndour et al., 2023). Néanmoins, cette accalmie reste fragile, car les structures de protection ont souvent pour effet de transférer les processus érosifs vers les zones adjacentes, aggravant la régression côtière en périphérie (Dacosta et al., 2020).

Analyse morphodynamique du littoral de Rufisque entre 1999 et 2009

La période 1999-2009 marque une inflexion notable dans la dynamique du littoral de Rufisque, caractérisée par une stabilisation globale du trait de côte, voire une tendance à l'accrétion localisée dans certains secteurs (figure 4). Les résultats issus du traitement DSAS montrent en effet

une progression moyenne de 2,57 m/an dans la zone de Diokoul, une quasi-stabilité du rivage dans les secteurs de Rufisque (0,08 m/an) et Thiawllène (0,08 m/an). Sur l'ensemble de la période, cela représente un gain cumulé de 28,27 m à Diokoul, contre seulement 0,88 m dans les deux autres zones. Cette dynamique positive, s'expliquerait par une redistribution sédimentaire locale et par les effets cumulatifs des aménagements côtiers mis en place à la fin des années 1990.

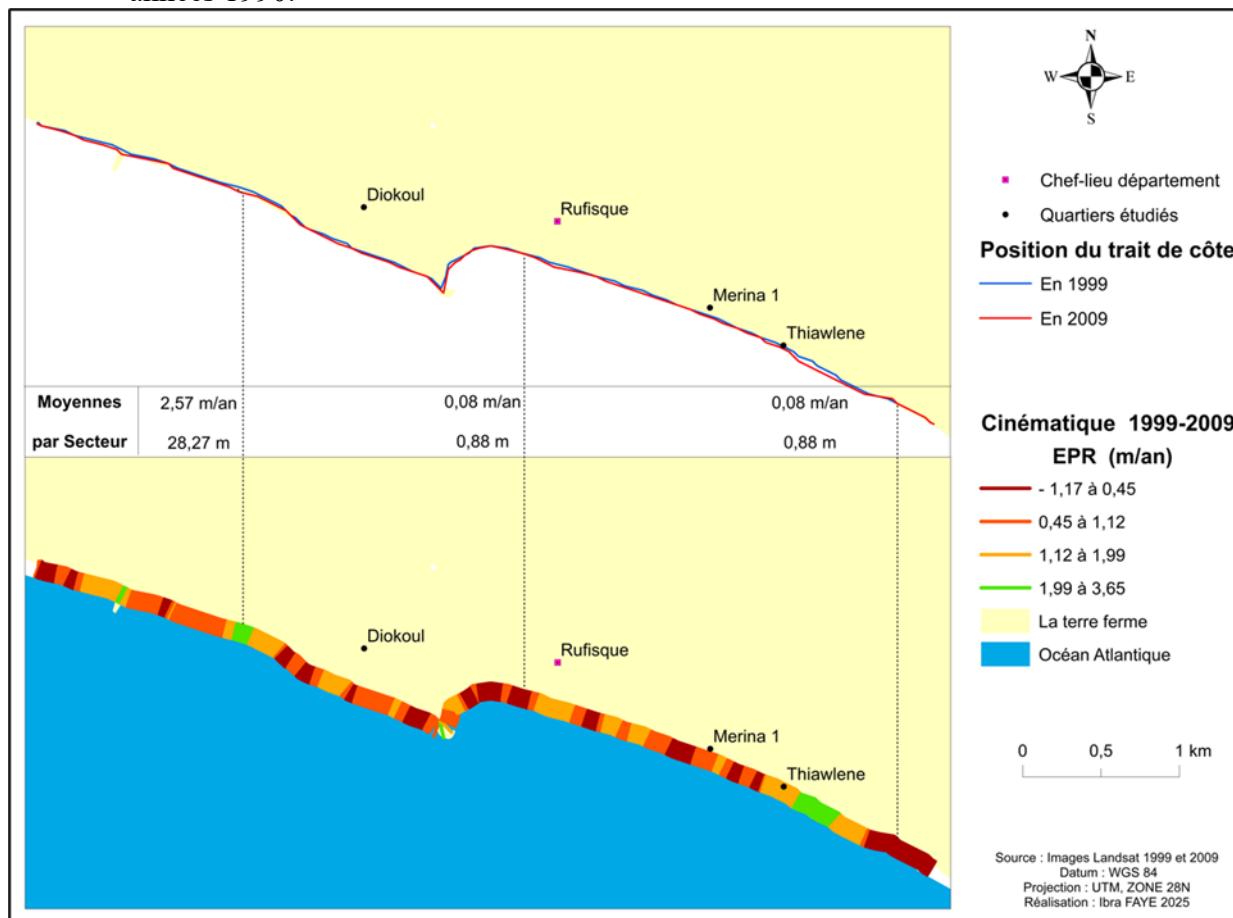


Figure 4 : Evolution spatio-temporelle du trait de côte sur la période 1999-2009

Les ouvrages de protection (épaves, digues, murs de soutènement) auraient favorisé une accumulation temporaire de matériaux sableux dans les zones protégées, en réduisant localement l'énergie de la houle (Ndour et al., 2023). Toutefois, cette stabilisation apparente demeure spatialement hétérogène, car plusieurs segments restent marqués par des vitesses négatives (jusqu'à -1,17 m/an), notamment aux marges non protégées de la côte. D'un point de vue morphodynamique, cette période peut être interprétée comme une phase de réajustement sédimentaire, où les apports naturels et les effets

d'aménagements artificiels se combinent pour produire une accalmie temporaire dans le processus érosif. Toutefois, les études menées sur les littoraux ouest-africains suggèrent que ces tendances d'accrétion localisée sont souvent éphémères et réversibles, dépendant fortement de la maintenance des ouvrages et de l'évolution du climat marin (Udo & Hinkel, 2021).

Analyse morphodynamique du littoral de Rufisque entre 2009 et 2024

La période 2009-2024 s'inscrit ainsi dans la continuité d'un processus d'érosion depuis les années 1970, mais avec des intensités variables selon la présence ou non d'infrastructures de protection. La vitesse moyenne de $-0,018$ m/an observée sur le tronçon de Rufisque traduit une stabilité relative du rivage, correspondant à une faible dynamique érosive (figure 5). Cette stabilité apparente pourrait résulter de la présence d'ouvrages de protection (digues, enrochements, murs de soutènement) mis en place dans la zone urbaine pour contrer la forte érosion enregistrée lors des décennies précédentes.

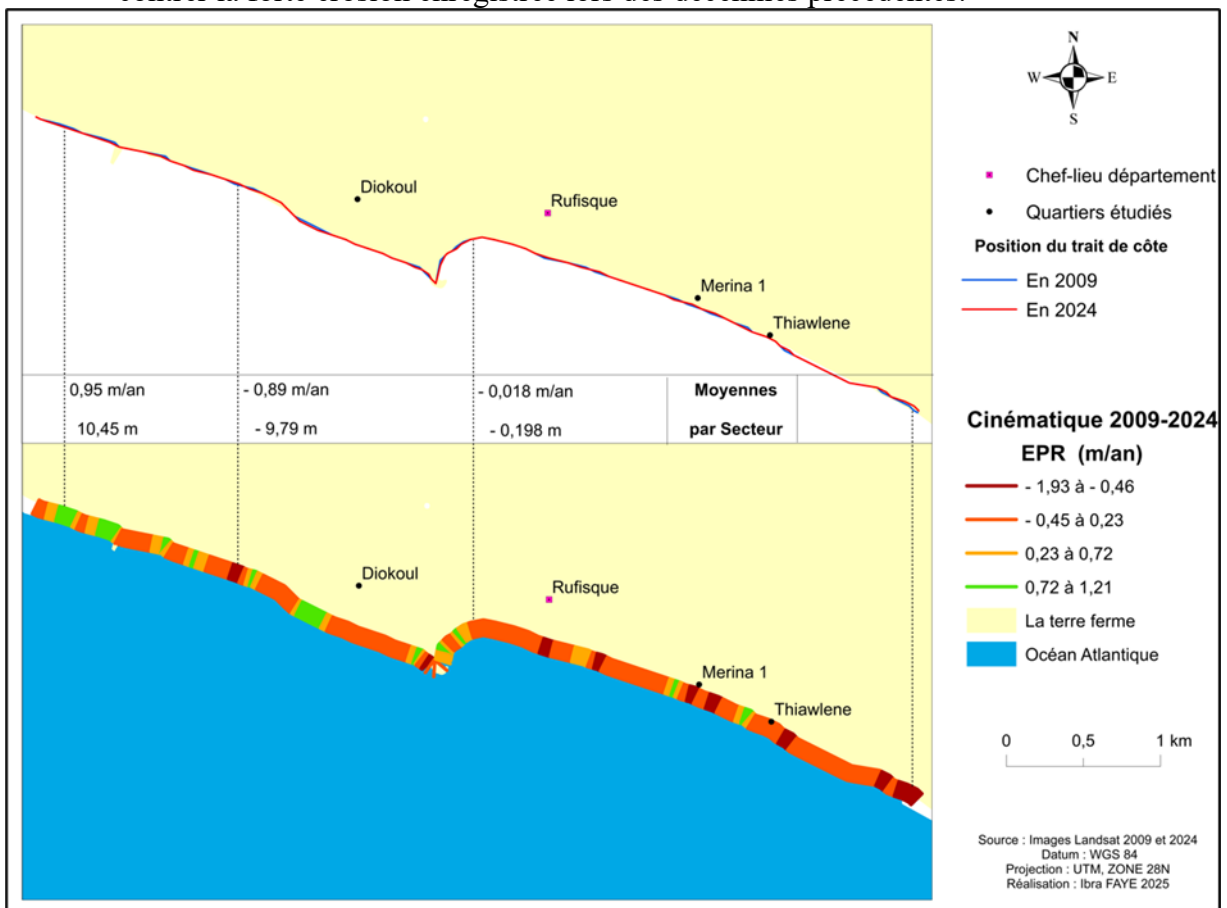


Figure 5 : Evolution spatio-temporelle du trait de côte sur la période 2009-2024

En revanche, les secteurs de Thiawllène et Diokoul présentent des vitesses de recul de -0,89 m/an (soit un recul cumulé de 9,79 m sur la période). Ces valeurs témoignent d'une érosion côtière active et d'une instabilité morphodynamique accrue dans ces portions du littoral. Ces zones, plus exposées à la houle atlantique et faiblement protégées par des infrastructures côtières, subissent une dissipation énergétique importante des vagues, accentuée par la déficience en sédiments. Cette tendance confirme la vulnérabilité structurelle du littoral de Rufisque, déjà identifiée dans plusieurs études (Anthony et al., 2015), où les pressions anthropiques (occupation urbaine anarchique, extraction de sable, constructions en bordure immédiate de la plage) conjuguées aux forçages climatiques (élévation du niveau marin, intensification de la houle, modification des régimes de vent) accélèrent le recul du trait de côte.

L'analyse comparative des quatre périodes chronologiques révèle une évolution contrastée du trait de côte à Rufisque, marquée par une alternance entre phases d'érosion intense et phases de relative accrétion (tableau 3). Ces dynamiques traduisent à la fois la variabilité des forçages océaniques et l'accroissement des pressions anthropiques tout au long du littoral.

Tableau 3 : Bilan morpho sédimentaire du littoral de Rufisque : comparaisons inter-décennales des dynamiques côtières (1979-2024)

Périodes	Moyennes par période (m/an)		Nombre de transect		Total érosion par période en m	Total accrétion par période en m
	Erosion	Accrétion	En érosion	En accrétion		
1979-1989	-3,33	2,11	630	17	-2102,52	36,03
1989-1999	-1,04	0,17	446	187	-464,46	31,79
1999-2009	-0,46	0,97	19	616	-8,78	600,29
2009-2024	-0,63	0,25	129	508	-81,34	128,42
Evolution globale (1979-2024)	-0,39	0,13	507	126	-279,20	17,07

La période 1979-1989 se distingue nettement comme la phase la plus critique de l'évolution côtière. Le taux moyen d'érosion atteint -3,33 m/an, soit un niveau largement supérieur aux seuils couramment rapportés dans les littoraux sableux d'Afrique de l'Ouest (Faye, 2010). Sur les 630 transects en érosion (contre seulement 17 en accrétion), le recul cumulé atteint -2102,52 m, révélant une dynamique régressive massive. Le caractère dominant de l'érosion suggère un déficit sédimentaire, renforcé par l'absence de structures de dissipation de l'énergie hydrodynamique. L'accrétion demeure marginale (36,03 m), indiquant que les apports sédimentaires naturels étaient insuffisants pour compenser la forte dérive littorale.

Entre 1989 et 1999, le taux moyen d'érosion chute à $-1,04$ m/an, traduisant une atténuation notable par rapport à la décennie précédente. Toutefois, la dynamique reste dominée par l'érosion (446 transects en recul contre 187 en accrétion), avec un total de $-464,46$ m de pertes sédimentaires. L'accrétion augmente légèrement ($31,79$ m), mais demeure insuffisante pour compenser l'érosion dominante. Cette période révèle un ralentissement mais non une inversion des tendances régressives. La période 1999-2009 marque un tournant majeur avec l'apparition d'une tendance globalement constructive. Le taux moyen d'accrétion atteint $0,97$ m/an, tandis que l'érosion reste faible ($-0,46$ m/an). Cette phase est caractérisée par 616 transects en accrétion contre 19 en érosion, avec un gain cumulé de $600,29$ m. Cette décennie représente une fenêtre de stabilisation relative, probablement induite par des changements hydrodynamiques ou anthropiques (piégeage sédimentaire lié à la construction ou à la consolidation d'ouvrages de protection). Après la phase constructive de 1999-2009, la période 2009-2024 présente un retour à l'érosion, avec un taux moyen de $-0,63$ m/an. Malgré un nombre élevé de transects en accrétion (508), l'érosion (129 transects) domine en intensité, avec $-81,34$ m de pertes cumulées. L'accrétion enregistrée ($128,42$ m) n'équilibre pas les secteurs les plus exposés, ce qui suggère une reprise des conditions énergétiques défavorables (houles plus fréquentes), les limites des ouvrages de protection existants, parfois dépassés, une artificialisation accrue du littoral réduisant les capacités naturelles de résilience. Cette période indique une vulnérabilité persistante, malgré la présence d'apports sédimentaires localisés.

Sur l'ensemble de la période d'étude, le taux global d'évolution du trait de côte est de $-0,39$ m/an, confirmant la prédominance d'une dynamique régressive à long terme. Les 507 transects en érosion concentrent un total de $-279,20$ m, nettement supérieur aux gains limités de l'accrétion ($17,07$ m pour 126 transects). Sur 45 ans, l'érosion domine, malgré une phase d'accrétion notable au début des années 2000.

Impacts environnementaux de l'évolution du littoral de Rufisque ***Modifications environnementales observées***

Les agents hydrodynamiques entraînent des modifications sur les différentes unités paysagères dans la côte de Rufisque. En effet, on observe globalement une érosion favorisée par la nature sableuse de ces plages marquées par un décapage des microfalaises dunaires bordant une bonne partie de la plage de Bata ainsi qu'un recul de la végétation qui les colonise (photographie 1). Par ailleurs, la côte de Rufisque est bordée par des dunes noires, sensibles aux mouvements de masse. Ces mouvements peuvent se manifester par des effondrements, des éboulements, des dérochements et des

ravinements. Ces phénomènes affectent généralement les côtes à cordons sableux avec une hauteur qui varie selon la cohérence du substrat.

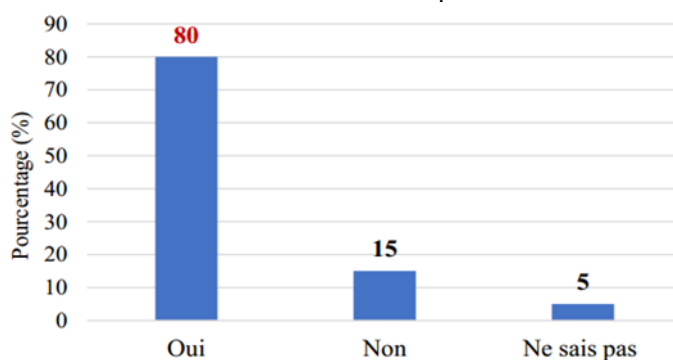
Photographie 1 : Erosion par sapement de microfalaies dunaires sur la plage de Bata



Source : Cliché Faye, Septembre, 2023

En revanche, les littoraux marqués par un recul de la végétation subissent des éboulements suite à un ruissellement issu d'une forte précipitation. Ce qui se manifeste par des changements environnementaux bien perçus par les habitants de la zone d'étude. Ainsi, 80% de la population interrogée confirment avoir observé des changements environnementaux sur le littoral de Rufisque (figure 6).

Figure 6 : Perception de la population sur les changements environnementaux observés sur le littoral de Rufisque



Source : Enquêtes de terrain, 2023

De ce fait, le littoral de Rufisque est caractérisé par une morpho dynamique côtière, ce qui laisse apparaître une modification de son environnement naturel.

Une régression de la végétation littorale

La côte de Rufisque est aussi soumise à une perte importante de sa végétation naturelle, étant donné que celle-ci marque la limite supérieure de la

plage (photographie 2). Ce qui traduit une vulnérabilité progressive de la côte, car la végétation naturelle joue un rôle de grande capacité de résistance face aux agressions marines. En plus, la croissance démographique et le développement industrielle dans la zone littorale de Rufisque accentue entre autres le déséquilibre de l'environnement du littoral de Rufisque, traduisant ainsi un déficit sédimentaire et de matières organiques de la plage. Ce qui augmente davantage la sensibilité des formations végétales face aux impacts de l'avancée de la mer.

Photographie 2 : (A) Recul de la végétation par sapement des vagues ; (B) mortalité de la végétation par la pression anthropique



Source : Cliché Faye, Septembre, 2023

Des submersions marines sur le littoral de Rufisque

En plus de ce recul de la végétation naturelle, certains événements se produisent lorsqu'il y a un débordement du jet de rive ou une rupture des digues ou autres types d'ouvrages de protection. Dans certains segments caractérisés par une faible pente, on observe des zones submergées lors des phénomènes extrêmes (photographie 3).

Photographie 3 : Des phénomènes de submersion marine à Diokoul



Source : Cliché Faye, Septembre, 2023

Ces événements sont principalement liés à l'action du vent sur le plan d'eau et de la pression atmosphérique. En effet, la chute de la pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau de la mer plus connu sous le phénomène de baromètre inverse (Sarr, 1998). Ainsi, les vagues générées au large par le vent, se propagent vers la côte et déferlent. Elles transfèrent leurs énergies au plan d'eau, ce qui entraîne une surélévation moyenne du niveau de la mer « *wave set-up* » ou une surcote liée aux vagues, pouvant s'élever à plusieurs dizaines de centimètres de hauteur. Ces perturbations et modifications environnementales se produisent dans un milieu dans lequel des activités socioéconomiques sont développées. Ces activités sont également impactées.

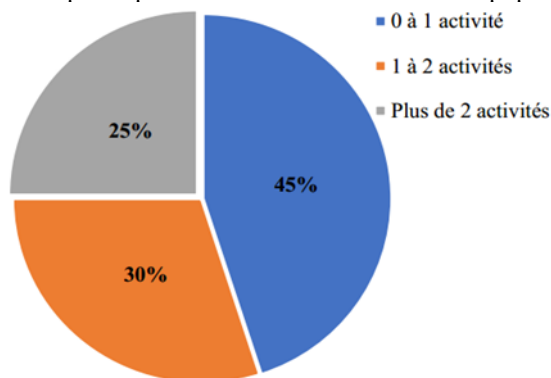
Impacts socio-économiques issus de l'évolution du littoral

D'importantes activités socio-économiques se développent sur les plages de Rufisque. Mais celles-ci sont menacées par l'érosion côtière.

Impacts sur les activités liées à la pêche

Les activités liées à la pêche sont plus exercées sur le littoral de Rufisque. Elles sont pratiquées par plus 60 % de la population locale. Les pêcheurs autochtones sont confrontés à d'énormes problèmes liés au recul du trait de côte. Les débarcadères des pirogues sont envahis par la menace des vagues, ce qui entraîne leur déplacement à plusieurs reprises. Ces déplacements rendent plus difficiles les conditions d'accès à la mer et l'amarrage des pirogues (figure 7). Les enquêtes auprès des populations ciblées révèlent une perte importante d'activités et matériels de pêche. La figure 14 nous révèle que 45 % de la population interrogée confirme avoir perdu au moins une activité exercée au bord de la mer à cause de l'érosion côtière.

Figure 7 : Nombre d'activités perdu par l'avancée de la mer selon les populations interrogées



Source : Enquêtes de terrain, 2023

Destruction des biens sociaux, des impacts de l'avancée de la mer

Ainsi, les populations riveraines de la ville de Rufisque voient certains de leurs biens détruits par l'érosion côtière sous leurs regards impuissant (photographie 4). Ce qui constitue un manque à gagner pour la population qui y travaille étant donné que leurs activités sont menacées.

Photographie 4 : Érosion et dégâts associés sur l'école primaire de Mérina 1 et de l'usine Bata



Source : Cliché Faye, Septembre, 2023

Ainsi, en période de haute marée, l'eau déborde et envahit toute l'école primaire de Mérina (photographie 5.A) qui est déjà érodée en grande partie. Il en est de même pour l'usine Bata (photographie 5.B), à la sortie de Rufisque qui est déjà envahie par l'eau de mer. Ce qui constitue un manque à gagner pour la population qui y travaille étant donné que leurs activités sont menacées. En plus des dégâts matériels, l'érosion côtière a des conséquences sur l'habitat.

La destruction des habitations

L'avancée de la mer touche aussi les infrastructures d'habitations à l'image des maisons, des mosquées et des églises (photographie 5). Ce qui a incité les autorités administratives à envisager des mesures compensatrices à l'égard des familles les plus touchées. D'où le transfert des populations vers d'autres zones. C'est à ce sens que de nouveaux quartiers (Arafat I et Arafat II) ont été créés pour reloger les sinistrés ou les quartiers qui sont susceptibles de l'être contre les agressions des vagues.

Photographie 5 : Destruction des habitations sur la plage de Rufisque



Source : Cliché Faye, Septembre, 2023

Même si d'importants efforts de protection littorale ont été faits, l'avancée de la mer reste toujours un fardeau pour les communautés comme le montrent ces bâtiments effondrés et abandonnés. Ainsi, les rejets industriels et domestiques notés sur le littoral de Rufisque perturbent son équilibre biologique. Cela contribue à une augmentation de la biomasse et à la diminution de l'oxygène sur la plage.

Des plages polluées, une entrave des activités socioéconomiques dans la zone côtière de Rufisque

L'utilisation des plages de Rufisque comme exutoires naturels des ordures ménagères et industrielles engendre une pollution sur le littoral et dont les conséquences sont énormes. Celles-ci touchent les activités socioéconomiques, les conditions écologiques du milieu marin, mais aussi la santé publique. Non seulement ces déchets constituent une entrave pour les activités socioéconomiques, mais aussi ils inhibent le développement de la faune marine. Il est donc nécessaire de prendre des dispositions pour la gestion et la protection du littoral, pour rendre ce milieu côtier sain, esthétiquement viable et vivable.

Discussion

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la dynamique spatio-temporelle du trait de côte à Rufisque sur la période 1979-2024, afin de comprendre les mécanismes physiques et anthropiques qui gouvernent son évolution et d'en mesurer les implications sur la durabilité du littoral. Cette approche diachronique vise à mettre en évidence les tendances érosives et accrétées, en les confrontant aux dynamiques environnementales et socio-

économiques locales. L'analyse diachronique révèle une tendance générale à la régression du trait de côte, avec un taux moyen de recul estimé à 0,39 m/an. Ce rythme de recul traduit une érosion littorale persistante, confirmant la forte vulnérabilité de ce segment du littoral sénégalais. Ces résultats convergent avec ceux de Koulibaly et Ayoade (2021), qui ont observé un recul atteignant -6,25 m/an entre 1978 et 1988, suivi d'une phase d'accrétion modérée (1,43 m/an entre 2008 et 2018). Malgré des divergences de périodes, ces tendances confirment la prévalence du processus érosif sur le long terme.

Les déterminants naturels de la régression côtière

Le rôle de l'hydrodynamisme marin

Les modifications morphodynamiques observées à Rufisque résultent largement de l'action combinée des houles, des vagues, des marées et des courants côtiers (Diop-Niang, 1995 ; Sarr, 1998). Ces forçages météo marins, dont la direction et l'intensité varient selon les saisons, gouvernent le transport sédimentaire et conditionnent la stabilité du rivage.

a) Les houles du nord-ouest

Les houles du nord-ouest, générées par les alizés (maritime et continentale) et prédominantes durant la saison sèche, atteignent la côte sénégalaise après une rotation autour de la presqu'île du Cap-Vert (Diop-Niang, 1995). Ce phénomène de réfraction et de diffraction, observé aux pointes des Almadies, de Bel-Air et de Cap Manuel, entraîne une dissipation progressive de l'énergie des vagues, mais provoque également un déplacement des sédiments vers le sud de la presqu'île. Cette redistribution différentielle du stock sédimentaire contribue au déséquilibre du budget sédimentaire des plages de Rufisque.

b) Les houles du sud-ouest

À l'inverse, les houles du sud-ouest, plus actives durant la saison humide (juillet à octobre), sont associées à de fortes précipitations et à une turbulence accrue du plan d'eau (Faye, 2010). Leur incidence sur le littoral de Rufisque est amplifiée par l'ouverture directe de la baie sur l'océan Atlantique. Ces houles génèrent une érosion frontale intense, entraînant des pertes sédimentaires notables et des dommages matériels dans les quartiers côtiers tels que Thiawène et Diokoul.

c) L'action des vagues et des courants côtiers

Les vagues, issues de la transformation des houles, exercent une pression mécanique directe sur les matériaux de la plage, accentuant le déchaussement sédimentaire (Stafford & Langfelder, 1971). Les travaux de terrain réalisés en Août 2023, nous permettent d'affirmer que les courants littoraux orientés de l'Ouest vers l'Est sont responsables d'un transit sédimentaire longitudinal qui, en l'absence d'apports suffisants, accélère la régression du trait de côte. Ces mécanismes hydrodynamiques, couplés à la

faible topographie et à la nature meuble des dépôts (Sarr, 1998), rendent le littoral particulièrement instable.

Les pressions anthropiques et leurs effets cumulatifs

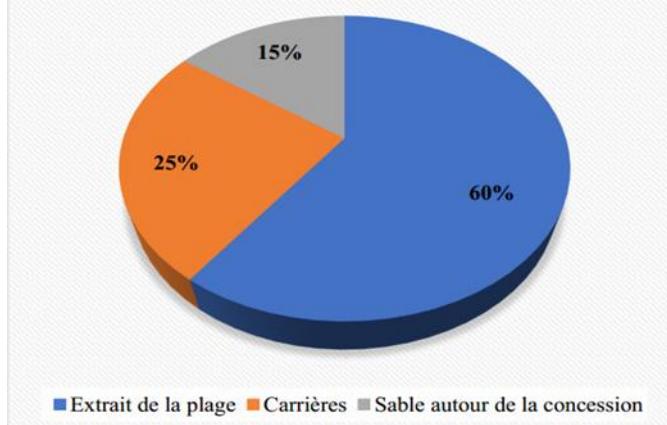
L'urbanisation et l'artificialisation du littoral

La croissance urbaine rapide de Rufisque, conjuguée à l'absence de planification côtière, a entraîné une occupation anarchique du domaine public maritime. Les extensions d'habitats et infrastructures au bord de mer ont réduit l'espace tampon naturel, amplifiant les effets des houles et favorisant le recul du trait de côte (Cissé, 2022).

L'extraction illégale de sable et de coquilles

Les enquêtes de terrain (2023) révèlent que 60 % des ménages utilisent du sable prélevé directement sur les plages pour la construction, contre seulement 25 % provenant de carrières réglementées (figure 8). Cette exploitation massive modifie les apports sédimentaires et déséquilibre le budget littoral, favorisant la régression de la plage.

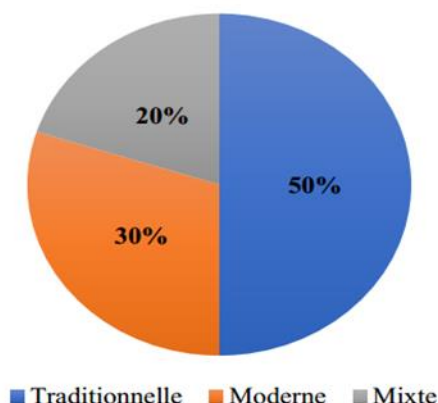
Figure 8 : Origine du sable utilisé pour la construction des maisons



Source : Enquêtes de terrain, 2023

Les coquilles extraites sont également utilisées pour la fabrication de briques locales et d'ouvrages traditionnels de protection, accentuant ainsi la déstructuration morpho-sédimentaire du rivage. Cette extraction du sable de plage s'explique par le fait que 50 % de la population rencontrée disposent des constructions traditionnelles dont le sable utilisé est extrait des plages ; 30 % des maisons sont de type moderne, contre 20 % de constructions mixtes (figure 9).

Figure 9 : Types de construction des concessions dans la zone littorale de Rufisque



Source : Enquêtes de terrain, 2023

Les ouvrages côtiers et la perturbation du transit sédimentaire

Les structures perpendiculaires au rivage (épis, canaux, digues) modifient la dynamique naturelle des plages. Parmi les plus significatives, on note : la digue de la pointe de Bel-Air (environ 350 m de longueur) ; les canaux d'alimentation en eau des centrales du Cap des Biches et des Industries Chimiques du Sénégal (200 m chacun) et la digue frontale de Thiawllène récemment construite. Ces aménagements, en interrompant la dérive littorale, provoquent une accumulation sédimentaire en amont (effet de piège) et une érosion accrue en aval (effet de déficit sédimentaire). Ce phénomène est bien documenté par Duvat (2001), Balouin et al. (2012) et Poate et al. (2013), qui démontrent que les ouvrages rigides, loin de stabiliser durablement les côtes, déplacent spatialement l'érosion et accentuent les déséquilibres sédimentaires.

Conséquences socio-environnementales

L'érosion affecte directement les infrastructures, les activités économiques (pêche artisanale, tourisme), mais aussi les espaces patrimoniaux, tels que les cimetières côtiers de Diokoul et Thiawllène. La dégradation du cadre de vie entraîne une perte progressive des activités maritimes et une vulnérabilité accrue des populations face aux aléas de submersion marine.

Le recul du trait de côte à Rufisque apparaît comme le résultat d'interactions complexes entre dynamiques naturelles (forçages météo marins, hydrodynamisme, déficit sédimentaire) et pressions anthropiques (urbanisation, extractions, aménagements). Ces interactions entraînent un déséquilibre sédimentaire chronique, déjà évoqué par Niang-Diop (1995), qui soulignait la difficulté de caractériser un fonctionnement morphodynamique régulier à partir de séries temporelles discontinues. Cette situation met en

évidence la nécessité d'une gestion intégrée du littoral, articulée autour de la restauration sédimentaire, du contrôle des activités extractives et d'une planification spatiale adaptée aux aléas côtiers. Une telle approche, fondée sur la connaissance fine des processus morphodynamiques, constitue la condition essentielle pour renforcer la résilience écologique et socio-économique du littoral de Rufisque.

Conclusion

L'analyse morphodynamique du littoral de Rufisque sur la période 1979-2024 met en évidence une évolution régressive du trait de côte, démontrée par les mesures issues du traitement diachronique des images satellitaires. Le traitement des images montre en effet que le segment mesuré est en recul, avec des taux moyens variant entre -0,35 et -1,2 m/an dans les secteurs de Thiawlène et de Diokoul. Ces taux traduisent une érosion active confirmée par les observations de terrain (structures effondrées, perte de sable en pied de plage). Cette dynamique régressive résulte de l'interaction entre des facteurs hydro sédimentaires et anthropiques, dont les effets cumulatifs modifient profondément la répartition et le transit des sédiments. Sur le plan naturel, l'action combinée des houles dominantes du nord-ouest et du sud-ouest, la faible topographie et la mobilité du substrat sableux expliquent la vulnérabilité accrue du littoral. Ces contraintes naturelles sont amplifiées par des pressions anthropiques croissantes : urbanisation non planifiée, extraction de sable, ouvrages rigides (digues, canaux, épis) perturbant la dérive littorale, et réduction des espaces végétalisés. Les résultats montrent également une variabilité spatiale des dynamiques : les plages de Thiawlène présentent les taux de recul les plus élevés, tandis que les secteurs occidentaux (proximité du Cap des Biches) conservent une relative stabilité, grâce à un haut de plage plus large et à un volume sédimentaire plus conséquent, capables de dissiper l'énergie des vagues. Sur le plan environnemental, cette évolution entraîne une fragilisation des écosystèmes côtiers, notamment la disparition progressive des herbiers et la dégradation des habitats. Sur le plan socio-économique, l'érosion se traduit par la perte d'infrastructures côtières, la réduction des espaces habitables et la menace directe sur les activités de pêche, de commerce et de tourisme, piliers de l'économie locale. Les mesures d'adaptation existantes (ouvrages de protection, rechargement en sable, initiatives communautaires) restent insuffisantes au regard de l'ampleur et de la vitesse des transformations observées. Ces actions, souvent curatives, n'abordent pas les causes structurelles du déséquilibre sédimentaire. Ainsi, les résultats de cette étude démontrent que l'érosion du littoral de Rufisque n'est pas un phénomène ponctuel, mais un processus morphodynamique continu nécessitant une réponse intégrée. Il apparaît impératif de promouvoir une gestion concertée et anticipative du littoral, fondée sur la restauration des

apports sédimentaires naturels, la planification urbaine adaptée aux risques côtiers et la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature (stabilisation végétale, dunes artificielles, reconstitution des zones humides). Une telle approche, soutenue par des dispositifs de suivi géospatial et participatif, permettra de renforcer la résilience des communautés littorales et de contribuer à un développement durable du territoire côtier.

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. Anthony, E. J. (1998). *Sediment dynamics and coastal morphodynamics*. Progress in Physical Geography, 22 p.
2. Anthony, E. J., Almar, R., & Aagaard, T. (2015). Recent advances in the understanding of nearshore processes and their controls on beach and shoreface morphodynamics. *Earth-Science Reviews*, pp. 1-36. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.09.004>
3. Balouin, Y., Duvat, V., & Anthony, E. (2012). *Les ouvrages côtiers : efficacité, impacts et durabilité*. *Revue de Géographie de l'Environnement Littoral*, 13 p.
4. Barry, I. (2017). *Vulnérabilité des zones côtières sénégalaises face à l'érosion marine* (Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 123 p.).
5. Bird, E. (2008). *Coastal geomorphology: An introduction*. John Wiley & Sons, 411 p.
6. Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: A review. *Journal of Coastal Research*, 21p, <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>
7. Cissé, M. (2022). *Urbanisation et vulnérabilité côtière dans la presqu'île du Cap-Vert* (Mémoire de Master, Université Assane Seck de Ziguinchor, 98 p.).
8. Crowell, M., Leatherman, S. P., & Buckley, M. K. (1997). Historical shoreline change: Error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 13p.
9. Dacosta, H., Ndiaye, P., & Sadio, M. (2020). *Évolution récente du trait de côte sur la Petite Côte sénégalaise* (Rapport de recherche, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 28 p.).

10. Diallo, A. (2009). *Climat et végétation de la presqu'île du Cap-Vert* (Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 95 p.).
11. Diatta, M. (2013). *Méthodes d'échantillonnage en géographie humaine*. Université de Ziguinchor, 76 p.
12. Diaw, A. T. (1997). *Dynamique urbaine et risques environnementaux à Rufisque* (Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 110 p.).
13. Diop, E. S. (1995). *Le littoral sénégalais : évolution et dynamique*. Dakar: IFAN, 152 p.
14. Diop, E. S., Niang, A. D., & Sarr, A. (2013). *Les littoraux d'Afrique de l'Ouest : Entre risques et aménagements*. Dakar: Enda Éditions, 210 p.
15. Diop-Niang, A. D. (1995). *La morphodynamique du littoral sénégalais* (Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 317 p.).
16. Dolan, R., Fenster, M. S., & Holme, S. J. (1991). Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 7p.
17. Duvat, V. (2001). *Les littoraux tropicaux : dynamiques, pressions et gestion*. Paris: Armand Colin, 189 p.
18. Faye, I. (2010). *Étude morphodynamique du littoral sénégalais : cas de la baie de Hann* (Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 137 p.).
19. Kane, A. (2015). *Activités économiques et mutations urbaines à Rufisque* (Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 121 p.).
20. Koulibaly, A., & Ayoade, J. O. (2021). Analyse diachronique du trait de côte sur le littoral sénégalais. *Revue Africaine de Géosciences*, 14p.
21. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25p, <https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>.
22. Ndam, J. P., Sarr, A., & Barry, I. (2019). *Méthodes quantitatives et qualitatives d'échantillonnage en géographie*. Dakar: L'Harmattan, 202 p.
23. Ndiaye, P., Sarr, A., & Diop, E. (2021). Dynamiques sédimentaires et risques côtiers sur la presqu'île du Cap-Vert. *Revue Ouest-Africaine des Sciences de la Mer*, pp. 55-70.
24. Ndour, A., Sadio, M., & Faye, I. (2023). Analyse morphodynamique et gestion intégrée du littoral sénégalais. *Revue de Géomatique et Environnement*, 12p.
25. Niang-Diop, I. (1995). *Vulnérabilité du littoral sénégalais face aux changements climatiques* (Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 477 p.).

26. Poate, T. G., Masselink, G., & Russell, P. (2013). Morphodynamic variability on high-energy macrotidal beaches. *Marine Geology*, pp. 53-68, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2013.09.001>.
27. Sadio, M., Dacosta, H., & Ndiaye, P. (2017). Stabilité du trait de côte et ouvrages de protection au Sénégal. *Revue Sénégalaise de Géographie*, 15p.
28. Sarr, K. (1998). *Les dynamiques littorales du Cap-Vert : morphologie, processus et impacts* (Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 117 p.).
29. Stafford, D. B., & Langfelder, J. (1971). Coastal processes and beach morphology. *Coastal Engineering Proceedings*, 12p.
30. Sy, O., Dacosta, H., & Ndiaye, P. (2021). Érosion côtière et gestion intégrée sur la côte sénégalaise. *Revue Ouest-Africaine de Géographie*, 9p.
31. Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0: An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278, <https://doi.org/10.5066/P13WIZ8M>, 50p.
32. Thior M. (2020) : *Dynamique du littoral de la Casamance : caractéristiques morphodynamiques, changements environnementaux et impacts socioéconomiques* (Thèse de Doctorat, Université Assane Seck de Ziguinchor, 388p).
33. Udo, K., & Hinkel, J. (2021). Impacts of sea-level rise on coastal erosion: Global and regional assessments. *Sustainability*, 13(5), pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/su13052678>.
34. Weissenberger, S., Morand, P., & Thumerelle, P. J. (2016). *Géographie et environnement : concepts et méthodes*. Paris: Armand Colin, 59 p.

Territorializing Aquatic Biodiversity: Local Ecological Knowledge (LEK) and Elasmobranch Distribution in the Kango Estuary (Gabon)

Teddy Tanguy Mbeng Mendene

Laboratory of Geomatics, Applied Research and Consulting,
Faculty of Arts and Humanities, Omar Bongo University, Gabon
Aquatic Species NGO, Carrefour Lalala, Libreville, Gabon

Judicael Regis Kema Kema

Aquatic Species NGO, Carrefour Lalala, Libreville, Gabon
Laboratory of Spatial Analysis and Tropical Environments,
Faculty of Arts and Humanities, Omar Bongo University, Gabon
Gabonese Agency for National Parks, Haut de Gué Gué, Libreville, Gabon

Marjolaine Okanga Guay

Laboratory of Geomatics, Applied Research and Consulting,
Faculty of Arts and Humanities, Omar Bongo University, Gabon

Igor Akendengue Aken

Laboratory of Geomatics, Applied Research and Consulting,
Faculty of Arts and Humanities, Omar Bongo University, Gabon
Aquatic Species NGO, Carrefour Lalala, Libreville, Gabon

Mvomo Minko Youri

Wildlife Conservation Society (WCS) Gabon Program, Libreville, Gabon
Animal Science, Laboratory of Hydrology and Ichthyology, IRAF,
CENAREST, Libreville, Gabon

Nkollo-Kema Kema Christy Achtone

Laboratory of Geomatics, Applied Research and Consulting,
Faculty of Arts and Humanities, Omar Bongo University, Gabon
Aquatic Species NGO, Carrefour Lalala, Libreville, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p123](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p123)

Submitted: 27 October 2025
Accepted: 28 November 2025
Published: 31 December 2025

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

Cite As:

Mbeng Mendene, T. T., Kema Kema, J. R., Okanga Guay, M., Akendengue Aken, I., Minko Youri, M., & Nkollo-Kema Kema, C. A. (2025). *Territorializing Aquatic Biodiversity: Local Ecological Knowledge (LEK) and Elasmobranch Distribution in the Kango Estuary (Gabon)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 123.
<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p123>

Abstract

Elasmobranchs (sharks and rays) are ecologically and socio-economically important, yet their distribution in Central African estuarine systems remains poorly documented. This study investigated the spatial and seasonal distribution of elasmobranchs in the Komo Estuary (Kango, Gabon) using Local Ecological Knowledge (LEK) derived from semi-structured interviews with 30 artisanal fishers, complemented by participatory mapping and GIS analyses. Four species consistently reported by fishers, *Fontitrygon ukpam* (*F. ukpam*), *Fontitrygon margaritella* (*F. margaritella*), *Carcharhinus leucas* (*C. leucas*), and *Sphyrna lewini* (*S. lewini*), were treated as focal because they represented all elasmobranch taxa detected in the system and accounted for 100% of observations. Among them, *F. ukpam* was the most widespread and frequently cited ($40 \pm 5\%$ of all mentions, CI: 95%), occurring from the estuary to upstream freshwater zones. *F. margaritella* represented $20 \pm 7\%$ (CI: 95%) of reports and, together with *C. leucas* ($\approx 10 \pm 3\%$, CI: 95%), was concentrated in warm, saline lower-estuary waters. *S. lewini* was rarely reported ($<5\%$ of occurrences). Although no statistically significant differences were detected between wet- and dry-season assemblages, the dry season exhibited a descriptive tendency toward slightly higher richness. Temperature and salinity emerged as key abiotic drivers, while prey availability, turbidity, and fishing pressure likely modulated species distributions. Spatial analyses highlighted localized aggregation zones not detectable through conventional surveys, demonstrating the value of LEK as a robust spatial dataset. Beyond documenting ecological patterns, fisher knowledge also reflected lived territorialities, linking species ecology to the social appropriation of aquatic environments. This study underscores the dual ecological and geographical relevance of LEK, clarifies species–environment relationships in a data-poor estuarine system, and identifies priority sectors for future monitoring and co-management.

Keywords: Elasmobranchs; Local Ecological Knowledge (LEK); Komo Estuary; Gabon; environmental geography

Introduction

Elasmobranchs (sharks and rays) occupy a central place in aquatic socio-ecosystems, functioning both as structuring predators and as essential fishery resources for coastal and riverine communities (Dedman *et al.*, 2024). Their vulnerability to anthropogenic pressures (overfishing, habitat degradation, and climate change) is now well established (Pacoureau *et al.*, 2021; Dulvy *et al.*, 2017). Despite their ecological and social importance, research on elasmobranchs in Central Africa remains limited and uneven,

concentrated almost exclusively along the marine coast. Yet, estuarine and riverine habitats are critical interfaces where ecological processes and social dynamics converge. These spaces are not only biological corridors for species reproduction, feeding, and migration, but also sites of intense human activity and local resource governance (Khojasteh *et al.*, 2025).

In Gabon, most available data concern marine environments, while estuarine systems, such as the Komo Estuary (the largest in the country), the Noya Estuary near Cocobeach and the Ogooué delta around Port-Gentil, remain poorly documented. Recent studies in southern Gabon (Mvomo Minko *et al.*, 2025) have described artisanal shark and ray catches and their biological traits, but little is known about how elasmobranchs use the transitional gradient linking the river, estuary, and marine zones. This lack of knowledge limits the understanding of their ecological role and of the socio-territorial processes through which local communities interact with these species. Addressing this gap requires an approach that simultaneously accounts for ecological distributions and spatial practices, thereby linking biogeography to the lived geography of aquatic environments.

This study draws on the conceptual triad of territorialization (Raffestin, 1986), production of space (Lefebvre, 1974), and lived space (Tuan, 1974) to interpret how species, environments, and societies co-produce estuarine territories. Within this framework, Local Ecological Knowledge (LEK) emerges as a crucial epistemic resource. It provides spatial and temporal insights derived from the daily experience of fishers, insights expressed through landmarks, concentration zones, and seasonal rhythms (Berkström *et al.*, 2019). Far from being merely anecdotal, LEK constitutes a vernacular geography of the aquatic world, which, when translated into cartographic and analytical forms, can complement and challenge conventional scientific representations (Rudlle & Davis, 2013). Integrating LEK into spatial analyses thus allows geography to bridge sensitive and embodied knowledge with quantitative and spatial methods.

Focusing on the case of Kango, town located upstream along the Komo River, (Estuaire Province, Gabon), this research seeks to document the spatial and seasonal distribution of elasmobranchs by mobilizing the knowledge of local fishing communities. It analyzed the environmental factors associated with the reported distributions and discussed how Local Ecological Knowledge (LEK), as a form of spatial and territorial knowledge, enriched the geographical analysis of socio-ecosystems. By combining the study of species distributions with the spatialization of local perceptions, this article situates itself at the crossroads of biogeography, concerned with the ecological patterns and gradients shaping species distributions, and environmental geography, attentive to the social appropriation, governance, and lived experience of aquatic environments.

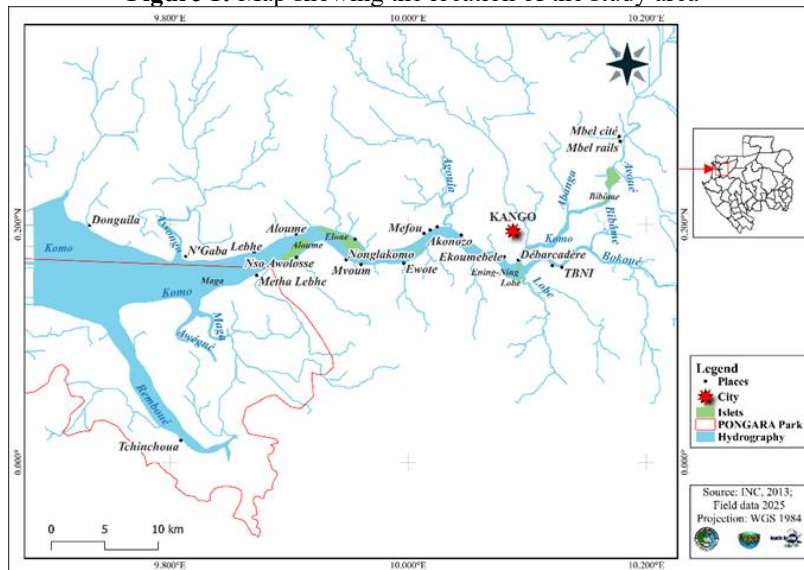
Methodology

Study area

The study was conducted in the Kango region, along the Komo River in Gabon's Estuaire Province, Komo-Kango Department (Figure 1). The Komo river, about 200 km long with a catchment of ~5,000 km², flows east–west into the Libreville Estuary and receives inputs from major tributaries such as the Mbéi and Remboué, as well as smaller streams (Avome, Abanga, Agoula, Elobé). The river is subject to semi-diurnal tides extending up to 120 km inland (Lerique, 1965). The Kango area is characterized by floodplains and swamp forests forming a mosaic of freshwater and brackish habitats, strongly influenced by tidal and salinity dynamics. Local soils, mainly ferrallitic and hydromorphic with marked acidity and low fertility (Delhumeau, 1969; Ndzengboro-Endamane *et al.*, 2023), limit agricultural potential, reinforcing communities' reliance on riverine and estuarine fisheries.

The hydro-climatic regime of Kango is characterized by a bimodal rainfall pattern: The region experiences a bimodal rainfall pattern characterized by two distinct rainy seasons, one major rainy season from September to November and a minor rainy season from March to May, alternating with two dry seasons, namely the major dry season from June to August and the minor dry season from December to February. (Maloba Makanga, 2010). Annual precipitation ranges between 2,000 and 3,000 mm. This combination of freshwater inputs, tidal intrusion, and high rainfall creates a dynamic environment particularly favorable for elasmobranchs, which exploit both riverine and brackish habitats.

Figure 1: Map showing the location of the study area



Study participants

Local perceptions of elasmobranch distribution were documented through semi-structured interviews with 30 artisanal fishers from the Kango area. Participants were selected using a combination of purposive and snowball sampling to ensure diversity in age, fishing experience, and fishing practices, and to capture a broad range of local ecological knowledge. Selection criteria required that fishers had at least five years of fishing experience, were regularly active within the study area, and demonstrated strong familiarity with local aquatic environments through their daily fishing activities.

Given the absence of an official registry of artisanal fishers in Kango, the principle of data saturation (Guest *et al.*, 2006) was applied to determine an adequate sample size. Initial respondents were identified and recruited through the Cooperative of Fishers of Kango (CPMK), which served as a reliable entry point into the community.

Semi-structured interviews

Semi-structured interviews were chosen as the primary method of data collection, as they allow flexibility to explore individual perceptions while maintaining comparability across respondents. A pre-designed questionnaire guided the interviews and focused on four main themes: (1) the socio-demographic and fishing characteristics of respondents (e.g., age, education level, cooperative membership, fishing gear); (2) the composition of elasmobranchs observed or captured, using a species identification guide; (3) the periods during which catches occurred; and (4) the geographic zones of elasmobranch observations and fishing activity, together with perceptions of habitat characteristics (e.g., temperature, salinity). To mitigate the uncertainty in fishers' reports regarding intermediate or atypical seasons, a dichotomous approach was adopted. Minor dry and rainy seasons were not treated separately because fishers' reports for these transitional periods lacked consistency, often overlapping in naming and timing. For analytical clarity, these intermediate periods were merged into the two dominant climatic regimes (major dry and major rainy seasons).

Interviews were conducted in French and local languages, with KoboCollect used only as a researcher-entered data-collection tool. Fishers did not interact with the application themselves; the enumerator entered responses during the interview, allowing full participation from respondents with limited literacy or no experience with digital devices. No administrative personnel intervened-the survey was entirely interviewer-administered.

Mapping and georeferencing

To complement qualitative interview data, a participatory mapping exercise was used to document the spatial distribution of elasmobranch

sightings. Fishers located observations and captures on a large-scale paper map of the Kango area that included major geographical landmarks, which facilitated spatial orientation and accurate reporting. Their long-standing familiarity with the Komo–Kango system, acquired through years of daily fishing activity, allowed reliable identification of fishing sites. Fishing practices were also recorded; activity was dominated by active gear, particularly gillnets, while passive gears were used less frequently.

To ensure spatial consistency, the reference map was divided into 3×3 km grid cells. Before beginning the mapping exercise, the map layout and grid were explained using familiar landmarks so that respondents could orient themselves without requiring formal cartographic skills. This standardization minimized spatial bias and strengthened the robustness of the spatial dataset (Skidmore et al., 2011).

As commonly described in participatory mapping research, fishers tended to report spatial information in the form of zones or fishing grounds rather than exact point locations, orienting themselves through landmarks, river channels, and environmental cues (Aswani & Lauer, 2006). Accordingly, the information collected included: (i) the specific zones or approximate areas where sightings or captures occurred, (ii) species identity when recognizable, and (iii) environmental conditions at the time of observation (salinity and water temperature). The annotated maps were then digitized and georeferenced in a Geographic Information System (GIS), producing a spatially explicit dataset suitable for integration with environmental layers.

Spatial data on fishing zones were derived directly from this participatory mapping process. Overlapping or adjacent areas reported by different respondents were grouped to form standardized fishing grounds, resulting in 25 distinct fishing zones across the Komo–Kango system. Because fishers often operate across several grounds, a single respondent could contribute information to multiple zones; zone-level datasets therefore represent the cumulative species reports from all fishers who referenced a given zone. The number of mentions per zone was used as a measure of sampling intensity, and zones supported by few reports were retained but interpreted cautiously in subsequent spatial similarity analyses. Zone identification was entirely derived from participatory mapping. Each zone name reflects the combination of rivers, channels, villages, or landmarks cited together by fishers when describing a single fishing ground. Overlapping or adjacent areas reported by different respondents were merged, resulting in 25 consolidated fishing zones representing the spatial units recognized locally by artisanal fishers.

Thermal and salinity patterns were not derived from in-situ measurements or remote-sensing data. Instead, they were based exclusively on fishers' qualitative perceptions collected during interviews. Respondents

were asked to classify the water conditions in each fishing zone they frequented as “hot”, “cold”, “salty”, or “unsalted”, according to their experiential knowledge of the Komo–Kango system. These categorical responses were then transferred to the participatory maps and digitized in QGIS. For each of the 25 fishing zones, the dominant category reported by the majority of respondents was assigned to the corresponding polygon.

Data Analysis

All datasets were compiled and analyzed using R (v4.2.2) to examine elasmobranch diversity, species composition, and spatial–seasonal distribution patterns. Prior to inferential testing, the homogeneity of variances was assessed using Levene’s test. Since this assumption was not consistently met and the sample size remained relatively small ($n = 30$), non-parametric procedures were used throughout. Kruskal–Wallis tests, followed by pairwise Wilcoxon rank-sum comparisons with Bonferroni correction, were applied to assess seasonal differences in richness and occurrence frequencies.

Species Richness and Sampling Completeness

Species richness was calculated for each respondent and for each fishing zone using functions in the vegan package (Oksanen *et al.*, 2022). A sample-based rarefaction curve (200 random permutations) was generated to evaluate sampling completeness and to verify whether cumulative richness approached an asymptote. The resulting curve and associated 95% confidence intervals were used to assess whether the 30 interviews captured most of the LEK-reported diversity.

Species Composition and Relative Frequencies

The species composition of elasmobranchs was characterized using the relative frequency of each species defined as the percentage of respondents mentioning its occurrence within the Komo Estuary. Ninety-five percent confidence intervals were calculated to evaluate the internal consistency of fishers’ reports and to describe the structure of the elasmobranch community as inferred through Local Ecological Knowledge (LEK).

Perceptions of Environmental Conditions

Fishers’ perceptions of seasonal variation in temperature and salinity were analyzed through cross-tabulations and visualized using grouped barplots with standard-error bars (ggplot2; Wickham, 2016). These descriptive patterns were evaluated using the same non-parametric tests described above to determine whether perceived differences between seasons were statistically meaningful. Environmental maps of temperature and salinity (Figures 5a–d) were generated from LEK-derived categorical data using simple thematic

mapping in QGIS, without any numerical interpolation or instrumental measurements.

Spatial Data Processing and Fishing Zones

Spatial information obtained through participatory mapping was digitized and processed in QGIS and R (packages sf, dplyr, ggplot2). All mapped points were georeferenced and harmonized by grouping overlapping or adjacent areas into unique fishing grounds. This procedure yielded 25 distinct fishing zones, each representing a spatial unit used in subsequent analyses.

For each zone, all elasmobranch species reported by any respondent were aggregated. The number of independent mentions per species was used as an indicator of sampling intensity. Zones with limited reporting effort were retained but interpreted cautiously in spatial analyses.

Kernel Density Estimation (KDE) and Spatial Hotspots

Kernel Density Estimation (KDE) was applied to the georeferenced reports of *Fontitrygon margaritella*, *F. ukpam*, and *Carcharhinus leucas* to visualize areas of high concentration (Fleming & Calabrese, 2016). KDE surfaces were generated in R and QGIS to identify spatial hotspots and to highlight potential areas of species overlap.

Local spatial clustering was quantified using the Getis–Ord G_i^* statistic (Getis & Ord, 1992). For each fishing zone and species, the G_i^* statistic was standardized as a Z-score:

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{Var(G_i^*)}}$$

Under the null hypothesis of spatial randomness, $Z(G_i^*)$ approximates a standard normal distribution. Significance thresholds were interpreted as follows:

- $|Z| \leq 1.96$: not significant ($p > 0.05$)
 - $Z > +1.96$: significant hotspot ($p < 0.05$)
 - $Z < -1.96$: significant coldspot ($p < 0.05$)
- Stricter thresholds ($|Z| > 2.58$ and $|Z| > 3.29$) corresponded to $p < 0.01$ and $p < 0.001$.

Similarity Among Fishing Zones

To assess similarity in species assemblages across the 25 fishing zones, a zone-by-species matrix was constructed from the participatory mapping outputs. Two forms of this matrix were generated: a presence–absence version, from which Jaccard distances were computed, and a frequency version, based on the number of mentions per species, used to calculate Bray–

Curtis dissimilarities. Hierarchical clustering was then performed using the UPGMA algorithm (“average” linkage) for both distance metrics, producing dendrograms that allowed the identification of fishing zones sharing similar species compositions. All similarity analyses were conducted using the *vegdist* and *hclust* functions of the *vegan* package, while dendrogram visualization relied on *ggdendro* and *ggplot2*. Overall, all descriptive, inferential, and spatial analyses were integrated into a fully reproducible R workflow combining *vegan*, *dplyr*, *sf*, *ggplot2*, and *patchwork*, complemented by spatial processing and map rendering in QGIS.

Ethical and operational considerations

To guarantee methodological consistency, all interviews were conducted by the same investigator. Respondents were free to express their views without external influence or prompting. Where questions were left unanswered, the response was recorded as “Undetermined,” while inapplicable questions were marked as “NA” (Not Applicable). Any hesitation or uncertainty expressed by participants was systematically noted.

Prior to data collection, informed consent was obtained from each participant. The objectives of the study, the voluntary nature of participation, and the anonymity of responses were clearly explained. This ethical framework ensured compliance with good practices for research involving local communities and strengthened the validity and reliability of the information collected.

Results

Overview of fisher survey data

A total of 30 artisanal fishers from the Komo Estuary (Gabon) were interviewed. All respondents were men, with 93% being Gabonese and 7% Equatorial Guinean. More than half (53%) were members of the Kango Fishers’ Cooperative (CPMK).

Regarding education, 70% had completed secondary school, 20% had only primary education, and 10% reported post-secondary (higher) education. Fishing experience ranged from less than 10 years to over 25 years. Most respondents (57%) reported 10–25 years of fishing practice, while 43% had less than 10 years; none exceeded 25 years. This reflects the long-term familiarity resulting from the many years during which fishers have practiced daily or near-daily fishing within the Komo Estuary.

Fishers reported using five main fishing gears (Table 1): mixed surface–bottom gillnets (40%), surface drifting gillnets (23.3%), hook-and-gillnet combinations (20%), hook-only gear such as longlines or handlines (13.3%), and bottom-drifting gillnets (3.3%). These fishing gears, particularly the various gillnet types and the hook-and-gillnet combinations, operate across

both the surface and bottom layers of the estuary, where elasmobranchs frequently move or rest. Their mode of operation, which involves encircling or intercepting mobile species in shallow and turbid waters, makes them especially prone to generating elasmobranch bycatch in estuarine and riverine habitats.

Table 1: Fishing gear types used by artisanal fishers interviewed in the Komo Estuary.

Gear type	N	%
Mixed surface-drifting/bottom gillnets	12	40.0
Surface drifting gill-nets	7	23.3
Hook-and-gill-net combinations	6	20.0
Hook only (longline/handline)	4	13.3
Bottom-gill-nets	1	3.3

Source: Field data from Kango survey, 2025

Elasmobranch species richness reported by fishers

Across the 30 interviewed fishers, four elasmobranch species were reported: *Fontitrygon ukpam*, *Fontitrygon margaritella*, *Carcharhinus leucas*, and, more rarely, *Sphyrna lewini*. The majority of respondents mentioned *F. ukpam* (83%) and *C. leucas* (77%), while *S. lewini* was cited by only one fisher (3%). Reports further highlighted a strong co-occurrence between *F. ukpam* and *F. margaritella*, with 18 respondents (60%) indicating that both species occurred in the same fishing grounds. Species richness per respondent was comparable across gear types (median ≈ 3 species), although bottom-set gillnets and hook-and-line gear showed slightly higher central tendencies than surface-drifting gillnets (Table 2). Observed values ranged from 1 to 4 species (SD ≈ 0.8 –1.0), indicating moderate inter-respondent variability.

Table 2: Summarizes the species richness reported by fishers. Richness per respondent ranged from one to four species, with a median of approximately three species.

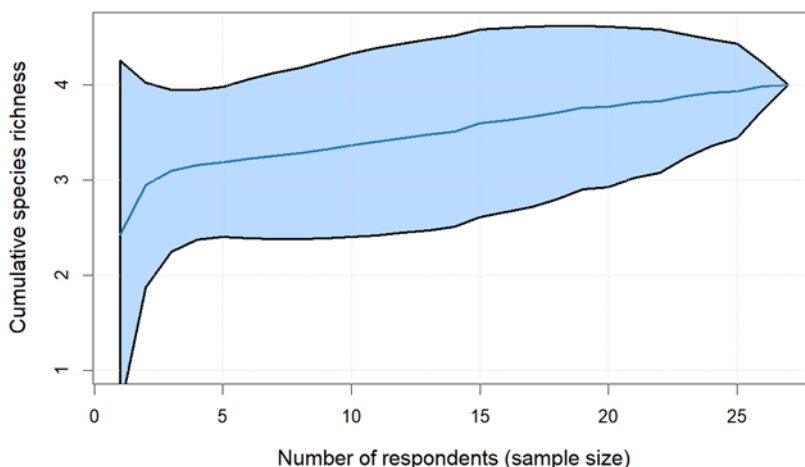
Metric / Category	Value
Total number of species reported	4
Respondents reporting <i>F. ukpam</i>	83% (25/30)
Respondents reporting <i>C. leucas</i>	77% (23/30)
Respondents reporting <i>F. margaritella</i>	60% (18/30)
Respondents reporting <i>S. lewini</i>	3% (1/30)
Co-occurrence <i>F. ukpam</i> + <i>F. margaritella</i>	18 respondents (60%)
Range of species richness per respondent	1 – 4 species
Median species richness	≈ 3 species
Mean species richness ($\pm$ SD)	$\approx 2.4 \pm 0.8$ –1.0
Richness by gear type	
Bottom-set gillnets	2 – 4 species
Hook-and-line	2 – 4 species
Surface-drifting gillnets	1 – 2 species

Source: Field data from Kango survey, 2025

The rarefaction curve (Figure 2) summarizes the cumulative species richness of elasmobranchs reported by fishers in the Komo Estuary. The curve increases steeply during the first interviews, then gradually levels off after approximately 10–15 respondents, reaching a plateau around four species. The shaded blue area represents the 95 % confidence interval based on 200 random permutations, indicating variability among random resampling iterations.

This clear asymptotic pattern suggests that the sample of 30 respondents was sufficient to capture nearly the entire range of elasmobranch diversity known through Local Ecological Knowledge (LEK) in the study area. Beyond 15 respondents, additional interviews contributed little new information, confirming the saturation of species knowledge and the representativeness of the sample. The narrow confidence interval toward the end of the curve indicates high convergence and consistency of responses among fishers, reinforcing the robustness of the LEK dataset as a proxy for observed species richness in the Komo River system.

Figure 2: Rarefaction curve showing the cumulative specific richness of elasmobranchs reported by respondents in the Komo Estuary (n = 30). The curve approaches an asymptote after approximately 15 respondents, indicating sampling completeness

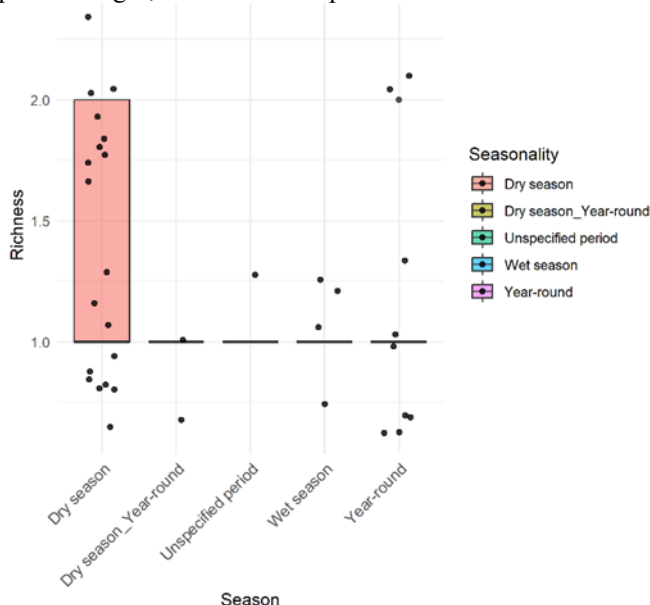


Source: The field data from Kango survey, 2025

Seasonal diversity patterns

Species richness per fishing zone ranged from one to three, with a few sites reaching up to four species across the study area. Boxplot analyses (Figure 3) showed a slight increase in richness during the dry season, although substantial overlap among seasons indicates that seasonal differences were limited. Non-parametric tests (Kruskal–Wallis followed by pairwise Wilcoxon comparisons) showed no statistically significant differences between wet- and dry-season assemblages ($p > 0.05$), although dry-season reports exhibited slightly greater variability across fishing zones.

Figure 3: Boxplot comparing species richness reported per respondent between wet and dry seasons. Median richness was slightly higher during the dry season. Boxes show interquartile ranges, and whiskers represent minimum–maximum values



Source: Field data from Kango survey, 2025

Spatial similarity among fishing zones

Hierarchical clustering revealed consistent patterns of similarity across fishing zones (Figure 4, table 2). Using the Jaccard index (presence/absence), most zones clustered closely, indicating relatively homogeneous assemblages across the Komo Estuary. For example, zones Lebhe_Maga_Aloume (ID 21), Lebhe_Maga_Assango (ID 22), and Maga_Lebhe_Aloume_Remboue (ID 23) grouped together. These sites are located in the central Komo corridor, east of Kango and along the confluence with the Maga River, an area where fishing effort is particularly concentrated.

In contrast, Bray–Curtis clustering (abundance-weighted) revealed stronger differentiation among zones, suggesting that some areas contribute disproportionately to overall species composition and diversity. For instance, Suceuce_petite.ile_Aloume (ID 25) and Enieng.nieng_petite.ile (ID 14), both situated downstream and west of Kango, appeared more distinct from the central cluster, reflecting localized differences in abundance. Similarly, the Undetermined zone (ID 16), positioned in peripheral fishing grounds not clearly associated with Kango or the Maga, separated early in the dendrogram, consistent with its limited and less representative catch information.

These patterns highlight that while the estuary as a whole supports broadly similar assemblages, abundance differences among fishing zones generate distinct ecological profiles depending on their location relative to

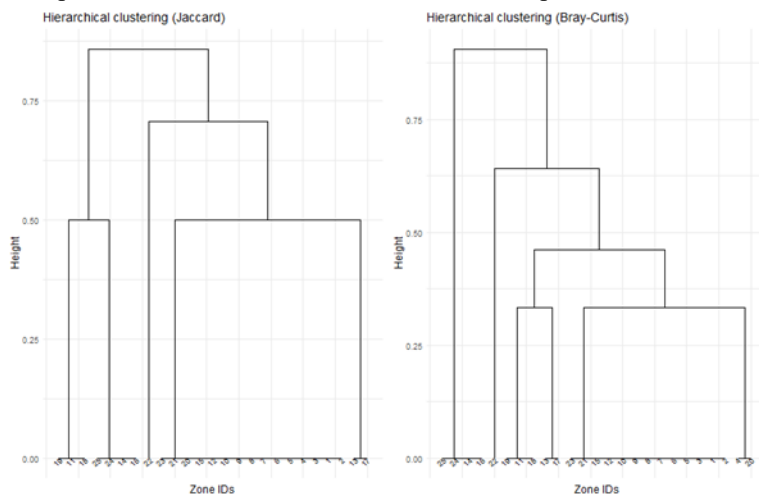
Kango town and the Maga River system. For clarity, fishing zones were assigned numerical identifiers in the dendrograms, with their full names provided in Table 2 (legend of Zone IDs).

Table 2: Correspondence between fishing zone identifiers and full zone names reported by fishers in the Komo Estuary (Gabon)

id	zone
1	Aloume Etone
2	Aloume Lebhe Maga Donguila
3	Aloume Lebhe Maga Remboue
4	Aloume Lebhe maga
5	Aloume TBNI
6	Assango Maga Bas.komo Haut.komo
7	Bas.komo Aloume Mefou Lebhe Maga Remboue
8	Bas.komo Haut.Komo Bokoue Lebhe
9	Bas.komo Haut.komo
10	Bokoue Agoula Abanga Bas.komo Haut.komo
11	Bokoue Haut.komo Mefou Elone Aloume
12	Debarcadere Akonozo Mefou Mvoum Aloume Lebhe maga
13	Enieng.nieng Bokoue Mefou Aloume
14	Enieng.nieng petite.ile
15	Haut.komo Bokoue la.sef
16	Undetermined
17	Lebhe.Aloume Maga Elone Bekheme Ewote Toxol
18	Lebhe Aloume Nonlankomo
19	Lebhe Ekoumebele
20	Lebhe Maga
21	Lebhe Maga Aloume
22	Lebhe Maga Assango
23	Maga Lebhe Aloume Remboue
24	Maga Tchintchoua
25	Suceuce petite.ile Aloume

Source: Field data from Kango survey, 2025

Figure 4: Cluster analysis of elasmobranch assemblages based on fisher-reported occurrences using Jaccard (a) and Bray–Curtis (b) similarity indices. Two main clusters indicate spatial differentiation between estuarine and upstream freshwater zones.

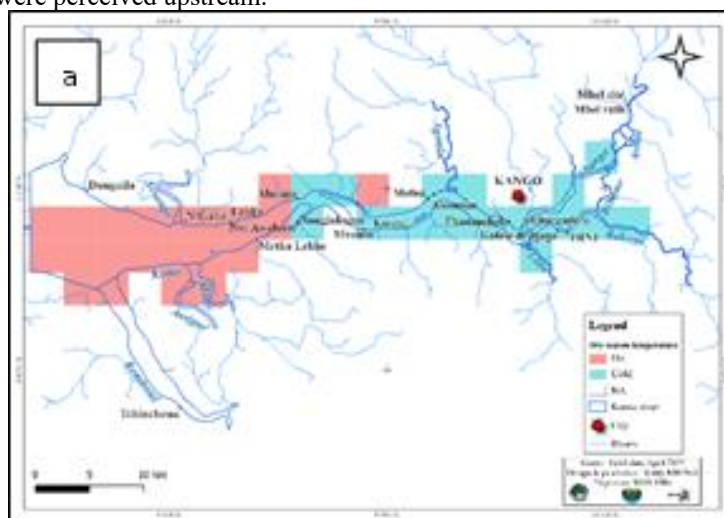


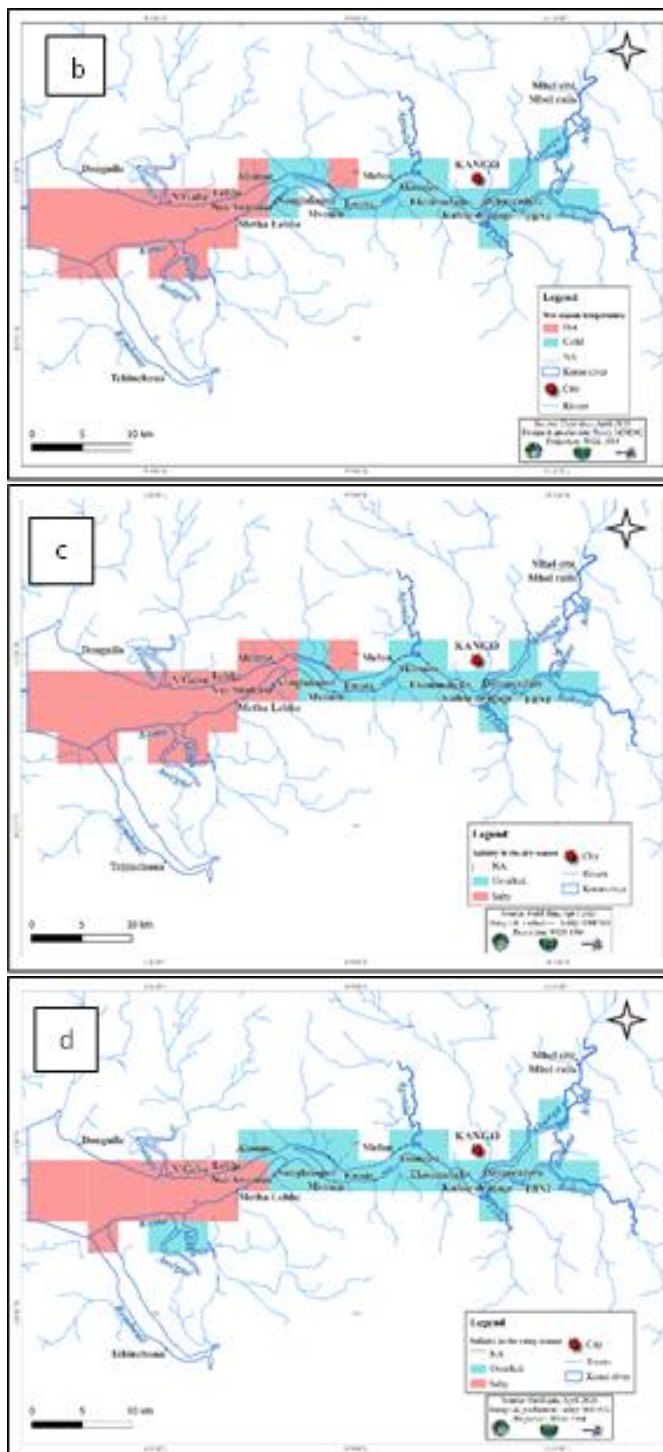
Source: Field data from Kango survey, 2025

Environmental gradients and species distributions

Fisher-reported data revealed clear thermal and salinity gradients structuring the Komo River system (Figures 5a–d).

Figure 5. Local Ecological Knowledge (LEK)-based classifications of environmental conditions in the Komo Estuary, showing (a) perceived temperature in the dry season, (b) perceived temperature in the wet season, (c) perceived salinity in the dry season, and (d) perceived salinity in the wet season. These maps represent fishers’ qualitative assessments (“hot/cold”, “salty/unsalted”) rather than instrumentally measured parameters. Warm and saline waters were perceived as dominant in the lower estuary, whereas cooler and less saline conditions were perceived upstream.



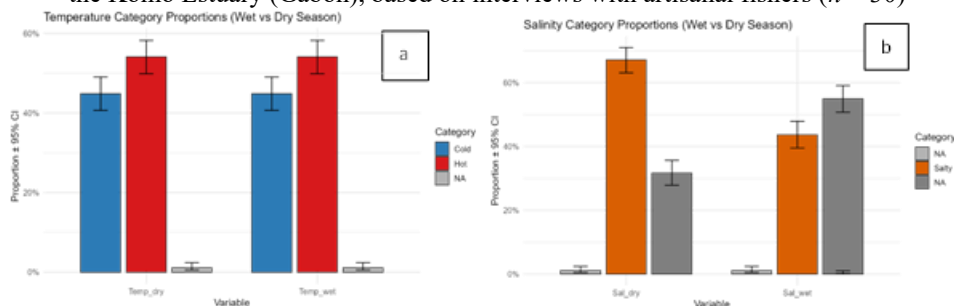


Source: Field data from Kango survey, 2025

Perceptions of temperature were consistent between seasons, with a dominance of “hot” waters across both the dry and wet seasons. During the dry season (Figure 6a), $56\% \pm 5\%$ (95% CI) of respondents described waters as *hot*, compared with $44\% \pm 5\%$ as *cold*. Similar proportions were observed in the wet season ($55\% \pm 5\%$ hot vs. $45\% \pm 5\%$ cold). The wide overlap of confidence intervals indicates no significant seasonal difference, suggesting thermally stable conditions throughout the year. This stability supports the existence of a spatial rather than seasonal thermal gradient, with warmer waters consistently reported in the lower estuary (N’Gaba, Metha Lebhe) and cooler conditions upstream along the Maga and its tributaries.

Perceived salinity showed clearer seasonal variation. During the dry season (Figure 7), $68\% \pm 6\%$ (95% CI) of respondents described waters as *salty*, compared with $32\% \pm 5\%$ as *no salty*. In contrast, during the wet season, *no salty* waters dominated ($55\% \pm 5\%$) over *salty* conditions ($45\% \pm 5\%$). The partial overlap of confidence intervals indicates genuine seasonal differences, confirming that rainfall and river discharge strongly influence estuarine salinity. These patterns are consistent with typical tropical hydro-climatic dynamics: reduced river flow and evaporation during the dry season promote saline intrusion, whereas increased runoff in the wet season pushes the saline front downstream.

Figure 6: Seasonal variation in (a) perceived water temperature and (b) perceived salinity in the Komo Estuary (Gabon), based on interviews with artisanal fishers ($n = 30$)



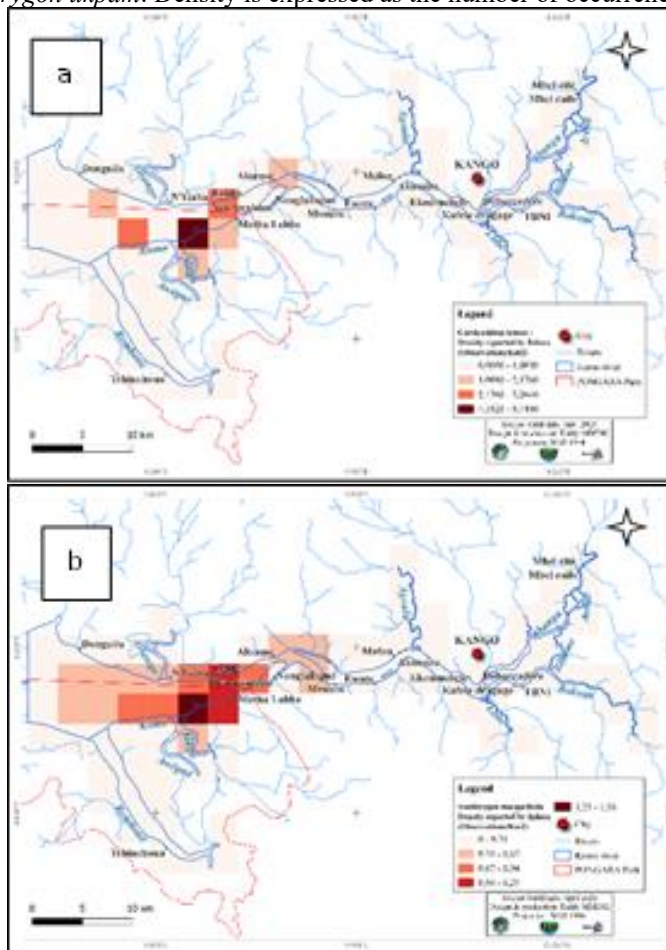
Source: Field data from Kango survey, 2025

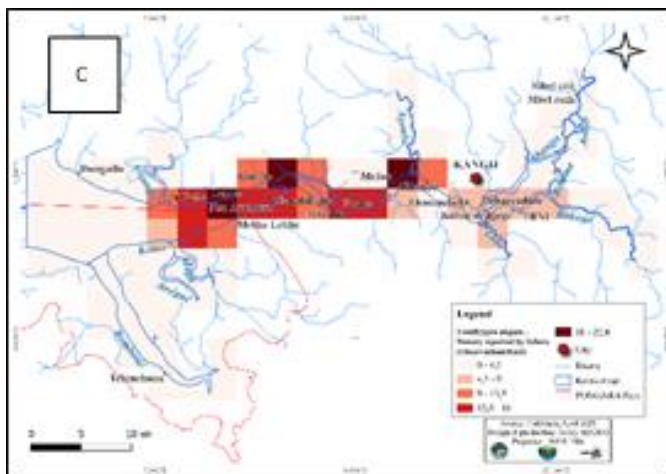
Environmental gradients structured the reported distribution of elasmobranch species in the Komo Estuary (Figure 7). Perceptions of environmental conditions reported by fishers revealed consistent qualitative gradients in both temperature and salinity across the Komo Estuary (Figure 5). According to respondents, water temperature was perceived as predominantly “warm” in the lower estuary, particularly around N’Gaba and Métha Lebhe near Kango town, whereas “cold” conditions were consistently reported upstream at Aloume, Mefou, and Ekoumbele along the Maga River and its tributaries. Similar patterns emerged for salinity: fishers described the lower Komo as “salty,” transitioning progressively to “unsalted” freshwater

conditions upstream. These patterns reflect experiential knowledge rather than instrumentally measured values, and seasonal differences were perceived as minor, primarily associated with rainfall and river discharge.

Species-specific kernel density maps indicated distinct spatial distributions. *Carcharhinus leucas* occurred mainly in the lower and middle Komo, overlapping with warm and saline waters. *Fontitrygon margaritella* formed localized hotspots in estuarine fishing grounds near N’Gaba and downstream of Kango. *Fontitrygon ukpam* was the most widespread species, extending from the estuary into upstream freshwater reaches of the Maga River.

Figure 7: Spatial distribution and kernel density maps of the main elasmobranch species reported by fishers in the Komo Estuary:(a) *Carcharhinus leucas*, (b) *Fontitrygon margaritella*, (c) *Fontitrygon ukpam*. Density is expressed as the number of occurrences per km².

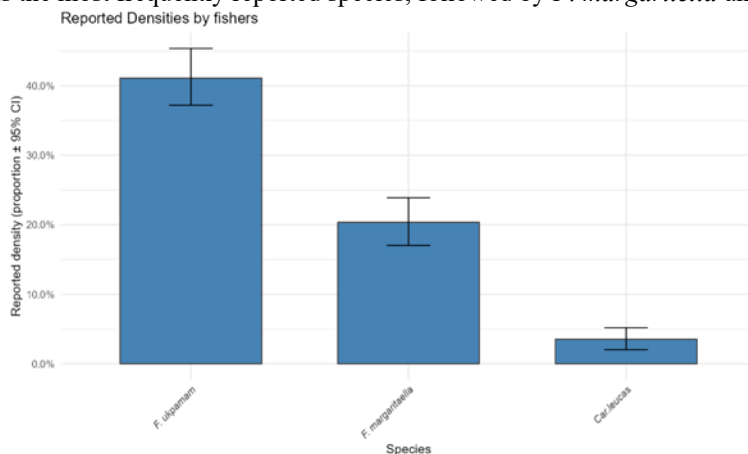




Source: Field data from Kango survey, 2025

The relative frequency of elasmobranch species reported by fishers (Figure 8) showed marked differences among taxa. *Fontitrygon ukpam* accounted for approximately $40 \pm 5\%$ (95 % CI) of all reports, followed by *F. margaritella* ($20 \pm 7\%$), while *Carcharhinus leucas* represented less than $10 \pm 3\%$.

Figure 8: Relative frequency of elasmobranch species reported by fishers (n = 30) in the Komo Estuary. Bars represent mean occurrence percentages $\pm$ 95% confidence intervals. *F. ukpam* was the most frequently reported species, followed by *F. margaritella* and *C. leucas*.



Source: Field data from Kango survey, 2025

Spatial autocorrelation

Global Moran's I statistics did not reveal significant spatial autocorrelation for any of the four focal species (*Fontitrygon ukpam*, *F. margaritella*, *Carcharhinus leucas*, *Sphyrna lewini*), with all *p*-values exceeding 0.70. This indicates that, at the scale of the Komo River system,

fisher-reported occurrences were not more clustered than expected under a random distribution.

Similarly, local indicators of spatial association (LISA) and Getis–Ord G_i^* analyses did not detect any statistically significant hotspots ($G_i^* > 1.96$) or coldspots ($G_i^* < -1.96$) for any species (Table 3).

Mean G_i^* values ranged from -0.12 (*C. leucas*) to $+0.34$ (*F. ukpam*), with minimum and maximum values remaining below the 95% confidence threshold.

These results suggest spatial randomness at the global and local scales, although slight positive deviations in *F. ukpam* and *F. margaritella* (maximum $G_i^* \approx 1.3$) may reflect weak, non-significant concentration tendencies in the lower estuary.

Discussions

The discussion addresses three complementary dimensions: the spatial and seasonal distribution of species, the environmental factors underlying these patterns, and the value of LEK as a form of spatial and territorial knowledge.

Spatial and seasonal distribution

The reported patterns of elasmobranch distribution in the Komo Estuary are consistent with ecological expectations for tropical river–estuary systems. Seasonal differences in elasmobranch richness were modest, with only slightly higher values during the dry season. This limited seasonality likely reflects the inherent stability of tropical estuarine systems such as the Komo–Kango estuary, where continuous freshwater discharge, strong tidal mixing, and the absence of marked thermal seasonality buffer short-term environmental fluctuations. As highlighted by Cloern *et al.* (2017), tropical estuaries are shaped more by persistent hydrological gradients than by seasonal cycles, resulting in relatively stable physical conditions across seasons.

Within this framework, the pronounced spatial structuring observed along the longitudinal estuary–freshwater gradient suggests that salinity regimes, turbidity, and prey availability exert a stronger influence on elasmobranch occurrence than climatic seasonality. This interpretation aligns with broader estuarine ecology findings: classical studies of estuarine and plume systems (Laprise & Dodson, 1994) show that biological assemblages follow stable upstream–downstream successions driven primarily by salinity and hydrodynamic mixing, whereas seasonal variability plays a comparatively minor role. Similarly, Blaber (2013) emphasizes that tropical estuarine fish communities are organized predominantly along salinity and river-discharge gradients, with limited seasonal restructuring.

From a management perspective, these results indicate that elasmobranchs in the Komo–Kango system respond more strongly to persistent habitat gradients than to seasonal change. Conservation and monitoring strategies should therefore prioritize stable ecological units, such as lower-estuary brackish hotspots versus upper-river freshwater corridors, rather than seasonal windows.

The asymptotic rarefaction curve confirmed that reported diversity reached saturation after approximately 15 respondents, indicating that the sample of 30 fishers captured nearly the complete range of elasmobranchs known through LEK in the Komo system. This strengthens the reliability of fisher-derived data as a proxy for observed diversity.

These patterns particularly the dominance of *Fontitrygon* species across the estuary, freshwater continuum, the weak influence of seasonality, and the clear salinity-driven ecological zonation, are consistent with broader estuarine ecology. Plumlee et al., (2018) demonstrated that elasmobranch assemblages in subtropical estuaries segregate along stable longitudinal salinity gradients, with salinity emerging as the strongest predictor of species distributions. Similarly, Every et al., (2019) showed that estuarine food-web structure is governed primarily by persistent hydrological and spatial gradients rather than short-term seasonal variability.

The species-specific patterns observed in this study are also consistent with known ecological traits. *C. leucas*, an euryhaline shark, is well recognized for its capacity to exploit estuarine corridors and move far upriver, typically associated with warm and saline to brackish habitats (Simpfendorfer et al., 2005; Gausmann, 2021). By contrast, *S. lewini* was only sporadically reported, reflecting its rarity in riverine systems and its stronger association with coastal and oceanic environments (Dulvy et al., 2017; Leeney & Downing, 2015).

The slight increase in elasmobranch richness during the dry season likely reflects seasonal hydrological dynamics in the Komo–Kango system. Reduced rainfall and lower river discharge expand brackish zones that favor estuarine-tolerant species (Whitfield, 1999; Barletta et al., 2005), while similar responses to salinity and discharge gradients have been reported in other tropical estuaries (Constance et al., 2024). In addition, the reduced water volume characteristic of the dry season concentrates fish and elasmobranchs into narrower, shallower channels, increasing encounter and capture probabilities, a mechanism consistent with studies showing that depth and spatial confinement strongly influence estuarine elasmobranch distributions (Swift & Portnoy, 2020).

Spatial partitioning between downstream estuarine sectors (N’Gaba, Metha Lebhe) and upstream freshwater reaches along the Maga River is particularly striking. *F. ukpam*, reported as the most widespread species,

appears capable of exploiting both environments, confirming its ecological plasticity (Jabado *et al.*, 2021). This distributional breadth contrasts with *F. margaritella*, which formed localized hotspots, and with *C. leucas*, whose presence was concentrated in the lower estuary.

The clustering of most fishing zones based on species composition (Jaccard and Bray–Curtis indices) revealed relatively homogeneous assemblages across the estuary, with localized differences reflecting ecological or fishing-effort heterogeneity. These findings underscore the ecological complementarity of elasmobranchs within the Komo socio-ecosystem and highlight the value of fisher knowledge for capturing fine-scale spatio-seasonal heterogeneity (Silvano & Valbo-Jørgensen, 2008; Leeney & Downing, 2015).

Although density patterns derived from LEK data were generally consistent across respondents, confidence intervals around reported frequencies indicated moderate variability, suggesting that fisher observations captured robust yet locally heterogeneous signals.

Environmental factors associated with distribution

The distributional patterns observed in the Komo River system can largely be explained by abiotic gradients, with temperature and salinity emerging as major drivers of species occurrence. *C. leucas* and *F. margaritella* were closely associated with hot, saline estuarine waters, whereas *F. ukpam* dominated upstream freshwater reaches, consistent with its known ecological plasticity (Leeney & Downing, 2015, Jabado *et al.*, 2021). These LEK-derived patterns are consistent with broader ecological knowledge showing that elasmobranch use of estuarine and freshwater systems is primarily structured by longitudinal environmental gradients rather than seasonal change (Grant *et al.*, 2019).

The LEK-derived environmental information gathered in this study indicates that fishers perceive broadly similar thermal conditions across seasons, while reporting clearer contrasts along the estuary–freshwater gradient. Because temperature and salinity classifications were qualitative (“hot”, “cold”, “salty”, “unsalted”) and not based on instrumental measurements, no quantitative assessment of seasonal thermal variation was possible. Nevertheless, the high consistency of responses across all 25 fishing zones suggests that temperature is regarded as relatively stable throughout the year, whereas salinity exhibits a more pronounced longitudinal gradient. Such perceptions are consistent with the physical dynamics of tropical estuaries, where continuous freshwater discharge and strong tidal mixing dampen seasonal thermal fluctuations, while salinity remains the dominant structuring factor influencing fish and elasmobranch assemblages (Whitfield, 1999; Barletta *et al.*, 2005; Chikina *et al.*, 2023). Although no statistical tests were

performed on thermal variables, the LEK-based patterns documented here align closely with established ecological expectations for comparable estuarine systems (Cloern *et al.*, 2017; Every *et al.*, 2019).

However, such abiotic explanations may not capture the full complexity of elasmobranch distributions. Several studies have emphasized that food availability and prey distributions can be equally influential, particularly for opportunistic predators such as *C. leucas* (Heupel *et al.*, 2014). In addition, factors such as turbidity and sediment load, which shape habitat suitability in tropical estuaries, have been shown to affect ray occurrence (Barletta *et al.*, 2005). Local anthropogenic pressures, including gillnet intensity and habitat degradation, may also confound environmental patterns, as suggested by Cross (2015), Cardiec *et al.* (2020).

In this light, the relatively restricted distribution of *F. margaritella* in the Komo system may not only reflect physiological limits in osmoregulation but also the species' sensitivity to fishing pressure or competition with *F. ukpam*. Similarly, the concentration of *C. leucas* in lower estuarine reaches might be reinforced by prey density or avoidance of highly turbid upstream zones rather than by abiotic conditions alone.

So, the Komo Estuary results highlight the central role of temperature and salinity in structuring species distributions but also suggest that ecological interactions and human pressures may modulate these patterns. This nuance aligns with recent calls to adopt an integrative perspective in estuarine ecology, recognizing the interplay between abiotic, biotic, and social drivers of species distributions (Kennish, 2021).

The types of fishing gear used by respondents also help contextualize the patterns documented through LEK. The predominance of mixed surface- and bottom gillnets, capable of intercepting both demersal and pelagic species, reflects a polyvalent strategy adapted to the mosaic of habitats in the Komo Estuary. From a geographical perspective, the diversity of gear types illustrates the socio-territorial structuring of fishing practices in Kango. These combinations of gears demonstrate a flexible and adaptive appropriation of aquatic environments in a context of strong hydrological and ecological variability. Considering these technical and cultural dimensions strengthens the interpretative power of LEK by emphasizing that the reported species distributions also mirror the territorialization of fishing practices and the spatialization of situated empirical knowledge.

LEK as spatial and territorial knowledge

Although global spatial autocorrelation (Moran's I) and local clustering analyses (LISA and Getis-Ord Gi*) did not reveal statistically significant hotspots or coldspots, slight positive deviations observed for *F. ukpam* and *F. margaritella* (maximum Gi* ≈ 1.3) suggest weak, non-

significant tendencies toward spatial concentration in the lower estuary. These patterns, although below conventional significance thresholds, illustrate how LEK can reveal emerging ecological structures and fine-scale heterogeneity that may not yet be detectable through conventional sampling. This highlights the interpretative value of LEK as a complementary spatial dataset, capable of identifying zones of ecological relevance even in the absence of strong statistical clustering.

Importantly, the lower Komo sector, where these weak concentration tendencies were observed, lies along the eastern ecological interface of the Pongara National Park (PNP). This spatial overlap suggests that Pongara's estuarine and mangrove areas function as extensions of critical habitats for elasmobranchs, particularly *F. ukpam* and *C. leucas*. Although no statistically significant hotspots were detected, the recurrence of reports around Donguila, N'Gaba, and Métha Lebhe indicates that areas near the Komo mouth and around Kango emerge as priority sites for future ecological monitoring, acoustic surveys, or co-managed fishing initiatives, reinforcing Pongara's ecological role within the Komo basin.

These results collectively illustrate that LEK, when spatialized, provides fine-scale insights into ecological patterns while also reflecting the lived territorialities of fishing communities, linking ecological processes with social appropriation of space (Tuan, 1974; Silvano & Valbo-Jørgensen, 2008). Yet, the use of LEK as spatial evidence requires a degree of caution. Reports are shaped by fishers' mobility, gear selectivity, and cultural framings of space, which may lead to overrepresentation of accessible or frequently used zones (Seidu *et al.*, 2022). In the Komo case, the concentration of reports near Kango may reflect both genuine ecological aggregations and the centrality of this town as a fishing hub. Similarly, upstream sites along the Maga were less frequently reported, which could result from lower fishing effort rather than lower species presence. These potential biases underline the importance of combining LEK with systematic ecological surveys to validate and refine spatial inferences (Johannes *et al.*, 2008; Aswani & Hamilton, 2004).

Despite these limitations, the integration of LEK into spatial analyses offers a significant contribution to geography. Beyond mapping species occurrences, it captures the territorial dimension of aquatic environments, the way fishers perceive, name, and use specific places. This dual ecological and cultural reading of space situates LEK at the crossroads of biogeography and environmental geography, where distributions are understood not only as ecological responses to abiotic gradients but also as socio-territorial constructions linked to protected-area dynamics such as those of the Pongara National Park (Benett *et al.*, 2017).

These findings underscore the value of integrating spatialized Local Ecological Knowledge into estuarine research and conservation frameworks.

By linking ecological patterns, territorial practices, and protected-area interfaces such as Pongara, this study highlights the need for interdisciplinary and participatory approaches that bridge scientific monitoring and community-based knowledge in managing tropical aquatic ecosystems.

Conclusion

This study provides the first integrated analysis of elasmobranch diversity and distribution in the Komo Estuary, Gabon, based on the Local Ecological Knowledge of artisanal fishers. Four focal species were identified, with *Fontitrygon ukpam* emerging as the most widespread and abundant, while *Carcharhinus leucas* and *F. margaritella* showed more restricted estuarine associations, and *Sphyrna lewini* was only sporadically reported. Spatial and seasonal patterns reveal modest fluctuations in richness but strong structuring along environmental gradients, with temperature and salinity acting as key filters shaping species distributions.

By mobilizing fisher knowledge and translating it into spatial datasets, this research demonstrates that LEK can serve as a reliable source of ecological information, capturing local aggregations and territorialities that conventional surveys often overlook. Beyond documenting species occurrences, it highlights the socio-ecological dimension of aquatic environments, linking ecological partitioning with the lived geographies of fishing communities.

These findings contribute to both biogeography, by clarifying how ecological gradients structure species distributions, and environmental geography, by situating these dynamics within human territorial practices. They also carry applied relevance, underscoring priority areas in the lower Komo for monitoring and conservation, while emphasizing the value of participatory approaches in data-poor tropical systems. Future research should combine LEK with systematic ecological surveys to refine species distribution models, assess temporal changes, and guide co-management strategies for the sustainable use of estuarine ecosystems.

Acknowledgments

The authors express their sincere gratitude to the fishing communities of Kango, the Kango Fishers' Cooperative, the Fisheries Brigade of Kango, and the competent administrative authorities for their collaboration, trust, and invaluable participation in the data collection process. Their traditional knowledge and active engagement were essential to the success of this research.

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

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

Funding Statement: This study was entirely funded by the NGO Aquatic Species through its *Sustainable Fisheries Program*. It was carried out as part of a Master's dissertation at Omar Bongo University (Gabon) and benefited from the logistical and technical support of the Aquatic Species field team.

References:

1. Aswani, S., & Lauer, M. (2006). Incorporating Fishermen' s Local Knowledge and Behavior into geographical information Systems (GIS) for Designing marine Protected areas in Oceania. *Human Organization*, 65, 81-102.
2. Aswani, S., & Hamilton, R. (2004). Integrating indigenous ecological knowledge and customary sea tenure with marine and social science for conservation of bumphead parrotfish (*Bolbometopon muricatum*) in the Roviana Lagoon, Solomon Islands. *Environmental Conservation*, 31(1), 69–83.
<https://doi.org/10.1017/S037689290400116X>
3. Barletta, M., Barletta-Bergan, A., Saint-Paul, U., & Hubold, G. (2005). The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 66(1), 45–72.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00582.x>
4. Bennett, N. J., Roth, R., Klain, S. C., Chan, K., Christie, P., Clark, D. A., Cullman, G., Curran, D., Durbin, T. J., Epstein, G., Greenberg, A., Nelson, M. P., Sandlos, J., Stedman, R., Teel, T. L., Thomas, R., Veríssimo, D., & Wyborn, C. (2017). Conservation social science: Understanding and integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation*, 205, 93–108.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.006>
5. Berkström, C., Papadopoulos, M., Jiddawi, N. S., & Nordlund, L. M. (2019). Fishers' Local Ecological Knowledge (LEK) on connectivity and seascape management. *Frontiers in Marine Science*, 6, 130.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00130>
6. Blaber, S. J. M. (2013). Fishes and fisheries in tropical estuaries: The last 10 years. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 57–65.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.11.002>
7. Cardiec, F., Bertrand, S., Witt, M. J., Metcalfe, K., Godley, B. J., McClellan, C., Vilela, R., Parnell, R. J., & Le Loc'h, F. (2020). “Too big to ignore”: A feasibility analysis of detecting fishing events in Gabonese small-scale fisheries. *PLOS ONE*, 15(6), e0234091.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234091>

8. Chikina, M. V., Tarasova, E. N., Berezina, N. A., & Maximov, A. A. (2023). Decadal stability of macrobenthic zonation along the salinity gradient in the Neva Estuary (Baltic Sea). *Diversity*, 15(6), 754. <https://doi.org/10.3390/d15060754>
9. Cloern, J. E., Jassby, A. D., Schraga, T. S., Nejad, E., & Martin, C. (2017). *Ecosystem variability along the estuarine salinity gradient: Examples from long-term study of San Francisco Bay*. *Limnology and Oceanography*, 62(S1), S272–S291. <https://doi.org/10.1002/lno.10537>
10. Constance, J. M., Garcia, E. A., Pillans, R. D., Udyawer, V., & Kyne, P. M. (2024). A review of the life history and ecology of euryhaline and estuarine sharks and rays. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 34(1), 65–89. <https://doi.org/10.1007/s11160-023-09807-1>
11. Cross, H. (2015). Elasmobranch capture by commercial small-scale fisheries in the Bijagós Archipelago, Guinea-Bissau. *Fisheries Research*, 168, 105–108. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.018>
12. Dedman S, Moxley JH, Papastamatiou YP, Braccini M, Caselle JE, Chapman DD, Cinner JE, Dillon EM, Dulvy NK, Dunn RE, Espinoza M, Harborne AR, Harvey ES, Heupel MR, Huvaneers C, Graham NAJ, Ketchum JT, Klinard NV, Kock AA, Lowe CG, MacNeil MA, Madin EMP, McCauley DJ, Meekan MG, Meier AC, Simpfendorfer CA, Tinker MT, Winton M, Wirsing AJ, Heithaus MR. Ecological roles and importance of sharks in the Anthropocene Ocean. *Science*. 2024 Aug 2;385(6708):adl2362. doi: 10.1126/science.adl2362. Epub 2024 Aug 2. PMID: 39088608.
13. Delhumeau, P. (1969). *Notice explicative n°36: Carte pédologique de reconnaissance à 1/200000, feuille Libreville–Kango*. ORSTOM.
14. Dulvy, N. K., Simpfendorfer, C. A., Davidson, L. N. K., Fordham, S. V., Bräutigam, A., Sant, G., & Welch, D. J. (2017). Challenges and priorities in shark and ray conservation. *Current Biology*, 27(11), R565–R572. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.038>
15. Every, S. L., Fulton, C. J., Pethybridge, H. R., Kyne, P. M., & Crook, D. A. (2019). A Seasonally Dynamic Estuarine Ecosystem Provides a Diverse Prey Base for Elasmobranchs. *Estuaries and Coasts*, 42(2), 580-595. <https://doi.org/10.1007/s12237-018-0458-8>
16. Fleming, C. H., & Calabrese, J. M. (2016). A new kernel density estimator for accurate home-range and species-use area estimation. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(5), 571–579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12673>
17. Gausmann, P. (2021). Synopsis of global fresh and brackish water occurrences of the bull shark *Carcharhinus leucas* Valenciennes, 1839 (Pisces : Carcharhinidae), with comments on distribution and habitat

- use. Integrative Systematics: Stuttgart Contributions to Natural History, 4(1), 55-213. <https://doi.org/10.18476/2021.423083>
18. Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189–206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>
19. Grant, M. I., Kyne, P. M., Simpfendorfer, C. A., White, W. T., & Chin, A. (2019). Categorising use patterns of non-marine environments by elasmobranchs and a review of their extinction risk. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29(3), 689–710. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09576-w>
20. Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59–82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
21. Heupel, M. R., Knip, D. M., Simpfendorfer, C. A., & Dulvy, N. K. (2014). Sizing up the ecological role of sharks as predators. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 291–298. <https://doi.org/10.3354/meps10597>
22. Jabado, R. W., Chartrain, E., De Bruyne, G., Derrick, D., Diop, M., Doherty, P., Keith Diagne, L., Leurs, G. H. L., Metcalfe, K., Sayer, C., Seidu, I., Tamo, A., VanderWright, W. J., & Williams, A. B. (2021). *Fontitrygon ukpam*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2021: e.T39414A104174049. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T39414A104174049.en>
23. Johannes, R. E., Freeman, M. M. R., & Hamilton, R. J. (2008). Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries*, 1(3), 257–271. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2000.00019.x>
24. Kennish, M. J. (2021). Drivers of change in estuarine and coastal marine environments: An overview. *Open Journal of Ecology*, 11(3), 224–239. <https://doi.org/10.4236/oje.2021.113017>
25. Khojasteh, D., Rao, S., McSweeney, S., Ibaceta, R., Nicholls, R. J., French, J., Glamore, W., Largier, J. L., Adams, J., Hughes, M. G., Barry, M., Power, H. E., Du, J., Tucker, T. A., Cienfuegos, R., Catalan, P. A., & Hanslow, D. (2025). Intermittent estuaries deserve global attention as vulnerable and vital ecosystems. *Communications Earth & Environment*, 6, 443. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02428-5>
26. Laprise, R., & Dodson, J. J. (1994). Environmental variability as a factor controlling spatial patterns in distribution and species diversity of zooplankton in the St. Lawrence Estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 107, 67–81. <https://doi.org/10.3354/meps107067>
27. Lefebvre, H. (1974). *La production de l'espace*. Éditions Anthropos.
28. Leeney, R., & Downing, N. (2015). Sawfishes in The Gambia and Senegal – shifting baselines over 40 years. *Aquatic Conservation*:

- Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(5), 1–10.
<https://doi.org/10.1002/aqc.2545>
29. Lericque, J. (1965). Hydrologie du bassin du Komo (Gabon). *Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie*, 2(1), 45–62.
 30. Maloba Makanga, J. D. (2010). *Les précipitations au Gabon : Climatologie analytique en Afrique*. L'Harmattan.
 31. Mvomo Minko, Y. I., Sadio, O., Mbega, J.-D., Schaal, G., & Le Loc'h, F. (2025). Length–weight relationships of elasmobranchs caught by artisanal fisheries from southern Gabon. *Journal of Applied Ichthyology*, 2025(1), 4821258. <https://doi.org/10.1155/jai/4821258>
 32. Ndzengboro-Endamane, Ona, I. E. M. M. Z., Mbegha, L. R. E., & Eba, F. (2023). Diagnostic de l'état agropédologique des sols argileux de Kango au Gabon : Diagnosis of the agropedological state of the clay soils of Kango in Gabon. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 6(3), 67-76. <https://doi.org/10.4314/rafea.v6i3.7>
 33. Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., Hara, R., Solymos, P., Stevens, H., Szöcs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Cáceres, M., Durand, S., Weedon, J., (2022). vegan community ecology package version 2.6-2 April 2022.
 34. Pacoureau N, Rigby CL, Kyne PM, Sherley RB, Winker H, Carlson JK, Fordham SV, Barreto R, Fernando D, Francis MP, Jabado RW, Herman KB, Liu KM, Marshall AD, Pollom RA, Romanov EV, Simpfendorfer CA, Yin JS, Kindsvater HK, Dulvy NK. Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*. 2021 Jan;589(7843):567-571. doi: 10.1038/s41586-020-03173-9. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33505035.
 35. Plumlee, J. D., Dance, K. M., Matich, P., Mohan, J. A., Richards, T. M., TinHan, T. C., Fisher, M. R., & Wells, R. J. D. (2018). Community structure of elasmobranchs in estuaries along the northwest Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 204, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.02.023>
 36. Raffestin, C. (1986). Territorialité: Concept ou paradigme de la géographie sociale? *Geographica Helvetica*, 41(2), 91–96. <https://doi.org/10.5194/gh-41-91-1986>
 37. Ruddle, K., & Davis, A. (2013). Local Ecological Knowledge (LEK) in Interdisciplinary Research and Application: A Critical Review. *Asian Fisheries Science*, 26, 79-100. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2013.26.2.002>
 38. Seidu, I., Brobbey, L. K., Danquah, E., Oppong, S. K., van Beuningen, D., & Dulvy, N. K. (2022). Local ecological knowledge, catch characteristics, and evidence of elasmobranch depletions in western

- Ghana artisanal fisheries. *Human Ecology*, 50(5), 1083–1103. <https://doi.org/10.1007/s10745-022-00371-z>
39. Silvano, R. A. M., & Valbo-Jørgensen, J. (2008). Beyond fishermen's tales: Contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environment, Development and Sustainability*, 10, 657–675. <https://doi.org/10.1007/s10668-008-9149-0>
40. Simpfendorfer, C. A., Freitas, G. G., Wiley, T. R., & Heupel, M. R. (2005). Distribution and habitat partitioning of immature bull sharks (*Carcharhinus leucas*) in a southwest Florida estuary. *Estuaries*, 28(1), 78–85. <https://doi.org/10.1007/BF02732755>
41. Skidmore, A. K., Franklin, J., Dawson, T. P., & Pilesjö, P. (2011). Geospatial tools address emerging issues in spatial ecology: A review and commentary on the Special Issue. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(3), 337–365. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.554296>
42. Swift, D. G., & Portnoy, D. S. (2020). Identification and delineation of essential habitat for elasmobranchs in estuaries on the Texas Coast. *Estuaries and Coasts*, 44(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00797-y>
43. Tuan, Y. (avec Internet Archive). (1974). *Topophilia: A study of environmental perception, attitudes, and values*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall. <http://archive.org/details/topophiliastudyo0000tuan>
44. Whitfield, A. K. (1999). Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9(2), 151–186. <https://doi.org/10.1023/A:1008994405375>
45. Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4_9

Évaluation des précipitations et des températures moyennes annuelles de 2021 à 2100 du bassin versant de la Loka (Centre de la Côte d'Ivoire)

Aloua Estelle Danielle Ebé, Docteur

Yah Carine Ettien, Docteur

N'dja Kolé Jacques Kamna, Doctorant

Gabriel Ettienne Aké, Docteur

Kouassi Ernest Ahoussi, Professeur

Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (LSSEG),
Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences de la Terre et des
Ressources Minières (STRM), Université Felix Houphouët Boigny de
Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p152](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p152)

Submitted: 13 November 2025

Accepted: 18 December 2025

Published: 31 December 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ebé, A.E.D., Ettien, Y.C., Kamna, N.K.J., Aké, G.E. & Ahoussi, K.E. (2025). *Évaluation des précipitations et des températures moyennes annuelles de 2021 à 2100 du bassin versant de la Loka (Centre de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 152.
<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p152>

Résumé

La présente étude évalue l'impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin versant de la Loka à l'aide d'un ensemble de 14 modèles de Cordex-Africa à travers les scénarii RCP 8.5 et RCP 4.5. Les simulations d'une période future (2021-2100) aux observations historiques (1981- 2005) ont permis d'analyser le signal de changement climatique projeté sur le bassin versant de la Loka. Les données simulées par les modèles climatiques ont été corrigées avec la méthode de calcul de biais et celle du << Delta >>. Les modèles Cordex-Africa projettent une baisse de la pluie allant de 6, 02 à 9, 01% (scénario RCP4.5) et de 5,58 à 7,29% (scénario RCP8.5) de 2021 à 2100. Tandis qu'on observe une hausse de la température de 1,50 à 2,60°C (scénario RCP4.5) et de 1,84 à 3,04°C (scénario RCP8.5) de 2021 à 2100. L'ensemble des 14 modèles de Cordex-Africa prévoient une diminution des précipitations et une augmentation des températures au sein du bassin versant de la Loka. Cette étude nous a permis faire la provision des

précipitations et des températures futures dans le bassin versant de la Loka. Une étude plus détaillée doit être réalisée afin de mieux percevoir les effets du changement climatique sur le bassin versant de la Loka.

Mots clés : Évaluation des précipitations, températures, bassin versant et Loka

Assessment of Average Annual Precipitation and Temperatures from 2021 to 2100 in the Loka Watershed (Central Ivory Coast)

Aloua Estelle Danielle Ebé, Docteur

Yah Carine Ettien, Docteur

N'dja Kolé Jacques Kamna, Doctorant

Gabriel Etienne Aké, Docteur

Kouassi Ernest Ahoussi, Professeur

Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (LSSEG),
Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences de la Terre et des
Ressources Minières (STRM), Université Felix Houphouët Boigny de
Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

This study assesses the impact of climate change on the water resources of the Loka watershed using a set of 14 Cordex-Africa models through the RCP 8.5 and RCP 4.5 scenarios. Simulations for a future period (2021-2100) compared to historical observations (1981-2005) allowed for the analysis of the projected climate change signal on the Loka watershed. Data simulated by the climate models were corrected using the bias calculation method and the "Delta" method. The Cordex-Africa models project a decrease in rainfall ranging from 6.02 to 9.01% (RCP4.5 scenario) and from 5.58 to 7.29% (RCP8.5 scenario) from 2021 to 2100, while an increase in temperature of 1.50 to 2.60°C (RCP4.5 scenario) and 1.84 to 3.04°C (RCP8.5 scenario) is observed from 2021 to 2100. All 14 Cordex-Africa models predict a decrease in rainfall and an increase in temperatures within the Loka watershed. This study allowed us to forecast future water withdrawals and temperatures in the Loka watershed. A more detailed study needs to be carried out in order to better understand the effects of climate change on the Loka watershed.

Keywords: Assessment, precipitation, temperatures, watershed and Loka

Introduction

Les changements climatiques sont dus au réchauffement induit par les activités humaines, qui s'accroît et atteindra 1,5° C entre 2030 et 2052 (OCE, 2019 ; GIEC, 2023). Dès lors, les préoccupations au cœur de l'agenda international portent sur les changements globaux et environnementaux, ainsi que leurs incidences directes ou indirectes sur la disponibilité des ressources en eau (Faye et al., 2015 ; N'guessan et al., 2015 ; Adiaffi et al., 2016 ; Soro et al., 2017 ; Agbanou et al., 2018, Adja et al., 2019 ; Konin et al., 2021). Parmi les régions concernées par la question de l'impact des fluctuations climatiques sur les ressources en eau, l'Afrique est au premier rang. Ainsi, plus de deux tiers (2/3) du continent sont localisés entre les tropiques. Les grandes sécheresses qui ont frappé le sahel en 1972-1973 et en 1984-1985 ont eu des conséquences dramatiques et durables pour les populations (Sircoulon, 1984). Malheureusement, les paramètres climatiques connaissent ces dernières décennies de fortes perturbations : une réduction de la pluviométrie et une augmentation de la température (Kpan, 2017). Cette baisse drastique de la pluviométrie a affecté la disponibilité des ressources en eau de la Côte d'Ivoire, notamment celles du bassin versant de la Loka de la ville de Bouaké. D'où la nécessité de connaître l'évolution future des précipitations et des températures dans ce bassin afin de mieux gérer les ressources en eau disponibles. L'objectif de cette étude est de connaître l'évolution des précipitations et des températures futures à l'aide d'un ensemble de 14 simulations du modèles Cordex-Africa basées sur les scénarii RCP8.5 et RCP4.5. Ces scénarii évaluent efficacement les émissions de gaz à effet de serre.

Zone d'étude

Situé au Nord-Ouest de la ville de Bouaké (Centre de la Côte d'Ivoire) à 372 kilomètres de la ville d'Abidjan, le bassin versant de la Loka est compris entre les latitudes 07°30' et 07°42' Nord et les longitudes 05°24' et 05°10' Ouest (Figure 1). Avec une superficie de 768,64 km², ce bassin comprend principalement le barrage de la Loka en amont (à 20 km à l'ouest de la ville de Bouaké) aménagé par la Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire (SODECI) pour l'alimentation en eau de la ville de Bouaké et sa zone rurale. Il est traversé par la rivière Loka dans le village de Mahounou affluent du Kan et de la rive droite du Bandama blanc. Après un cours de 17 km, son bassin versant est de 135 km². À partir de la localité de Sakassou, 40 km à l'aval, le bassin versant a une superficie de 595 km². Son profil en long a une pente assez faible (5,4 % en moyenne). La zone d'étude baigne dans un climat de transition équatorial atténué (climat Baouléen) à quatre (4) saisons, dont deux (2) saisons pluvieuses et deux saisons sèches. Se trouvant dans un régime pluviométrique bimodal, les précipitations moyennes annuelles varient entre 1200 mm et 1600 mm (Kouassi et al., 2008) et les températures de 25°C à 38°C (Assémian et

al., 2023) dans cette zone. Il est constitué de sols essentiellement ferralitiques. Les formations géologiques dominées de granite, de granitoïdes discordants et de migmatites. Le bassin versant de la Loka est occupé par plusieurs groupes ethniques majoritairement ruraux ayant pour activité principale l'agriculture. De plus, le manioc devient la culture dominante et l'anacarde la culture d'exportation la plus pratiquée. L'accroissement de la population a favorisé une demande en eau potable de plus en plus forte.

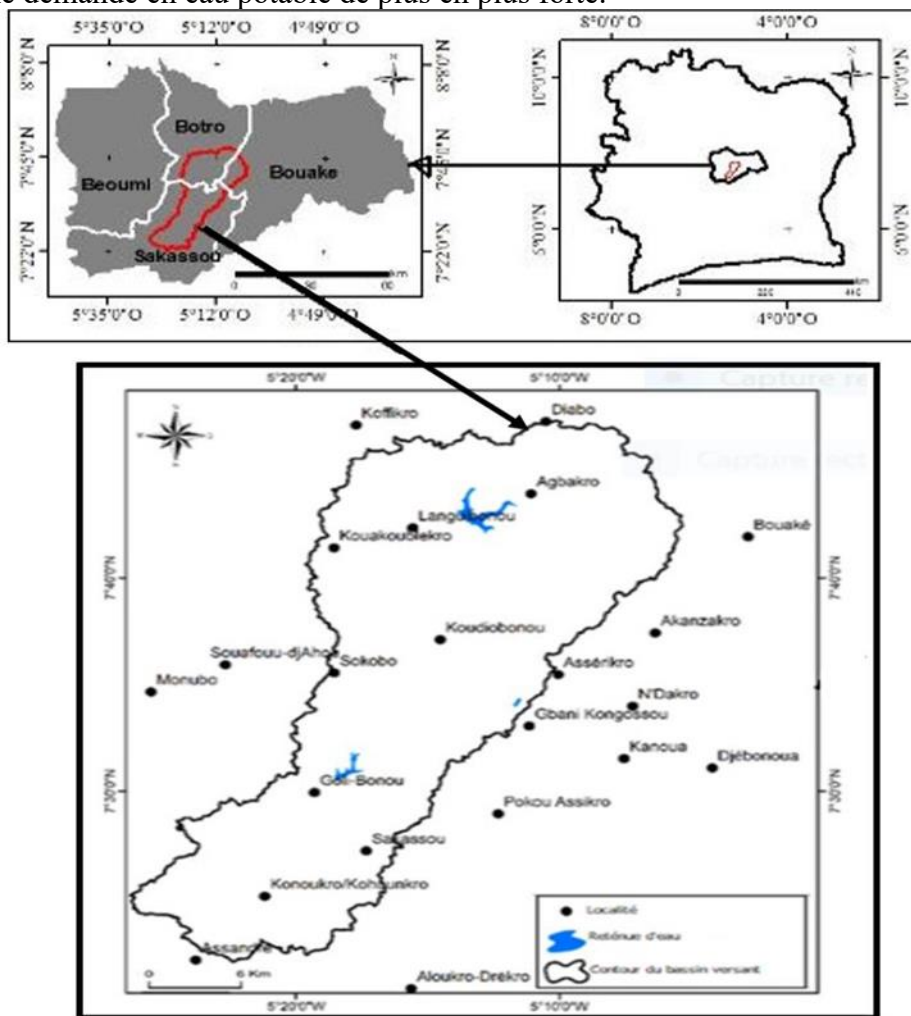


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Matériel et Méthodes

Données de précipitation et de températures

Les données climatologiques mises à notre disposition, proviennent de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) et du projet Prediction of Worldwide Energy

Resources (POWER) de la NASA Langley Research Center (LaRC) téléchargeables sur le site <http://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>. Elles concernent les données pluviométriques et de températures (1981-2021), celles de l'humidité relative et d'évapotranspiration (1981-2021). Il s'agit des données in-situ des stations des villes de Bouaké et Sakassou. Aussi, les données moyennées de 14 modèles climatiques (tableau 1) de Cordex-Africa (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment : <http://www.cordex.org/>) ont été obtenues auprès des chercheurs de West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL : www.wascal.org) de 1981 à 2005 pour l'historique et de 2021 à 2100 pour les simulées. Ces données comprennent les précipitations et les températures journalières minimales et maximales.

Tableau 1 : Caractéristiques des quatorze modèles climatiques régionaux du projet Cordex-

MCR	MCG	Institutions	Références
SMHI-RCA4	CanESM2 ; CNRM-CM5 ES-EARTH-r12 ; IPSL-CM5A MR	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rossby Centre	Samuelsson et al., (2011)
CLMcom-CCLM4-8-17	MPI-ESM-LR ; ES-EARTH-r12 HadGEM2-ES ; CNRM-CM5	CLM community	Baldauf et al., (2011)
DMI-HIRHAM5	EC-EARTH-r3	Danmarks Meteorologiske Institut (Danemark)	Christensen et al., (2006)
KNMI-RACMO22 E	EC-EARTH-r1	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (Pays-Bas)	VanMeijgaard et al., (2008)
CCCma-CanRCM4	CanESM2	CCCma (Canadien Centre for Climate Modelling and analysis, Victoria, BC, Canada)	Scinocca et al., (2008)
MPI-CSC-REMO2009	MPI-ESM-LR	Max Planck Institute (Allemagne)	Jacob et al., (2007)
CNRM-ALADIN52	CNRM-CM5	Centre National de Recherche Météorologique de France	Déqué, (2010)
BCCR-WRF331	NorESM1-M	Universidad de Cantabria (Espagne)	Skamarock et al., (2008)

Africa

Méthodes

Calcul de biais

La performance d'un modèle pour la production de scénarios climatiques futurs est validée, si ce modèle est capable de reproduire correctement le climat présent. Dès lors, des comparaisons sont effectuées entre les données de températures observées et simulées de 1981 à 2005 et entre les données de précipitations observées et simulées de 1981 à 2005 (Mora et al., 2014). La différence entre les données observées et simulées représente l'erreur. L'erreur relative (Er) permet de savoir si le modèle climatique surestime ou sous-estime les paramètres analysés. L'expression de l'erreur relative est donnée par l'équation :

$$Er = 100 \times (X_{cal} - X_{obs}) / X_{cal} \quad \text{Eq (1)}$$

avec :

X_{cal} : valeur du paramètre calculé par le modèle ;

X_{obs} : valeur du paramètre observé.

Si $Er > 0$ le modèle surestime le paramètre calculé.

Si $Er < 0$ le modèle sous-estime le paramètre calculé.

Méthode du Delta

La méthode du Delta consiste à déterminer un changement (ou une anomalie) qui correspond à la différence des moyennes entre une simulation de climat futur moins la simulation de climat présent, en calculant simplement un changement moyen sur l'ensemble de la distribution des observations (Lenderink et al., 2007).

Perturbations additives des températures

$$\Delta T = T_{sim, m, p} - T_{ref, m} \quad \text{Eq (2)}$$

$$T_{sim, j, p} = T_{obs, j} + (T_{sim, m, p} - T_{ref, m}) \quad \text{Eq (3)}$$

$T_{sim, j, p}$: température journalière de la période d'étude considérée ;

$T_{obs, j}$: température journalière observée à la station ;

$T_{sim, m, p}$: température moyenne mensuelle interannuelle de la période d'étude considérée;

$T_{ref, m}$: température moyenne mensuelle interannuelle de la période de référence.

Perturbations multiplicatives des précipitations

$$\text{Delta P/P or ratio} = P_{sim, m, p} / P_{réf, m} \quad \text{Eq (4)}$$

$$P_{sim, j p} = P_{obs j} \times (P_{sim, m, p} / P_{réf, m}) \quad \text{Eq (5)}$$

$P_{sim, j, p}$: précipitation journalière de la période d'étude considérée ;

$P_{obs, j}$: précipitation journalière observée à la station ;

$P_{sim, m, p}$: précipitation moyenne mensuelle interannuelle de la période d'étude considérée ;

$P_{réf, m}$: précipitation moyenne mensuelle interannuelle de la période de référence.

Résultats et discussions

Résultats

Validation des précipitations

La figure 2 présente la comparaison des précipitations observées (SODEXAM) et simulées (historiques) sur la période de référence (1981-2005). De décembre à juin, le modèle a tendance à sous-estimer les précipitations dans le bassin. Tandis que de juillet à novembre, le modèle sur-estime les précipitations dans le bassin.

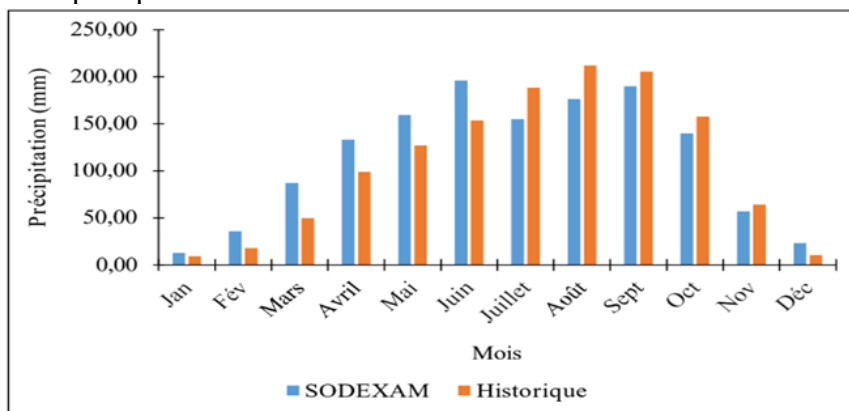


Figure 2 : Évolution des précipitations moyennes mensuelles simulées et observées (SODEXAM) du bassin versant de la Loka

Le tableau 2 présente des valeurs moyennes annuelles de 113,83 mm et un écart-type de 67,25 mm pour les précipitations observées contre 107,95 mm et un écart-type de 76,57 mm pour les précipitations historiques.

Tableau 2 : Erreur moyenne et biais entre la pluie observée et celle simulée par les modèles Cordex-Africa

Mois	Pluie observée (mm)	Pluie historique (mm)	Erreur moyenne 10^{-2} (mm)	Biais (mm)
Janvier	12,68	9,47	-3,21	0,75
Février	35,91	18,08	-17,83	0,5
Mars	87,2	49,68	-37,51	0,57
Avril	133,26	98,86	-34,4	0,74
Mai	159,48	127,13	-32,35	0,8
Juin	195,93	153,62	-42,3	0,78
Juillet	155,05	188,54	33,48	1,22
Août	176,31	212,05	35,74	1,2
Septembre	190,09	205,58	15,49	1,08
Octobre	139,85	157,84	17,99	1,13
Novembre	56,9	64,24	7,34	1,13
Décembre	23,27	10,36	-12,91	0,45
Moyenne annuelle	113,83	107,95	-5,87	0,86

Le modèle climatique sous-estime les précipitations de décembre à juin. Cela est traduit par des valeurs de biais proches de zéro. Les erreurs entre les précipitations observées et celles simulées sont négatives de décembre à juin et positives de juillet à novembre. Le biais proche de 1 signifie une bonne simulation des précipitations observées dans le bassin versant de la Loka (Tableau 2).

Validation des températures

La figure 3 montre l'évolution des températures observées et celles simulées aux stations au sol sur la période historique (1981-2005). Le modèle sous-estime les températures de novembre à mai (saison sèche) et sur-estime de juin à octobre (saison pluvieuse).

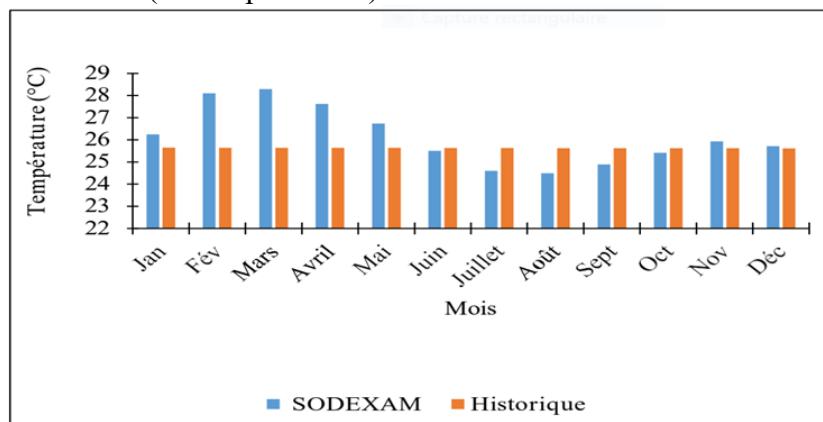


Figure 3 : Évolution des températures moyennes mensuelles observées (SODEXAM) et simulées du bassin versant de la Loka (1981-2005)

Tableau 3 : Erreur moyenne et biais entre la température observée et celle simulée par les modèles Cordex-Africa

Mois	Température bservée (°C)	Température historique (°C)	Erreur moyenne 10 ⁻² (°C)	Biais (°C)
Janvier	26,25	25,65	-0,6	0,98
Février	28,1	27,64	-2,46	0,91
Mars	28,29	28,64	-2,65	0,91
Avril	27,63	26,64	-1,98	0,93
Mai	26,74	25,64	-1,09	0,96
Juin	25,5	25,64	0,13	1,01
Juillet	24,6	24,63	1,03	1,04
Août	24,49	24,81	1,13	1,05
Septembre	24,89	25,63	0,74	1,03
Octobre	25,41	25,62	0,21	1,01
Novembre	25,93	24,62	0,3	0,99
Décembre	25,71	23,62	-0,09	1
Moyenne annuelle	26,13	25,63	-0,44	0,99

On constate que le modèle climatique sur-estime les températures durant les mois de la saison sèche et sous-estime les températures pendant la saison pluvieuse (Tableau 3). Les écarts de température moyenne varient de 24,49°C à 28,29°C et un écart de 3,8°C pour les observées et de 23,62°C à 28,64 °C et un écart de 5,02 °C pour les historiques.

Précipitations observées et corrigées

La correction des données simulées a permis d'avoir dans l'ensemble une bonne corrélation. Les figures 4 et 5 présentent de fortes corrélations linéaires entre les pluies observées (1981-2005) et corrigées (2021-2045) dans le bassin versant de la Loka. On obtient des corrélations de précipitation de 0,85 et 0,98 respectivement pour les scénarios RCP 8.5 et RCP 4.5. Cette bonne corrélation entre les pluies observées et corrigées montre l'efficacité du modèle.

Températures observées et corrigées

Les figures 6 et 7 présentent de fortes corrélations linéaires entre les pluies observées (1981- 2005) et corrigées (2021-2045) dans le bassin versant de la Loka. On obtient des corrélations de température de 0,88 et 0,97 respectivement pour les scénarios RCP 8.5 et RCP 4.5. Ces résultats montrent que le modèle utilisé est robuste.

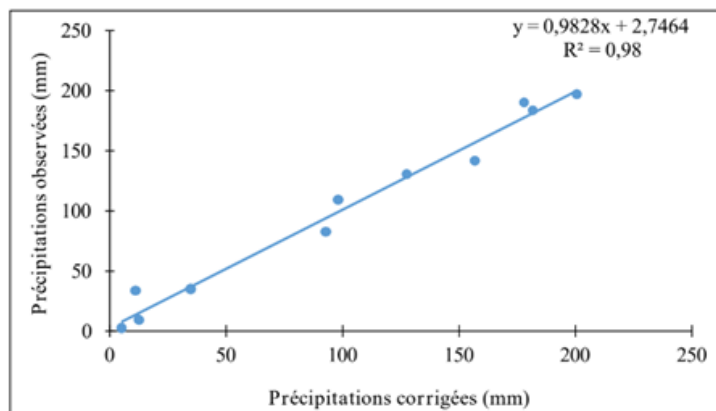


Figure 4 : Corrélation linéaire entre les précipitations mensuelles observées (1981-2005) et corrigées (2021-2045) dans le scénario RCP 8.5

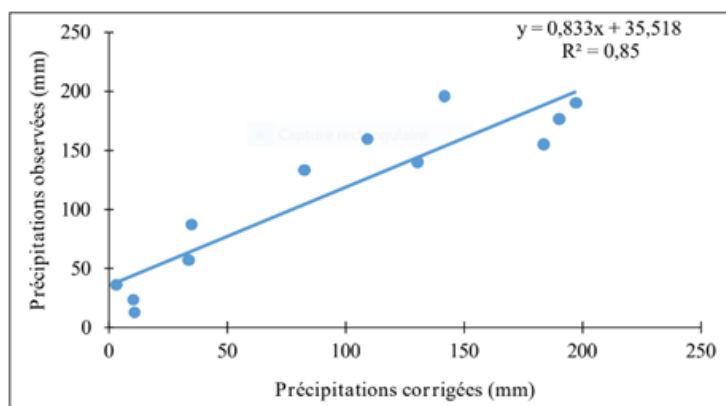


Figure 5 : Corrélation linéaire entre les précipitations mensuelles observées (1981-2005) et corrigées (2021-2045) dans le scénario RCP 4.5

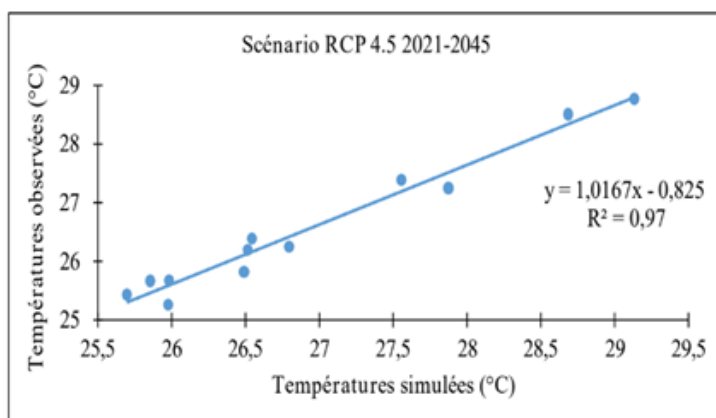


Figure 6 : Corrélation linéaire entre les températures mensuelles observées (1981-2005) et corrigées (2021-2045) dans le scénario RCP 8.5

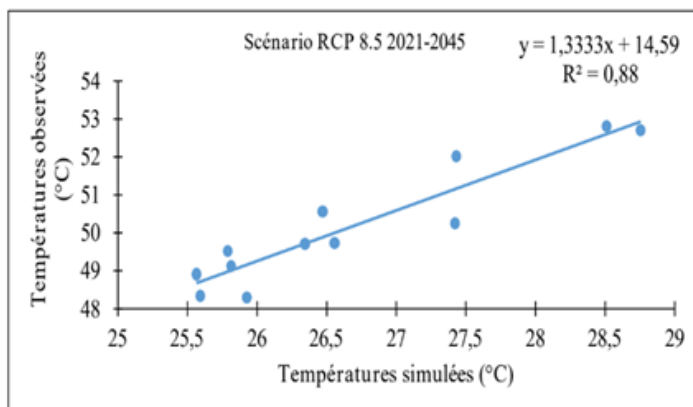


Figure 7 : Corrélation linéaire entre les températures mensuelles observées (1981-2005) et corrigées (2021-2045) dans le scénario RCP 4.5

La bonne corrélation entre les pluies observées et corrigées et entre les températures observées et corrigées montre que l'utilisation de l'ensemble de modèles moyennés a donné des résultats satisfaisants dans le bassin versant de la Loka.

Évolution des paramètres climatiques (pluies et températures) dans le bassin versant de la Loka de 2021 à 2045, de 2052 à 2075 et de 2076 à 2100

Précipitation

La figure 8 montre une baisse du taux de variation des précipitations à partir du mois de septembre jusqu'au mois d'avril dans le scénario RP 4.5 de 2021 à 2045. Cette baisse sera comprise entre -6,87 (janvier) à -61,97% (mars) et une augmentation pour les mois de mai (27,50%), d'août (33,69%), de juillet (46,41%) et de juin (65,10%). De 2051 à 2075, le modèle prévoit une baisse du taux de variation des pluies allant du mois d'octobre (-36,81%) au mois d'avril (-64,54%). Cette baisse se situera entre -7,90% en juin et -64,54% en avril et une augmentation de 1,16% (septembre), de 3,20 (août), de 34,91% (juillet), 35,70% (mai), et de 82,27% (juin). Quant à la période de 2076 à 2100, le modèle prévoit une diminution du taux de variation de -7,15% (janvier) à -62,29% (mars) et une augmentation en octobre (0,60%), en septembre (1,13%), en juillet 9,70%, en mai (18,69%), en août 24,86% et en juin (84,82%).

Dans le scénario RCP 8.5 (figure 9), le modèle prévoit à l'horizon 2021-2045 une baisse des taux de variation des pluies fluctuant entre -6,80% (janvier) à -60,37% (octobre) et une augmentation de 33,80% en août, de 34,56% en juillet, 40,60% en mai et 65,35% en juin. Pour la période de 2051 à 2075, les taux de variation des pluies pourraient diminuer de -6,45% (janvier) à -60,11% (mars) et augmenter de 30,09% en août, de 46,91% en juillet, 47,70% en mai et 63,27% juin. Quant à la période 2076 à 2100, les taux de variation des pluies baisseront de -6,32% (janvier) à -61,69% (mars) et

augmenteront de 0,3% en octobre, 1,91% en septembre, 9,70% en juillet, de 19,69% en mai, 24,86 en août et 86,08% en juin.

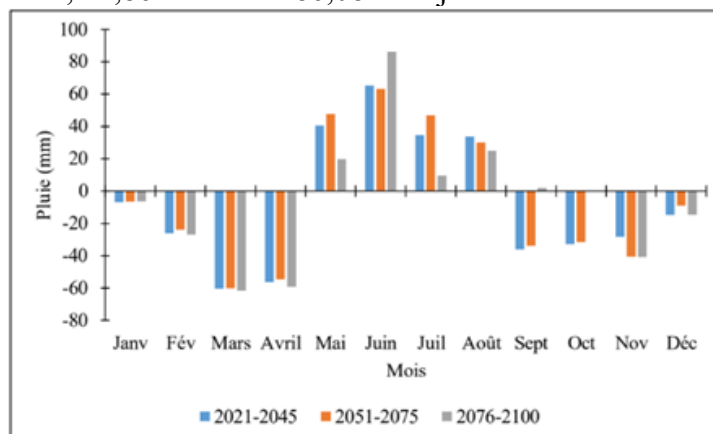


Figure 8 : Évolution des pluies moyennes mensuelles de 2021 à 2045, de 2051 à 2075 et de 2076 à 2100 selon le scénario RCP 4.5

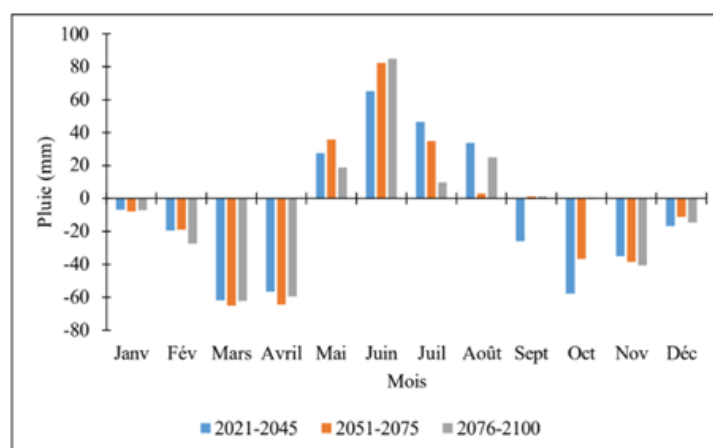


Figure 9 : Évolution des pluies moyennes mensuelles de 2021 à 2045, de 2051 à 2075 et de 2076 à 2100 selon le scénario RCP 8.5

Température

Sous le scénario RCP 4.5, l'accroissement moyen mensuel des températures à l'horizon 2021-2045 fluctuent de 0,11 (juillet) à 4,60°C(février) tout au long de la période avec une moyenne de 1,50°C. Par contre, de 2051-2075, on observera une hausse mensuelle des températures de 0, 71 (janvier) à 6,18°C (mars) avec une moyenne de 2,03°C. Aussi de 2076 à 2100, on enregistrera une augmentation de la température dont les valeurs moyennes varient de 0,58°C (juillet) à 6,35°C% (février) pendant la période avec une moyenne de 2,60°C (figure 10). Sous le scénario RCP 8.5, une élévation des températures moyennes mensuelles est prévue de 2021 à 2045.

Cette élévation fluctue entre 0,6 °C (août) et 4,6°C (mars) avec une moyenne de 1,84°C. De 2051 à 2075, une augmentation des températures moyennes mensuelles de 0,8°C en août à 5,60°C en mars avec une moyenne de 2,11°C. Quant à la période 2076 à 2100, le modèle prévoit également une hausse moyenne mensuelle des températures comprises entre 0,6°C (août) et 7,50°C (mars) avec une moyenne 3,04°C (figure 11).

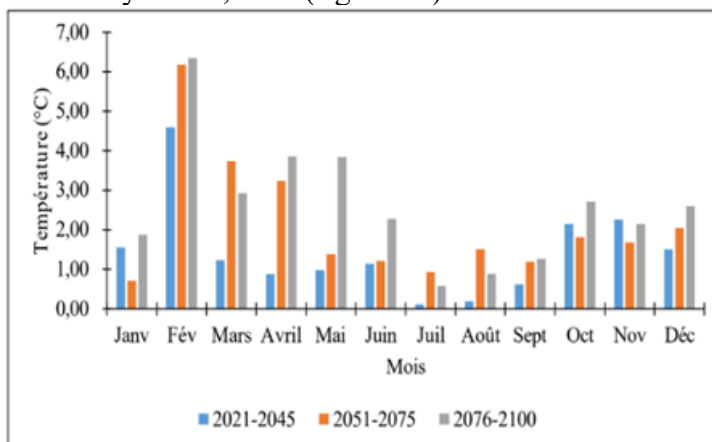


Figure 10 : Évolution des températures moyennes mensuelles de 2021 à 2045, de 2051 à 2075 et de 2076 à 2100 selon le scénario RCP 4.5

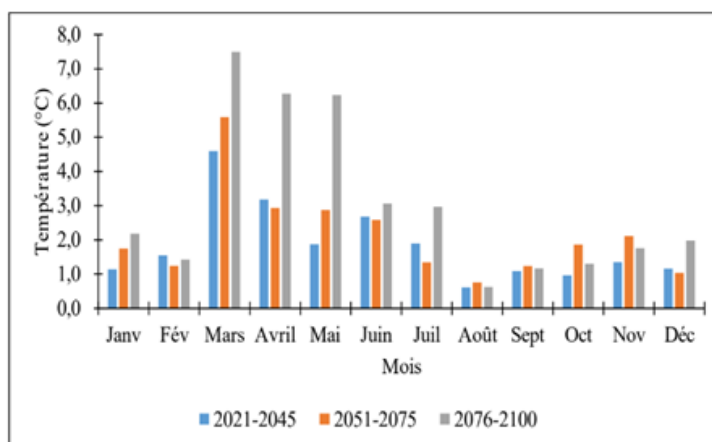


Figure 11 : Évolution des températures moyennes mensuelles de 2021 à 2045, de 2051 à 2075 et de 2076 à 2100 selon le scénario RCP 8.5

Discussions

Les résultats de la comparaison des précipitations et températures moyennes mensuelles simulées par un ensemble moyenné de 14 modèles Cordex-Africa avec celles observées ont permis de vérifier la fiabilité du modèle climatique. Au niveau des précipitations, la simulation climatique

effectuée selon les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 prévoit une diminution des précipitations.

La variation moyenne annuelle des précipitations obtenue dans le bassin versant de la Loka serait de -9,01% (2021-2045), -7,18% (2052-2075) et -6,02% (2076-2100) sous le scénario RCP 4.5 et -7,29 (2021-2045), -6,01% (2052-2075) et -5,58% (2076-2100) sous le scénario RCP 8.5. Les études réalisées par Soro et al. (2017) ont montré une diminution des précipitations de 3 % à 42 % selon le scénario RCP 4.5 et de 5 % à 47 % selon le scénario RCP8.5 dans le bassin versant du Haut Bandama. Yapo et al. (2020) ont montré aussi dans le Nord de la Côte d'Ivoire la diminution des précipitations de 10 %. Aussi, Yao (2021) a montré une diminution de 3,55 % à 16,5 % des précipitations de 2030 à 2090 dans le bassin du Haut Bandama dans la localité Badikala. Les travaux menés par Kouamé et al. (2019) avec le modèle Cordex Africa ont également montré une baisse de la pluviométrie de 2050 à 2080 de -12 % à Tiébissou, de -7 et -9% dans le Sud-ouest et -8 % au Nord à Bonguéra et Prikro et 6 % à Bocanda. Cependant, des augmentations des précipitations surviennent pendant les mois pluvieux sous le RCP 4.5 une augmentation de 19,62% à l'horizon 2021-2100 et sous le RCP 8.5 une augmentation de 15,02% à horizon 2021-2100. Les études faites par Santé (2021) montrent sous le scénario RCP 4.5 une hausse des précipitations de 1,78% à Sassandra et 23,9% à Man à l'horizon 2035 et 13,5% à Sassandra et 38,7% à Odienné à l'horizon 2085. Tandis que sous le scénario RCP 8.5, l'augmentation des précipitations varie entre 1,1% (Sassandra) et 14,6% (Odienné) à l'horizon 2035 et entre 16,8% (Sassandra) et 43,4% (Daloa) à l'horizon 2085 dans le bassin versant du Bandama.

Quant aux températures, le modèle prévoit sous le scénario RCP 8.5 une hausse moyenne annuelle de 1,84°C de 2021 à 2045 ; de 2,11°C entre 2051 et 2075 et de 3,04°C (2076-2100). Sous le scénario RCP 4.5, le modèle prévoit une hausse de 1,5°C (2021-2045), de 2,05°C (2051-2075) et de 2,6°C (2076-2100). Cette hausse des températures de 2021 à 2100 représente 2,05°C dans le scénario RCP 4.5 et 2,45°C dans le scénario RCP8.5. Les travaux de Kouakou (2011) prévoient une augmentation des températures en Afrique de l'Ouest comprise entre 0,5°C et 1,8°C de 2031 à 2040 et entre 3,2°C et 5,8°C de 2091 à 2100. Ceux de Yapo et al. (2019) prévoient également une augmentation des températures en Afrique de l'Ouest comprise entre 0,5°C et 1,8°C de 2031 à 2040 et entre 3,2°C et 5,8°C de 2091 à 2100. Les travaux de Yao (2021) ont montré une hausse de la température de 1,5 °C selon le scénario RCP 4.5 sur la période 2021-2040 et de 2,8 °C dans le scénario RCP 8.5 à l'horizon 2050. Selon Kouamé et al. (2019), la moyenne de l'ensemble multi-modèle prévoit une augmentation de la température annuelle de 1,6°C et 3,1°C respectivement aux horizons 2050 et 2080.

Conclusion

La capacité de l'ensemble de 14 modèles Cordex-Africa utilisée pour simuler les pluviométries et les températures de référence a été évaluée. Il en ressort que le modèle reproduit bien les précipitations historiques après correction et les températures historique après correction. Les résultats de l'évaluation des impacts du changement climatique sur les ressources en eau du bassin versant de la Loka à l'aide des scénarii RCP 8.5 et RCP 4.5 présentent une baisse des précipitations et une augmentation des températures. Au niveau des précipitations, la variation moyenne annuelle des précipitations obtenues dans le bassin versant de la Loka serait projettent une baisse de la pluie allant de 6, 02 à 9, 01% (scénario RCP4.5) et de 5,58 à 7,29% (scénario RCP8.5) de 2021 à 2100. Tandis qu'on observe une hausse de la température de 1,50 à 2,60°C (scénario RCP4.5) et de 1,84 à 3,04°C (scénario RCP8.5) de 2021 à 2100. Ces résultats mettent en relief l'évolution des changements climatiques à travers les pluies et les températures selon les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Des travaux plus détaillés sur l'étude du changement climatique dans le bassin versant de la Loka confirmeront ces résultats. Cependant, il est important que le changement climatiques influence le bassin versant de la Loka.

Remerciements

Les auteurs remercient le Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et de Géomatériaux (LSSEG) de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan et les chercheurs de West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL : www.wascal.org) de 1981 à 2005 pour l'historique et de 2021 à 2100 pour les simulées.

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. ADIAFFI, B., WANGO, T.E., GNAMBA, F.M., KPAN, O. J. G. et BAKA, D. (2016). Analyse de la relation pluie-débit dans un contexte de variabilité climatique dans la région de Katiola. International Journal of Engineering Science Invention, Vol. 5, N° 12, pp. 38-45.
2. ADJA M. G., DJÉMIN J. E., N'DRI F. O., KOUAMÉ F. K. et BIÉMI J. (2019). Contribution des modèles hydrologiques et des SIG à l'étude

- de l'impact de la variabilité climatique et du changement de l'occupation du sol sur les ressources en eau du bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 26, N° 2, pp. 652-667.
3. AGBANOU T. B., ABDOULAYE D., SABI OROU BOGO G. A., PAEGELOW M. et TENTÉ B. (2018). Variabilité pluviométrique et son impact sur le couvert végétal dans le secteur Natitingou-Boukombé au nord-ouest du Bénin. *Afrique Science*, Vol. 14, N° 3, pp. 182-191.
 4. FAYE C., SOW A. A. et NDONG J. B. (2015). Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, Vol. 9, N°1, pp. 17-35.
 5. GIEC. (2023). Synthèse du sixième rapport de synthèse du GIEC. 17 p.
 6. KONIN N. J. C., N'GO Y. A., SORO G. E., YA K. F. et GOULA B. T. A. (2021). Influence des facteurs hydro-morphostructuraux sur les inondations du bassin versant du fleuve San-pédro, Côte d'Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, Vol. 37, pp. 106 - 122.
 7. KOUAKOU K. E. (2011). Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: Cas du bassin versant de la Comoé. Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé. Abidjan (Côte d'Ivoire), 186 p.
 8. KOUAMÉ K. R., DIBI K. A. P. et KOLI B. Z. (2019). Vulnérabilité climatique dans le Centre de la Côte d'Ivoire (Tiébissou, au Nord à Bonguéra, Prikro et Bocanda): indicateurs, scénarii actuels et futurs. *Revue de Géographie Tropicale et d'environnement*, N° 1, 20 p.
 9. KPAN O. J. G. (2017). Incidence de la variabilité climatique sur les ressources en eau, le développement agricole et la santé des populations dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire et perspectives : cas de la zone littorale d'Abidjan à Aboisso. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan (Côte d'Ivoire), 225 p.
 10. LENDERINK G., BUIHAND A. and VAN DEURSEN W. (2007). Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 11, N° 3, pp. 1145–1159.
 11. MORA D. E., CAMPOZANO L., CISNEROS F., WYSEURÉ G. and WILLEMS P. (2014). Climate changes of hydrometeorological and hydrological extremes in the Paute basin, Ecuodoreas Andes. *Hydrological Earth System Science*, Vol. 10, N° 5, pp. 6445-6471.

12. N'GUESSAN J. A., KOUADIO Y. B. et N'DAOULÉ R. (2015). La variabilité pluviométrique et ses impacts sur l'alimentation en eau des milieux ruraux du département de Dimbokro (Centre- Est de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, N° 3511, pp. 36-57.
13. SANTÉ N. (2021). Impacts potentiels des changements climatiques sur l'occurrence des secheresses météorologiques et hydrologiques en Côte d'Ivoire : cas du bassin versant du Sassandra. Thèse de Doctorat en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 220 p.
14. SORO G. E., YAO A. E., KOUAMÉ Y. et GOULA B. T. A. (2017). Climate change and its impacts on water resources in the Bandama Basin, Côte d'Ivoire. *Hydrology*, Vol. 4, N°1. 18 p.
15. YAO F. Z. (2021). Changement climatique et disponibilité des ressources en eau dans le bassin versant du Haut Bandama   Badikaha (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat en Sciences en et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan), Côte d'Ivoire, 198 p.
16. YAPO A. L. M., DIAWARA A., KOUASSI B. K., YOROBA F., SYLLA M. B., KOUADIO K., TI MOKO D. T., KONÉ D. I., AKOB  E. and YAO K. P. A. T. (2020). Projected changes in extreme precipitation intensity and dry spell length in Côte d'Ivoire under future climates. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol.140, pp. 871-889.
17. YAPO A. L. M., DIAWARA A., YOROBA F., KOUASSI K. B., SYLLA B. M., KOUADIO K et TI MOKO D. T. (2019). Changements projet s aux XXI  siècle des températures extrêmes sur la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Geophysics*, Vol. 13, N  6. 19 p.

Dynamique Spatio-Temporelle des Paramètres Hydrologiques et Influence sur la Salinité de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy

Romaine Assogba-Ballè

Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

D.M. Maurice Ahouansou

Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin
Laboratoire du Génie Rural et de Mécanisation Agricole (LGRMA), Faculté
des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin
Département d'Aménagement et Gestion de l'Environnement (DAGE),
Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Benin

Luc O. Sintondji

Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n35p169](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p169)

Submitted: 09 October 2025
Accepted: 25 November 2025
Published: 31 December 2025

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

Cite As:

Assogba-Ballè, R., Ahouansou, D.M.M. & Sintondji, L.O. (2025). *Dynamique Spatio-Temporelle des Paramètres Hydrologiques et Influence sur la Salinité de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (35), 169.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n35p169>

Résumé

L'estuaire côtier de la Bouche du Roy constitue une interface dynamique entre les eaux continentales et marines, jouant un rôle essentiel dans les échanges hydrologiques, biologiques et écologiques. Du fait de sa salinité particulière, il abrite des fonctions écosystémiques stratégiques. Afin de caractériser la dynamique spatio-temporelle de ses paramètres hydrologiques et leur influence sur la salinité, un échantillonnage systématique a été réalisé sur trente et une (31) stations, dont six localisées aux embouchures et vingt-cinq réparties de manière équidistante dans l'estuaire. Les paramètres hydrologiques (vitesse et direction des courants, hauteur d'eau) et physico-chimiques (température, salinité, turbidité, oxygène

dissous et conductivité) ont été mesurés trois fois par saison sur une année complète. Les résultats montrent que la transparence de l'eau et la température de l'air sont significativement plus faibles en saison pluvieuse (45,03 cm ; 25,42 °C) qu'en saison sèche (60,42 cm ; 28,25 °C) ($p < 0,001$). À l'inverse, la profondeur moyenne est nettement plus élevée en saison pluvieuse (3,41 m) qu'en saison sèche (2,12 m) ($p < 0,001$). Par ailleurs, la conductivité exerce un effet très significatif ($p < 0,001$) sur la salinité en profondeur, indépendamment de la saison. En surface, la salinité varie de 0 à 3,50 S.m⁻¹ en saison sèche et de 0 à 1,80 S.m⁻¹ en saison pluvieuse. Ces résultats mettent en évidence le rôle déterminant des paramètres hydrologiques et physico-chimiques dans la variabilité saisonnière de la salinité de l'estuaire, offrant ainsi des perspectives utiles pour la gestion durable et la conservation de ce milieu sensible.

Mots clés : Dynamique estuarienne - Variabilité de la salinité - Paramètres hydrologiques -Analyse spatio-temporelle - Bouche du Roy (Bénin)

Spatio-Temporal Dynamics of Hydrological Parameters and Their Influence on the Salinity of the Bouche du Roy Coastal Estuary

Romaine Assogba-Ballè

Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

D.M. Maurice Ahouansou

Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
Laboratoire du Génie Rural et de Mécanisation Agricole (LGRMA), Faculté
des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
Département d'Aménagement et Gestion de l'Environnement (DAGE),
Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Luc O. Sintondji

Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Nature,
Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de botanique, Côte d'Ivoire

Abstract

The coastal estuary of the Bouche du Roy represents a dynamic interface between continental and marine waters, playing a crucial role in

hydrological, biological, and ecological exchanges. Owing to its particular salinity regime, it supports key ecosystem functions. To investigate the spatio-temporal dynamics of hydrological parameters and their influence on salinity, a systematic sampling was conducted across thirty-one (31) stations, including six at the estuarine mouths and twenty-five distributed equidistantly along the estuary. Hydrological (current velocity and direction, water depth) and physico-chemical parameters (temperature, salinity, turbidity, dissolved oxygen, and conductivity) were measured three times per season over a full annual cycle. Results reveal that water transparency and air temperature were significantly lower during the rainy season (45.03 cm; 25.42 °C) compared to the dry season (60.42 cm; 28.25 °C) ($p < 0.001$). Conversely, the average water depth was significantly higher in the rainy season (3.41 m) than in the dry season (2.12 m) ($p < 0.001$). Conductivity exerted a highly significant influence ($p < 0.001$) on salinity at depth, regardless of season. At the surface, salinity ranged from 0 to 3.50 S.m⁻¹ in the dry season and from 0 to 1.80 S.m⁻¹ in the rainy season. These findings highlight the strong seasonal variability of hydrological and physico-chemical parameters driving salinity in the Bouche du Roy estuary and provide valuable insights for the sustainable management and conservation of this sensitive ecosystem.

Keywords: Estuary dynamics - Salinity variability - Hydrological parameters – Spatio-temporal analysis - Bouche du Roy (Benin)

Introduction

Les zones côtières d'Afrique représentent la deuxième source d'apport en eau douce vers l'océan Atlantique, jouant un rôle fondamental dans la régulation des processus hydrologiques, écologiques et biogéochimiques. Les estuaires, en particulier, constituent des interfaces dynamiques entre les domaines continental et marin, assurant d'intenses échanges d'eau, de sédiments et de nutriments par l'intermédiaire de leurs embouchures (El Morhit et al., 2012 ; Laïbi et al., 2018 ; Vinh and Ouillon, 2021 ; Garinet et al., 2024). Dans de nombreux cas, le volume des eaux océaniques oscillant dans l'estuaire dépasse celui des apports d'eaux continentales, conférant ainsi à la marée un rôle déterminant dans la dynamique hydrologique et saline des écosystèmes estuariens.

Le littoral béninois est délimité par trois plateaux tabulaires inclinés en pente douce vers le sud : les plateaux de Comé et d'Allada au Bénin, et celui de Vogan-Attitogan au Togo (Yantikoua et al., 2021). L'estuaire côtier de la Bouche du Roy, situé sur cette côte, présente une originalité paysagère remarquable où se rencontrent fleuve et mer, créant un espace à forte valeur écologique et socio-économique. Ce site attire également un intérêt touristique croissant, à travers des activités telles que la pêche aux écrevisses, les balades

en pirogue ou en bateau, ainsi que les visites culturelles des villages voisins. Sur le plan climatique, les alizés océaniques constituent les vents dominants de la côte béninoise, tandis que les alizés de nord-est n'apparaissent que de manière marginale entre novembre et mars (Laïbi, 2011 ; Alassane, 2020).

Cependant, cet équilibre naturel demeure fragile et soumis à de multiples pressions. La diminution des apports d'eau douce, combinée à la dérive littorale, favorise l'ensablement progressif de la passe (Adopo et al., 2008). À cela s'ajoutent les impacts croissants des activités humaines, notamment l'exploitation touristique, le pompage de la nappe phréatique, l'exploitation des mangroves et l'accumulation sédimentaire liée aux aménagements hydrauliques et côtiers (barrage de Nagbéto, digues, ouvrages portuaires). Ces pressions anthropiques renforcent la vulnérabilité de l'estuaire en modifiant sa stabilité géomorphologique et son régime de salinité. Or, la dynamique de la salinité dans un estuaire dépend à la fois du débit fluvial et du rythme des marées, faisant de cet indicateur un paramètre clé de compréhension des interactions continent-océan.

Malgré l'importance écologique et socio-économique des estuaires au Bénin, très peu d'études ont été consacrées à la dynamique océanographique et hydrologique de ces milieux. L'estuaire côtier de la Bouche du Roy reste particulièrement peu documenté en ce qui concerne la variabilité spatio-temporelle de ses paramètres hydrologiques et physico-chimiques, ainsi que leur rôle dans le contrôle de la salinité. Dans cette perspective, la présente étude se fixe pour objectif d'analyser l'évolution spatio-temporelle des paramètres hydrologiques caractérisant la salinité de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy. Elle vise à combler une lacune scientifique majeure et à fournir des éléments d'aide à la décision pour la gestion durable et la conservation de cet écosystème sensible.

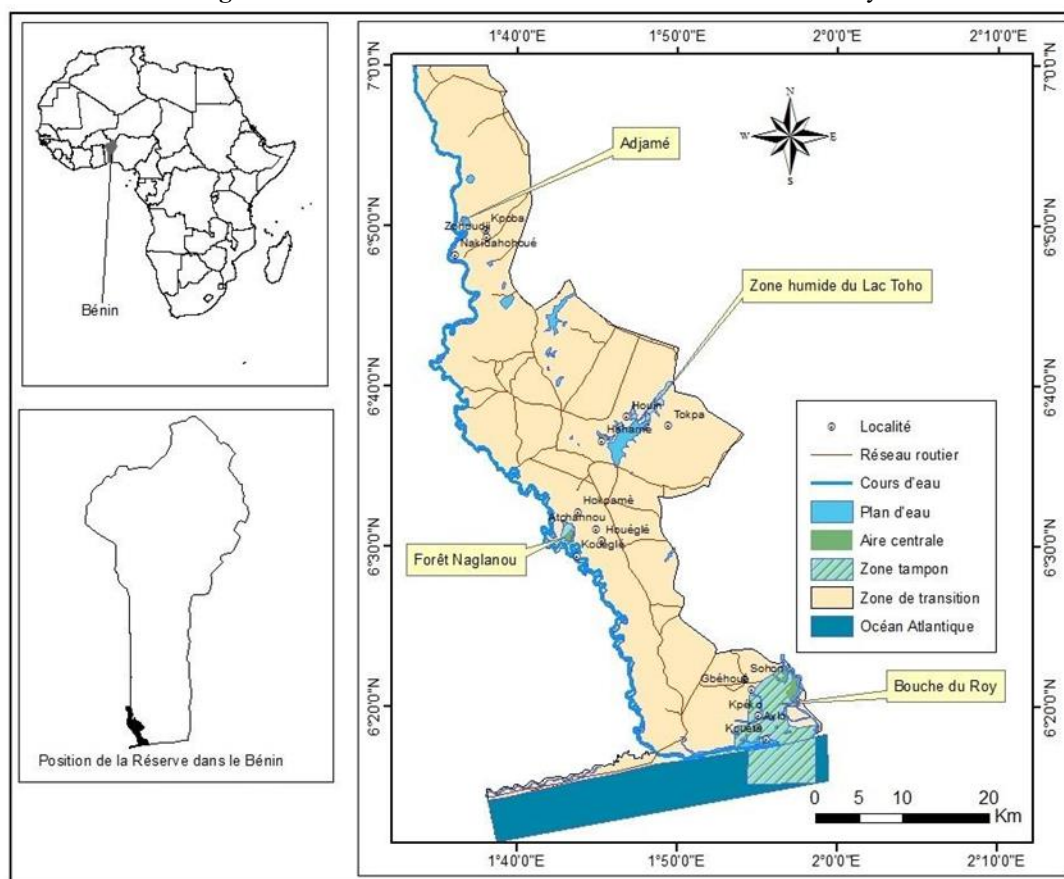
Méthodologie

Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans la zone Ouest du littoral béninois, comprise entre les latitudes 6,27° et 6,29° Nord et les longitudes 1,83° et 1,93° Est (Figure 1). L'estuaire côtier de la Bouche du Roy est situé à l'extrémité sud-ouest du Bénin, dans la commune de Grand-Popo (département du Mono), à proximité de la frontière avec le Togo. Il constitue l'embouchure principale du fleuve Mono, qui prend sa source au Togo et parcourt environ 467 km avant de se jeter dans l'océan Atlantique (Laïbi, 2011). Cette portion de côte s'étend sur environ 23 km, soit près de 19 % du littoral national. Elle est soumise à une marée océanique de type semi-diurne et microtidale, caractérisée par des marnages extrêmes variant de +1,95 m à -0,20 m, avec une amplitude moyenne généralement proche de 1 mètre (Assogba-Ballè, et al., 2021). L'estuaire s'étend sur une zone caractérisée par une forte interaction entre les

eaux continentales et marines, ce qui en fait un écosystème à la fois complexe et vulnérable (Adopo et al., 2008 ; El Morhit et al., 2012).

Figure 1 : Localisation de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy



Source : Hadonou-Yovo, et al., 2019

La Bouche du Roy joue un rôle écologique majeur, notamment par la présence de mangroves, de lagunes et d'habitats halieutiques qui constituent des zones de reproduction et de croissance pour de nombreuses espèces aquatiques (Sinsin et Kampmann, 2010). Cette richesse biologique lui a valu d'être inscrite sur la liste des sites Ramsar en 2012, en reconnaissance de son importance internationale pour la conservation des zones humides et de la biodiversité (Ramsar, 2012).

Sur le plan socio-économique, la zone est également un espace de vie et d'activités pour les communautés locales, qui y développent la pêche artisanale, le maraîchage, l'exploitation du bois de mangrove et des activités touristiques. Toutefois, cet équilibre est menacé par les pressions anthropiques (extraction de sable, urbanisation, tourisme non maîtrisé) et par les dynamiques naturelles telles que l'ensablement de la passe, l'érosion côtière

et la variabilité saisonnière de la salinité (Laïbi et al., 2018 ; Yantikoua et al., 2021).

Collecte des données

Dans le cadre de l'analyse spatio-temporelle des paramètres hydrologiques influençant la salinité de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy, un échantillonnage systématique a été réalisé. Trente et une (31) stations d'observation ont été retenues (Figure 2), dont six situées au niveau des embouchures et vingt-cinq réparties de manière équidistante le long de l'estuaire.

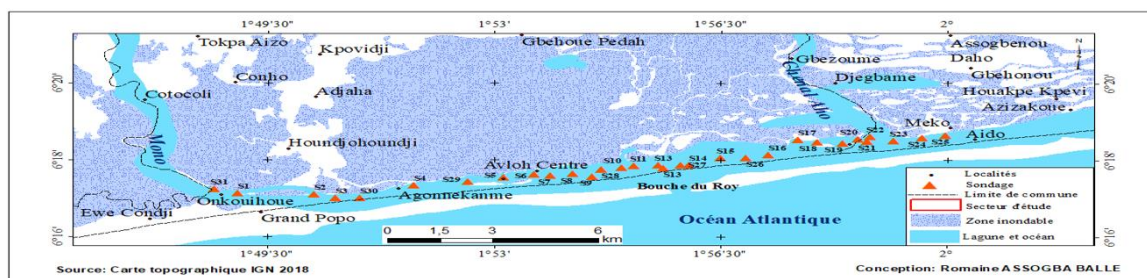


Figure 2 : Localisation des stations d'échantillonnage dans l'estuaire côtier de la Bouche du Roy

Les campagnes de collecte des données ont été effectuées trois fois par saison, sur une période d'un an, afin de couvrir l'ensemble du cycle hydrologique annuel. Les paramètres mesurés comprenaient :

- ✓ hydrologiques : vitesse et direction des courants, hauteur d'eau ;
- ✓ physico-chimiques : température, salinité, turbidité, oxygène dissous et conductivité.

À chaque station, les mesures ont été réalisées à deux profondeurs (surface et fond) et répétées plusieurs fois afin de garantir leur fiabilité. Le matériel utilisé pour les mesures (Figure 3) comprenait : un conductimètre (salinité et conductivité), un courantmètre (vitesse et direction du courant), un disque de Secchi (transparence/turbidité), ainsi qu'un multiparamètre portable (oxygène dissous et température).

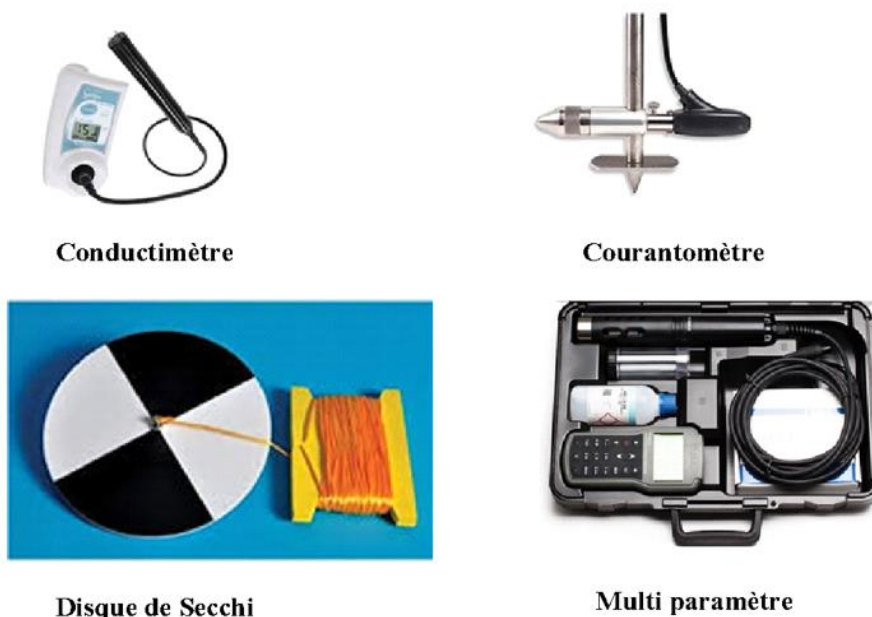


Figure 3 : Appareils ayant servis à mesurer les paramètres

Analyse et traitement des données

En vue de l'analyse et de l'interprétation des résultats, une étude des relations d'interdépendance a été réalisée entre les variables explicatives (vitesse du courant, hauteur d'eau, température, oxygène dissous et conductivité) et la variable expliquée, à savoir la salinité. Cette relation a été explorée à l'aide d'une régression multiple, mise en œuvre avec le logiciel R. La variation spatiale de la salinité a été évaluée par une approche géostatistique reposant sur la méthode du krigeage. Cette technique nécessite au préalable l'analyse de la structure spatiale des données, qui repose sur l'élaboration et l'ajustement d'un modèle de variogramme. Pour ce faire, le logiciel Matlab a été utilisé afin de calculer le variogramme expérimental et d'en déduire le modèle théorique le mieux adapté. Le variogramme expérimental, défini selon Abramowitz et Stegun (1972, cité par Hinvi et al., 2013), a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j) \in S(h)} (Z_i - Z_j)^2$$

Avec :

$\gamma(h)$ = variogramme expérimental pour les couples de distance h ;

$N(h)$ = nombre de couples d'observations séparées par la distance h ;

Z_i et Z_j = valeurs de la salinité respectivement aux stations i et j .

Le modèle de variogramme retenu a été évalué par le critère de Nash (Nash et Sutcliffe, 1970 cité par Vissin, 2007) dont la formule suit :

$$Nash = 1 - \frac{\sum_1^n (Y_{i^{obs}} - Y_{i^{mod}})^2}{\sum_1^n (Y_{i^{obs}} - Y_{moy})^2}$$

La méthode de krigeage ordinaire est utilisée pour estimer les valeurs de la salinité à des points inconnus. C'est un estimateur sans biais très utilisé en hydrométrie. Cette méthode tient compte de l'influence (poids) des valeurs des stations avoisinant l'endroit inconnu. Une valeur quelconque Z de la salinité en un endroit x est estimée par :

$$Zx = \sum \lambda_i Z_i$$

Où Zx = salinité estimée ; Z_i = salinité d'une station connue ; λ_i = poids d'influence d'une salinité connue. Les λ_i sont déterminés à travers la résolution du système de krigeage qui est le suivant :

$$\begin{cases} K_0 \lambda_0 = k_0 \\ \sigma_{k_0}^2 = \sigma_x^2 - \lambda_0' k_0 \\ \sum_{i=0}^n \lambda_0 = 1 \end{cases}$$

Avec

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \sigma^2 & \text{Cov}(Z_1, Z_2) & \dots & \text{Cov}(Z_1, Z_n) & 1 \\ \text{Cov}(Z_2, Z_1) & \sigma^2 & \dots & \text{Cov}(Z_2, Z_n) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \text{Cov}(Z_n, Z_1) & \text{Cov}(Z_n, Z_2) & \dots & \sigma^2 & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{K_0} \underbrace{\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix}}_{\lambda_0} = \underbrace{\begin{bmatrix} \text{Cov}(Z_1, Z_0) \\ \text{Cov}(Z_2, Z_0) \\ \vdots \\ \text{Cov}(Z_n, Z_0) \\ 1 \end{bmatrix}}_{k_0}$$

K_0 = matrice des covariances de tous les couples de points

k_0 = matrice des covariances de tous les couples de points contenant Zx

$\sigma_{k_0}^2$ = variance d'estimation du krigeage ordinaire

σ_x^2 = variance de la valeur estimée ; λ_0' = transposée de la matrice λ_0 .

Le logiciel Matlab a été utilisé pour les différents calculs (compte tenu de sa flexibilité). Les cartes d'analyse spatiale sont réalisées avec le même logiciel Matlab. Mais avant, le logiciel ArcGIS 10.2.1 a été utilisé pour générer les fichiers de forme (.shp).

Résultats

Description des paramètres de l'eau de l'estuaire Bouche du Roy et influence de la saison et du niveau

Les Figures 4 et 5 présentent la distribution saisonnière et verticale (surface et profondeur) des principaux paramètres hydrologiques et physico-chimiques mesurés dans l'estuaire. De manière générale, la transparence (Figure 4c) et la température de l'air (Figure 4a) affichent des valeurs moyennes significativement plus faibles en saison pluvieuse (45,03 cm ; 25,42 °C) qu'en saison sèche (60,42 cm ; 28,25 °C) ($p < 0,001$). À l'inverse, la profondeur moyenne de l'eau (Figure 4b) est significativement plus élevée en saison pluvieuse (3,41 m) qu'en saison sèche (2,12 m) ($p < 0,001$), avec des variations notables selon les stations (0,95 – 3,40 m en saison sèche contre 1,80 – 4,51 m en saison pluvieuse).

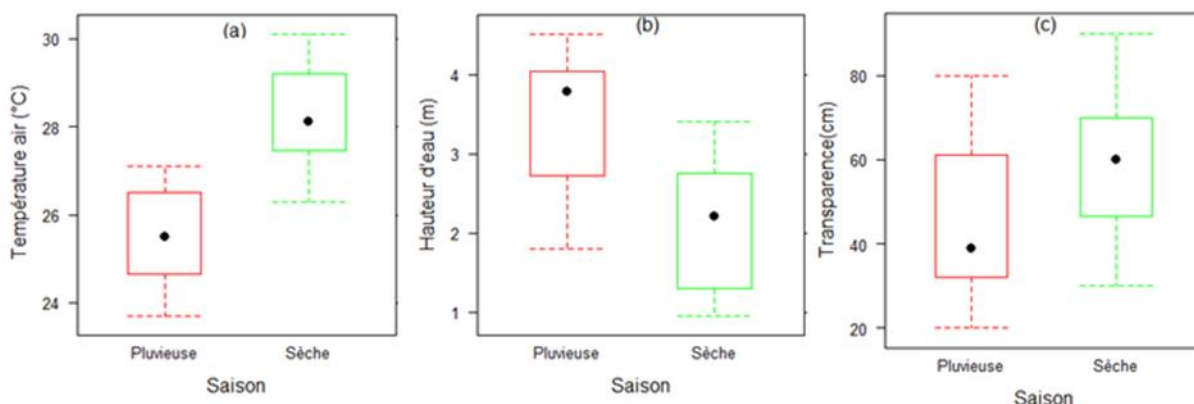


Figure 4: Box plots des valeurs moyennes de la température de l'air en surface (a), de la profondeur de l'eau (b) et de la transparence en surface (c)

La vitesse du courant (Figure 5d) varie également de façon significative ($p < 0,001$) entre saisons et profondeurs : en saison sèche, elle atteint 0,24 m/s en surface et 0,12 m/s en profondeur, contre 0,42 m/s et 0,18 m/s respectivement en saison pluvieuse. De même, la température de l'eau (Figure 5c) est significativement plus élevée en saison sèche (29,09 °C en surface et 28,37 °C en profondeur) qu'en saison pluvieuse (27,43 °C et 26,41 °C).

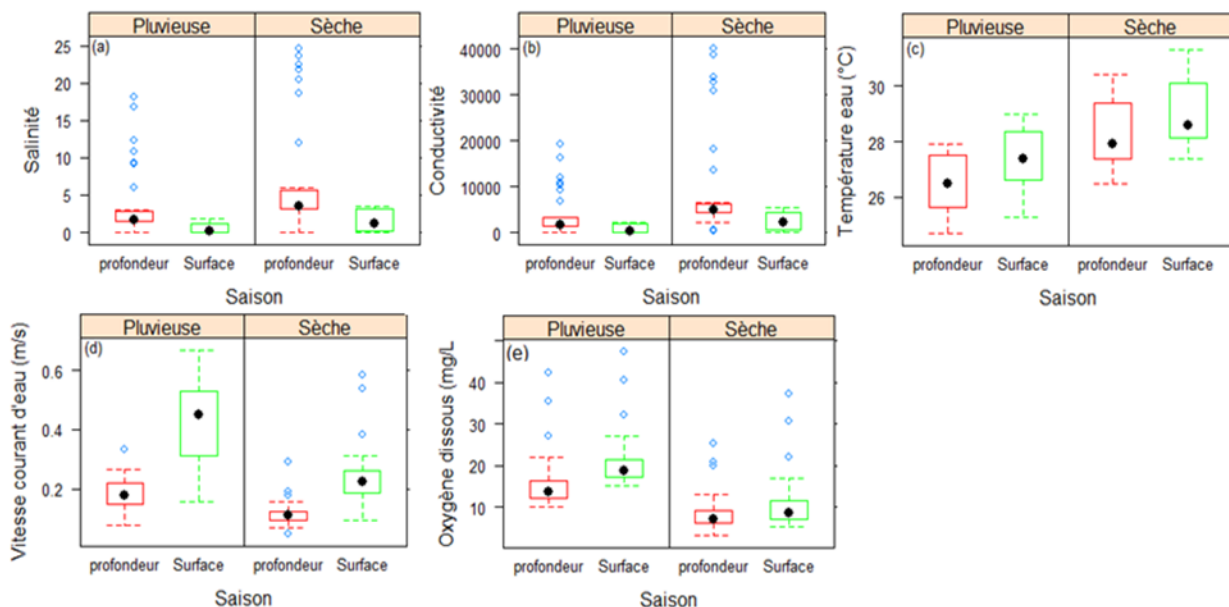


Figure 5 : Box plots des valeurs moyennes de la salinité (a), de la conductivité (b), de la température de l'eau (c), de la vitesse du courant d'eau (d) et de l'oxygène dissous

En ce qui concerne l'oxygène dissous (Figure 5e), aucune différence significative n'a été observée entre la surface (8,84 mg/L) et la profondeur (11,22 mg/L) en saison sèche ($p > 0,05$). En revanche, les écarts sont très marqués en saison pluvieuse (21,22 mg/L en surface contre 16,22 mg/L en profondeur ; $p < 0,001$). La conductivité (Figure 12b) montre une relative homogénéité entre la plupart des conditions (2,53 S.m⁻¹ ; 0,96 S.m⁻¹ ; 3,8S.m⁻¹), à l'exception notable de la profondeur en saison sèche, où une valeur moyenne très élevée est enregistrée (9,70 S.m⁻¹).

La salinité (Figure 5a) révèle une forte variabilité spatio-temporelle. En saison pluvieuse, les valeurs moyennes en surface (0,58) et en profondeur (3,71) sont significativement différentes entre elles ($p < 0,001$), mais comparables à la surface en saison sèche (1,62). La salinité moyenne en profondeur en saison sèche (6,71) est, quant à elle, significativement plus élevée que toutes les autres valeurs ($p < 0,001$), avec des maxima pouvant atteindre 25 en période d'été.

Ces résultats mettent en évidence l'influence combinée des variations saisonnières et de la stratification verticale sur les paramètres hydrologiques et physico-chimiques, et soulignent le rôle déterminant de certains d'entre eux (notamment la conductivité et la profondeur) dans le contrôle de la dynamique de salinité dans l'estuaire.

Relation entre les paramètres pendant la saison pluvieuse

La Figure 6 illustre les relations de corrélation entre les paramètres hydrologiques et physico-chimiques mesurés pendant la saison pluvieuse. En profondeur (Figure 6a), les corrélations entre la conductivité et la température de l'eau, ainsi qu'entre la salinité et la température de l'eau, sont fortes et négatives, indiquant une augmentation de la conductivité lorsque la température diminue et une réduction de la salinité lorsque la température s'élève. En revanche, des corrélations positives très marquées sont observées entre la salinité et la conductivité, entre la salinité et la vitesse du courant, ainsi qu'entre la conductivité et la vitesse du courant. Ces résultats suggèrent que l'augmentation de la salinité est étroitement associée à celle de la conductivité et à l'intensification de la dynamique hydrodynamique.

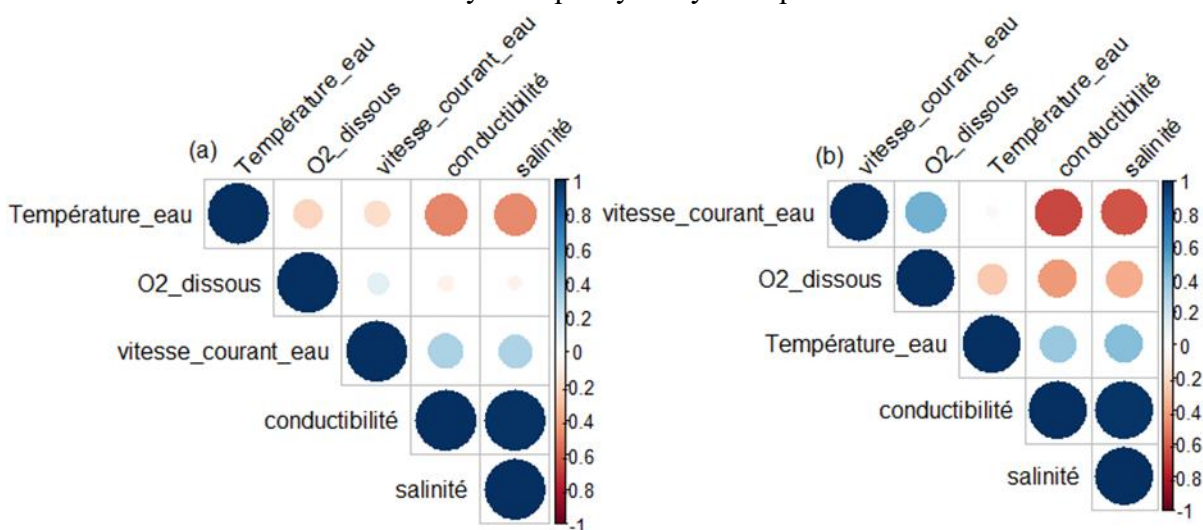


Figure 6 : Corrélogrammes montrant la relation entre les paramètres de l'eau pendant la saison pluvieuse en profondeur (a) et en surface (b)

En surface (Figure 6b), les corrélations les plus fortes sont positives entre l'oxygène dissous et la vitesse du courant, entre la conductivité et la température de l'eau, ainsi qu'entre la salinité et la température de l'eau. Cela traduit respectivement : une augmentation de l'oxygène dissous avec l'accélération du courant, une augmentation de la conductivité avec le réchauffement de l'eau et une élévation de la salinité concomitante à celle de la température. À l'inverse, de fortes corrélations négatives sont observées entre la conductivité et la vitesse du courant, la salinité et la vitesse du courant, ainsi qu'entre la conductivité et l'oxygène dissous, et entre la salinité et l'oxygène dissous. Ces résultats suggèrent une baisse de la salinité et de la conductivité lorsque la vitesse du courant augmente, ainsi qu'une diminution de l'oxygène dissous en présence de fortes valeurs de conductivité et de salinité.

Relation entre les paramètres pendant la saison sèche

La Figure 7 illustre les relations de corrélation entre les paramètres mesurés pendant la saison sèche. En profondeur (Figure 7a), des corrélations fortes et négatives apparaissent entre la conductivité et la température de l'eau, ainsi qu'entre la salinité et la température. Cela traduit une augmentation de la conductivité lorsque la température diminue, et une baisse de la salinité avec l'élévation de la température. À l'inverse, des corrélations positives très élevées sont observées entre la salinité et la conductivité, entre la salinité et la vitesse du courant, ainsi qu'entre la conductivité et la vitesse du courant. Par ailleurs, une corrélation positive notable relie la température de l'eau et l'oxygène dissous, suggérant d'une part une élévation de la salinité concomitante à l'augmentation de la conductivité et de la vitesse du courant, et d'autre part une augmentation de la teneur en oxygène dissous avec le réchauffement de l'eau.

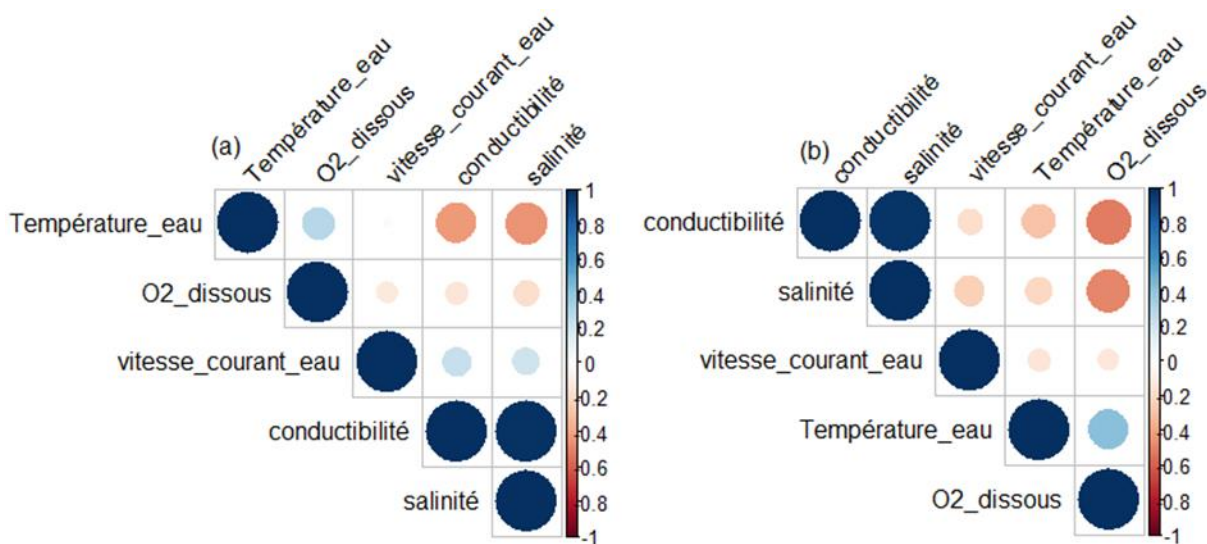


Figure 7: Corrélogramme montrant la corrélation des paramètres de l'eau pendant la saison sèche en profondeur (a) et en surface (b)

En surface (Figure 7b), la salinité et la conductivité présentent une forte corrélation positive, indiquant que l'augmentation de l'une est associée à l'élévation de l'autre. De même, une corrélation positive existe entre la température de l'eau et l'oxygène dissous, traduisant une hausse de l'oxygène dissous lorsque la température augmente. En revanche, des corrélations fortes et négatives apparaissent entre la conductivité et l'oxygène dissous, ainsi qu'entre la salinité et la conductivité. Ces résultats suggèrent une diminution de l'oxygène dissous avec l'augmentation de la salinité et de la conductivité.

Caractérisations des paramètres hydrologiques de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy suivant les saisons

Le Tableau 1 présente la distribution des paramètres hydrologiques et physico-chimiques selon les principales régions de l'estuaire. L'analyse révèle des contrastes significatifs entre régions et saisons.

En profondeur, la conductivité moyenne dans la région Ouest se distingue nettement par ses valeurs très élevées, aussi bien en saison sèche ($15,67 \text{ S.m}^{-1}$) qu'en saison pluvieuse ($6,39 \text{ S.m}^{-1}$), comparativement aux autres zones. En surface, les valeurs maximales de conductivité sont enregistrées aux embouchures, indépendamment de la saison.

L'oxygène dissous présente également une variabilité marquée. En saison pluvieuse, la région Ouest se distingue significativement des autres zones, tant en surface qu'en profondeur. En saison sèche, les concentrations y sont homogènes mais différentes de celles relevées ailleurs.

La profondeur de l'eau varie de manière hautement significative entre les régions. Les valeurs les plus élevées sont observées dans la région Ouest en saison pluvieuse, tandis que les profondeurs mesurées aux embouchures, à l'Est en saison pluvieuse et à l'Ouest en saison sèche sont statistiquement comparables.

Concernant la salinité, aucune différence significative n'a été observée en profondeur, quelle que soit la saison ou la localisation. En revanche, en surface, une forte hétérogénéité a été mise en évidence : les valeurs les plus élevées sont relevées au Centre en saison sèche, tandis que d'autres regroupements similaires apparaissent entre l'Est et le Centre en saison pluvieuse d'une part, et entre l'Ouest en saison sèche, le Centre et l'Est en saison pluvieuse d'autre part.

La température de l'eau présente des différences très marquées. En surface comme en profondeur, les valeurs maximales sont relevées à l'Est en saison sèche, tandis que celles de l'Ouest et du Centre en saison sèche restent similaires mais distinctes de celles de la saison pluvieuse, qui varient elles-mêmes entre régions.

La transparence de l'eau montre une forte différenciation spatiale. Les valeurs au Centre et à l'Est en saison sèche sont comparables et significativement supérieures à celles des autres zones, à l'exception de l'Ouest en saison pluvieuse, statistiquement isolé du reste.

Enfin, la vitesse du courant d'eau varie significativement dans l'estuaire. En profondeur, les valeurs diffèrent entre saisons mais restent homogènes au sein de chaque période. En surface, la vitesse est plus élevée au Centre et à l'Est en saison pluvieuse, avec des valeurs similaires entre elles mais distinctes de toutes les autres, qui restent comparables quelle que soit la saison.

Tableau 1 : Statistiques descriptives (moyenne et CV) des différents paramètres mesurés suivant les régions et les saisons

Paramètres		Saison sèche			Saison pluvieuse			Prob
		Ouest	Embouchure	Est	Ouest	Embouchure	Est	
Conductivité en profondeur	Moy	15673,70	a	7005,27	b	6698,83	b	0,022
	CV (%)	105,87		62,16		138,50		
Conductivité en surface	Moy	722,15	cd	4179,27	a	2535,60	b	<0,001
	CV (%)	92,04		22,66		75,24		
O2 dissous en profondeur (mg/L)	Moy	13,17	b	5,96	c	7,68	c	<0,001
	CV (%)	48,54		28,10		16,27		
O2 dissous en surface (mg/L)	Moy	16,72	b	7,36	c	9,95	c	<0,001
	CV (%)	59,54		16,99		15,27		
Profondeur de l'eau (m)	Moy	2,62	b	1,93	c	1,82	c	<0,001
	CV (%)	22,74		31,84		42,55		
Salinité en profondeur	Moy	10,22	a	5,69	a	4,33	a	0,087
	CV (%)	102,56		83,93		138,24		
Salinité en surface	Moy	0,32	c	2,72	a	1,72	b	<0,001
	CV (%)	114,22		30,65		85,06		
Température de l'air en surface (°C)	Moy	27,42	b	27,78	b	29,61	a	<0,001
	CV (%)	2,07		1,74		1,29		
Température de l'eau en profondeur (°C)	Moy	28,21	b	27,56	bc	29,41	a	<0,001
	CV (%)	4,81		1,66		0,94		
Température de l'eau en surface (°C)	Moy	28,97	b	28,28	bc	30,11	a	<0,001
	CV (%)	4,79		1,48		0,92		
Transparence en surface (cm)	Moy	50,30	b	69,09	a	61,00	ab	<0,001
	CV (%)	21,30		19,71		32,33		
Vitesse du courant d'eau en profondeur (m/s)	Moy	0,11	b	0,11	b	0,13	b	<0,001
	CV (%)	21,57		21,12		51,34		
Vitesse du courant d'eau en surface (m/s)	Moy	0,23	b	0,24	b	0,26	b	<0,001
	CV (%)	17,49		42,44		51,34		

Relations d'interdépendance entre la salinité et les paramètres hydrologiques

Le Tableau 2 présente les résultats de la régression multiple entre la salinité (variable dépendante) et les principaux paramètres hydrologiques et physico-chimiques (variables explicatives). L'analyse montre que, en profondeur, la conductivité est le facteur prédominant expliquant la variabilité de la salinité. Cet effet est hautement significatif (Prob. < 0,001) aussi bien en saison sèche qu'en saison pluvieuse, indiquant que la conductivité contrôle de manière quasi-exclusive la dynamique de la salinité à ce niveau.

Tableau 2 : Effet des paramètres significatifs sur la salinité en surface et en profondeur

	Coefficient	Erreur type	Valeur de t	Prob
En surface (saison sèche)				
_cste	-2,29300	1,44900	-1,58	0,125
Vitesse du courant	-0,77790	0,52410	-1,48	0,019
Température de l'eau	0,07824	0,04786	1,64	0,011
Conductibilité	0,00072	0,00003	25,30	< 0,001
En surface (saison pluvieuse)				
_cste	-0,46216	0,12348	-3,74	0,001
Transparence	0,00574	0,00217	2,65	0,013
O2 dissous	0,00633	0,00367	1,72	0,009
Conductibilité	0,00068	0,00004	17,54	< 0,001
En profondeur (saison sèche)				
_cste	0,41360	0,34980	1,18	0,247
Conductibilité	0,00065	0,00002	28,42	< 0,001
En profondeur (saison pluvieuse)				
_cste	-0,02563	0,17690	-0,15	0,886
Conductibilité	0,00097	0,00003	34,31	< 0,001

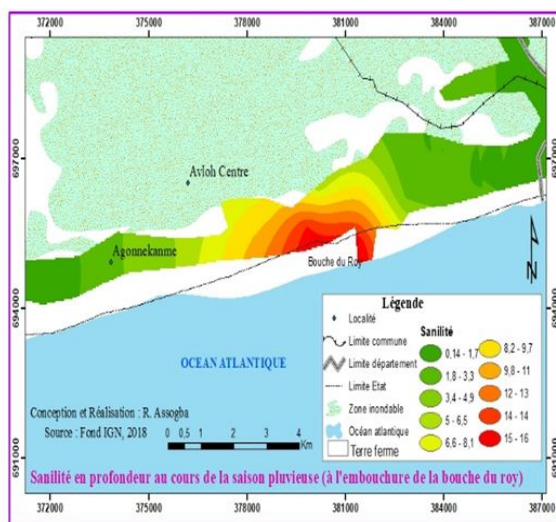
En surface, les déterminants de la salinité varient selon la saison. Pendant la saison sèche, la salinité est significativement influencée non seulement par la conductivité, mais également par la vitesse du courant et la température de l'eau, traduisant une interaction entre forçages hydrodynamiques et thermiques. En revanche, pendant la saison pluvieuse, la salinité de surface est principalement expliquée par la conductivité, la teneur en oxygène dissous et la transparence de l'eau, soulignant l'importance accrue des processus biogéochimiques et de la turbidité pendant cette période.

Ainsi, la conductivité apparaît comme le déterminant majeur de la salinité dans l'ensemble de l'estuaire, tandis que d'autres paramètres (hydrodynamiques, thermiques ou biogéochimiques) interviennent de façon secondaire et saisonnièrement différenciée.

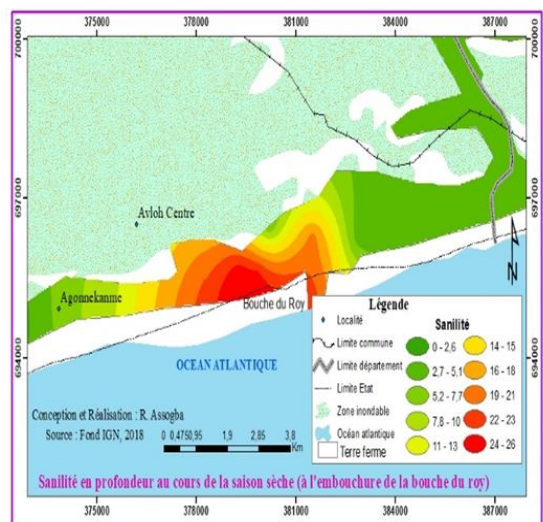
Répartition spatiale de la salinité dans l'estuaire

Les Figures 8, 9 et 10 présentent la distribution spatiale de la salinité en surface et en profondeur à l'embouchure, à l'Ouest et à l'Est de la Bouche du Roy, en saisons sèche et pluvieuse.

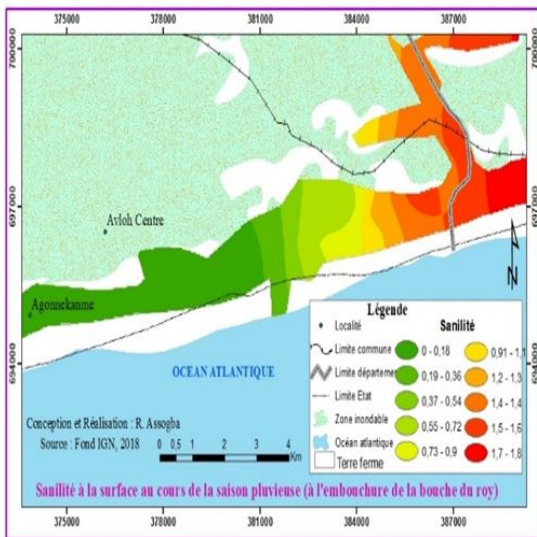
À l'embouchure (Figure 8), la salinité en profondeur atteint des valeurs élevées, comprises entre 15 et 16 S.m⁻¹ en saison pluvieuse (Figure 8A) et jusqu'à 24–26 S.m⁻¹ en saison sèche (Figure 8B). En surface, les valeurs maximales sont respectivement de 1,7–1,8 S.m⁻¹ en saison pluvieuse (Figure 8C) et de 3,2–3,5 S.m⁻¹ en saison sèche (Figure 8D). Ces résultats indiquent une salinité nettement plus forte en saison sèche, et plus marquée en profondeur qu'en surface.



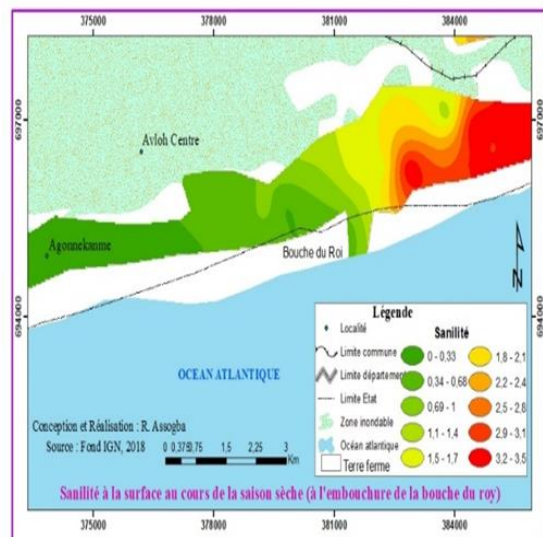
(A) Variation en profondeur de la salinité en saison pluvieuse



(B) Variation en profondeur de la salinité en saison sèche



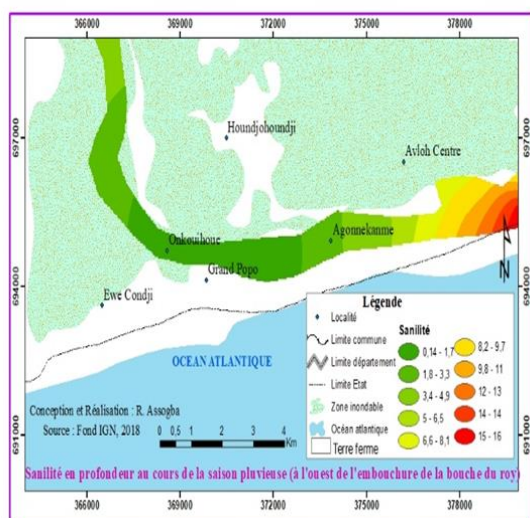
(C) Variation en surface de la salinité en saison pluvieuse



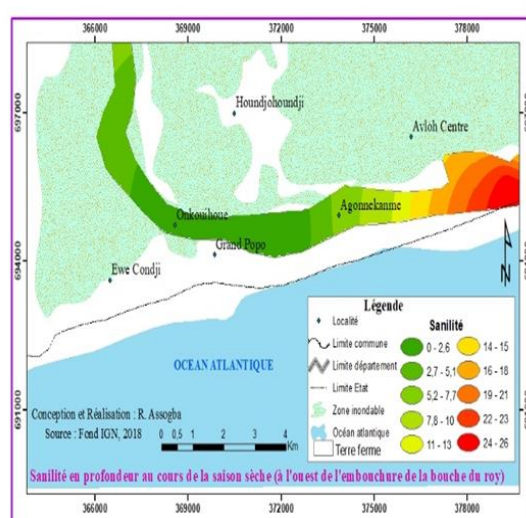
(D) Variation en surface de la salinité en saison sèche

Figure 8 : Variation de la salinité en profondeur et en surface au cours des saisons sèche et pluvieuse à l'embouchure de la bouche du Roy

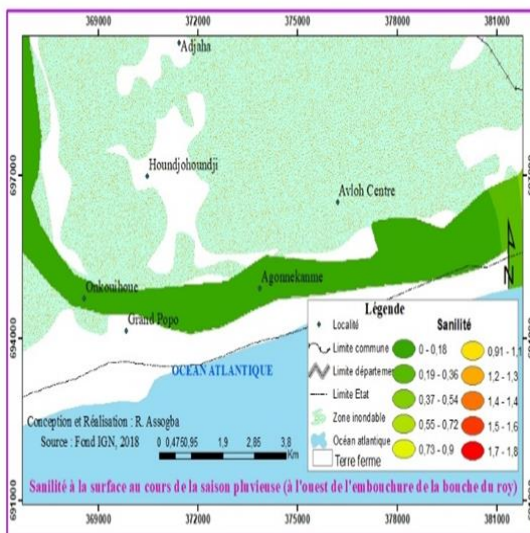
À l'Ouest de l'embouchure (Figure 9), les concentrations suivent la même tendance. En profondeur, la salinité varie de 15–16 S.m⁻¹ en saison pluvieuse (Figure 9 A) à 24–26 S.m⁻¹ en saison sèche (Figure 9B). En surface, les valeurs maximales sont plus faibles, oscillant entre 0,37–0,54 S.m⁻¹ en saison pluvieuse (Figure 9C) et 0,69–1,0 S.m⁻¹ en saison sèche (Figure 9D). La valeur la plus élevée (26 S.m⁻¹) est enregistrée en profondeur durant la saison sèche.



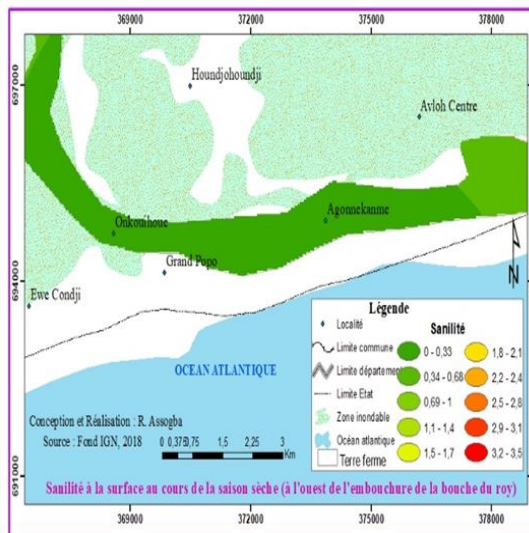
(A) Variation en profondeur de la salinité en saison pluvieuse (Ouest-Embouchure)



(B) Variation en profondeur de la salinité en saison sèche (Ouest-Embouchure)



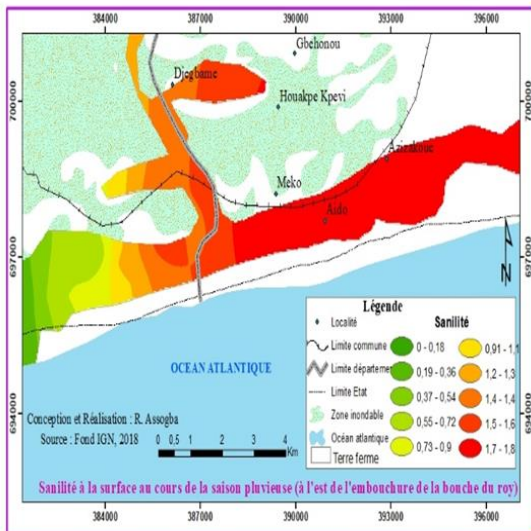
(C) Variation en surface de la salinité en saison pluvieuse (Ouest-Embouchure)



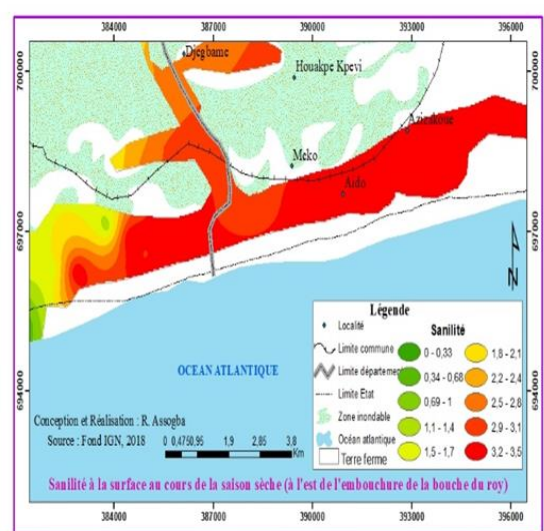
(D) Variation en surface de la salinité en saison sèche (Ouest-Embouchure)

Figure 9 : Variation de la salinité en profondeur et en surface au cours des saisons sèche et pluvieuse à l'Ouest de l'embouchure de la bouche du Roy

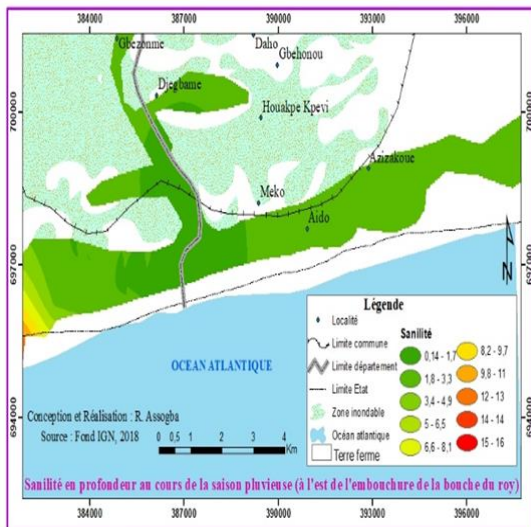
À l'Est de l'embouchure (Figure 10), la salinité de surface atteint $1,7-1,8 \text{ S.m}^{-1}$ en saison pluvieuse (Figure 10A) et $3,2-3,6 \text{ S.m}^{-1}$ en saison sèche (Figure 10B), avec des maxima localisés notamment à Azizakoué et Aïdo. En profondeur, les valeurs varient entre $5-6,5 \text{ S.m}^{-1}$ en saison pluvieuse (Figure 10C) et $19-21 \text{ S.m}^{-1}$ en saison sèche (Figure 10D). Les concentrations maximales sont donc observées en profondeur et en saison sèche, confirmant la tendance générale de l'estuaire.



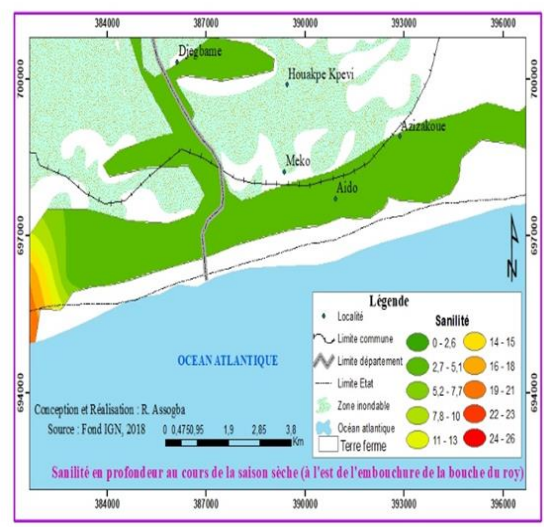
(A) Variation en profondeur de la salinité en saison pluvieuse (Est-Embouchure)



(B) Variation en profondeur de la salinité en saison sèche (Est-Embouchure)



(C) Variation en surface de la salinité en saison pluvieuse (Est-Embouchure)



(D) Variation en surface de la salinité en saison sèche (Est-Embouchure)

Figure 10 : Variation de la salinité en profondeur et en surface au cours des saisons sèche et pluvieuse à l'Est de l'embouchure de la bouche du Roy

De manière synthétique, les cartes d'analyse spatiale mettent en évidence une forte variabilité saisonnière et spatiale de la salinité. En surface, elle varie de 0 à 3,6 S.m⁻¹ en saison sèche contre 0 à 1,8 S.m⁻¹ en saison pluvieuse, avec des pics notables entre Kouéta et Méko, particulièrement à Djondji. En profondeur, les valeurs varient de 0 à 26 S.m⁻¹ en saison sèche et de 0,14 à 16 S.m⁻¹ en saison pluvieuse, avec des maxima enregistrés de Sôlito à Méko, notamment à Avlo. Ces résultats confirment que la salinité est plus élevée en saison sèche qu'en saison pluvieuse, et systématiquement plus importante en profondeur qu'en surface.

Discussion

Les résultats obtenus montrent que la transparence et la température de l'eau présentent des valeurs moyennes significativement plus faibles en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Cette tendance reflète l'influence combinée des précipitations, des apports fluviaux et de la couverture nuageuse sur les dynamiques hydrologiques et thermiques de l'estuaire. En effet, l'augmentation du débit fluvial et le charriage de matières en suspension limitent la pénétration de la lumière et réduisent la transparence, tandis que la diminution de l'insolation directe en saison des pluies contribue à la baisse des températures de l'eau. Ces résultats corroborent les observations de Komoé (2010) dans la lagune de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire, où la turbidité en période de crue est également liée à l'apport massif de sédiments.

Les corrélations négatives observées entre la conductivité et la température de l'eau d'une part, et entre la salinité et la température d'autre part, traduisent une relation inverse entre ces paramètres : la conductivité augmente lorsque la température diminue, et la salinité décroît lorsque la température s'élève. Ce constat souligne la complexité des interactions entre forçages hydrodynamiques (marées, débits fluviaux) et processus physiques locaux (stratification thermique, mélange vertical). Des tendances similaires ont été rapportées par El Morhit et al. (2012) dans d'autres estuaires ouest-africains, confirmant que la variabilité saisonnière des paramètres hydrologiques est fortement conditionnée par la position géographique et l'intensité des échanges continent-océan.

La saison sèche se distingue par des températures élevées, associées à une forte insolation et à une transparence accrue. Cette combinaison favorise une photosynthèse intense, susceptible d'expliquer les teneurs élevées en oxygène dissous observées dans l'estuaire (Komoé et al., 2009). En revanche, en saison pluvieuse, la forte turbidité limite la pénétration lumineuse, réduisant ainsi la production primaire et les concentrations d'oxygène dissous. L'influence des marées accentue ces contrastes saisonniers, car l'intrusion saline est renforcée à l'étiage, lorsque la dilution par les eaux fluviales est moindre (Groga, 2012 ; Diop et al., 2024).

L'analyse des amplitudes de salinité confirme cette dynamique : en surface, elle varie de 0 à $3,50 \text{ S.m}^{-1}$ en saison sèche contre 0 à $1,84 \text{ S.m}^{-1}$ en saison pluvieuse, tandis qu'en profondeur les valeurs atteignent $24,60 \text{ S.m}^{-1}$ en saison sèche et $18,20 \text{ S.m}^{-1}$ en saison pluvieuse. Ces contrastes verticaux révèlent une stratification saline marquée, typique des estuaires soumis à une forte intrusion marine. Les observations concordent avec celles de Kouassi et al. (2005) dans les lagunes ivoiriennes, où l'évaporation et l'influence océanique accentuent la salinité en saison sèche, donnant aux eaux un caractère plus basique.

Les faibles températures mesurées en saison pluvieuse pourraient par ailleurs être attribuées à des phénomènes locaux d'upwelling, renforcés par la couverture nuageuse qui limite l'apport radiatif. L'ensemble de ces résultats s'accorde avec les travaux d'Issola et al. (2008), qui soulignent que la faible variation saisonnière de certains paramètres dans les estuaires résulte de l'action combinée de l'hydrodynamisme, des marées, des crues et des apports de ruissellement.

Enfin, la comparaison entre surface et profondeur révèle une stratification thermique au sein de la colonne d'eau, les eaux de surface étant plus chaudes que celles de fond. Cette stratification, couplée aux gradients de salinité, met en évidence la coexistence de masses d'eau aux caractéristiques physico-chimiques distinctes, témoignant de l'importance des processus de mélange vertical et de renouvellement des masses d'eau dans le fonctionnement de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy.

Conclusion

Le renouvellement des estuaires par les intrusions marines constitue un moteur essentiel de la circulation intra-estuarienne et conditionne fortement la dynamique hydrologique locale. Cette étude, consacrée à la caractérisation des paramètres hydrologiques de l'estuaire côtier de la Bouche du Roy, met en évidence plusieurs tendances majeures.

D'une part, la profondeur moyenne de l'eau est significativement plus élevée en saison pluvieuse qu'en saison sèche, traduisant l'influence directe des apports fluviaux et des précipitations. D'autre part, les résultats montrent que la conductivité augmente lorsque la température diminue, tandis que la salinité décroît avec l'élévation de la température, révélant des interactions complexes entre forçages thermiques et hydrodynamiques.

La salinité se révèle globalement plus forte en saison sèche qu'en saison pluvieuse, aussi bien en surface qu'en profondeur. Les variations verticales sont particulièrement marquées : en saison sèche, les valeurs atteignent jusqu'à $24,6 \text{ S.m}^{-1}$ en profondeur, contre une moyenne de $1,62 \text{ S.m}^{-1}$ en surface. Ce contraste témoigne d'une stratification saline nette, renforcée par l'intrusion marine en période d'étiage.

Ces résultats confirment que la salinité, facteur clé du fonctionnement estuarien, est déterminée conjointement par l'amplitude des marées et les débits fluviaux. L'estuaire côtier de la Bouche du Roy apparaît ainsi comme un milieu fortement variable, où les processus saisonniers et verticaux interagissent pour structurer les dynamiques physico-chimiques. Ces observations fournissent une base scientifique essentielle pour la compréhension des estuaires ouest-africains et ouvrent des perspectives pour leur gestion durable face aux pressions anthropiques et au changement climatique.

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 : Cette étude a été financée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (Programme de bourse doctorale MESRS) du Bénin.

References:

1. Abramowitz, M. and Stegun, I.A., 1972. Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables. National Bureau of Standards Applied Mathematics Series 55. Tenth Printing.
2. Adopo, K.L., Kouassi, K.L., Wognin, A.V.I., Monde, S. and Aka, K., 2008. Caractérisation des sédiments et morphologie de l'embouchure du fleuve Comoé (Grand-Bassam, Côte d'Ivoire). *Revue Paralia*, 1, pp.2-1.
3. Alassane, A. 2020. Vulnérabilité biophysique de la zone côtière du secteur Grand-Popo, Ouidah face aux changements climatiques (Bénin) [Mémoire de Master]. Université d'Abomey-Calavi
4. Assogba Balle, G.R., Maurice Ahouansou, D.M., Sintondji, L.C. and Agbossou, E.K., 2021. Analyses of short-and long-term shoreline trends of the southwest Benin coast. *Journal of Coastal Research*, 37(2), pp.316-325.
5. Diop, P.S , Brenon, I., & Niang, A.F, 2024. Evolution de la salinité dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). XVIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Anglet 2024, Centre Français du Littoral, Jun 2024, Anglet (France), France. pp.291-302, {10.5150/jngcgc.2024.031}. {hal-04696731}
6. El Morhit, M., Fekhaoui, M., Serghini, A., El Blidi, S., El Abidi, A., Bennaakam, R., Yahyaoui, A. and Jbilou, M., 2008. Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de

- l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, 30, pp.39-47.
7. Garinet, A., Herrmann, M., Marsaleix, P., Pénicaud, J., 2024. Spurious numerical mixing under strong tidal forcing: a case study in the south-east Asian seas using the Symphonie model (v3.1.2). *Geoscientific Model Development*, 17 (18). doi:10.5194/gmd-17-6967-2024
 8. Grog, N., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire) (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT), 224 p
 9. Hadonou-Yovo, A.G., Houessou, L.G., Lougbegnon, T.O., Adeb, Y., Sinasson, G.K.S., Semevo, D.F., Lange, U. and Boko, M., 2019. Diversité et formes d'utilisation des espèces ligneuses de la Réserve de biosphère du Mono (Bénin). *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 19(2).
 10. Hinvi, L.C., Soh, Z., Agadjihouedé, H., Laleye, P. and Sinsin, B., 2013. Domestication de *Portunus validus* et *Callinectes amnicola* au Bénin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo), série (A)*, 15(2), pp.13-22.
 11. Issola, Y., Kouassi, A.M., Dongui, B. and Biemi, J., 2008. Caractéristiques physico-chimiques d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). *Afrique science: revue internationale des sciences et technologie*, 4(3).
 12. Kouassi, A.M., Tidou, A.S. and Kamenan, A., 2005. Caractéristiques hydrochimiques et microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Partie I: Variabilité saisonnière des paramètres hydrochimiques. *Agronomie africaine*, 17(2), pp.117-136.
 13. Komoé, K., 2010. Distribution du phytoplancton dans le complexe lagunaire de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat. Université Abidjan Cocody), 282 p.
 14. Laibi, R.A., 2011, September. Dynamique actuelle d'une embouchure fluviale estuarienne à flèche sableuse, la Bouche du Roi, Bénin, Golfe de Guinée: caractérisation hydrosédimentaire et géomorphologique. Littoral. Thèse de doctorat. 307p.
 15. Laïbi, R., Antoine, G., Anthony, E.J. and Lucien-Marc, O., 2012. Apport des séries d'images LANDSAT dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'embouchure de l'estuaire des fleuves Mono et Couffo au Bénin, avant et après la construction du barrage de Nangbéto sur le Mono. *Teledetection*, 10(4), pp.179-198.
 16. Maryse, A.N.G., Kagoyire, K.A. and Adingra, A.A., 2009. Seasonal distribution of phytoplankton in Grand-Lahou lagoon (Côte d'Ivoire). *Eur J Sci Res*, 26, pp.329-341.

17. Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, 10(3), pp.282-290.
18. Vissin, E., Houndenou, C. and Pérard, J., 2007. Sécheresse pluviométrique et tarissement dans le bassin de la Mékrou (Bénin, Afrique de l'Ouest). In *XXème Colloque International de l'AIC* (p. xx).
19. Vinh Vu Duy, Sylvain Ouillon. 2021. « La double structure du maximum de turbidité estuarienne dans l'estuaire tropical mésotidal de Cam-Nam Trieu, Vietnam ». *Marine Geology* , 442, 106670.
20. Yantikoua, S., Laïbi, R., Adechina, R., Kaki, C., Mama, D. and Laleye, P., 2021. Dynamique hydrologique et évolution morpho sédimentaire du lac Ahémé au Sud-Ouest du Bénin.